



80

По преданию, первый царь из рода Романовых Михаил Федорович родился в Москве, в доме своего деда боярина Никиты Романовича Захарьина-Юрьева, сохранившемся и поныне, — одной из древнейших гражданских построек столицы.



73

В 2013 г. Институту этнологии и антропологии РАН исполнилось 80 лет. На очередном, десятом конгрессе, который состоялся в Москве летом юбилейного года, сегодняшняя научная жизнь этого учреждения получила высокую оценку.



103

На побережье южного Приморья, значительная часть которого входит в Дальневосточный морской биосферный заповедник ДВО РАН и природный парк Хасанский, находится полуостров Краббе, представляющий естественный минералогический музей с древними вулканами и месторождениями декоративных поделочных камней.



Древние углеродсодержащие формации Карелии — уникальные природные образования протерозойского возраста (около 2 млрд лет), не имеющие аналогов в геологической истории Земли. В их составе распространены породы с широким диапазоном включения углеродистого вещества — от рассеянного с долей процента до соответствующих по концентрации углям. Среди них особое место занимают известные шунгиты. На протяжении 50 с лишним лет их изучают во всех аспектах на родине материала — в Карельском научном центре РАН.

Редакция осуществляет продажу отдельных номеров журнала и подписку на него

Адрес редакции: 119049, Москва, ГСП-1, Мароновский пер, 26.
Тел./факс: 8-499-238-43-10
www.ras.ru
E-mail: naukaross@naukaran.ru

Издательство «Наука»: 117997, ГСП, Москва, В-485, Профсоюзная ул., 90

Формат 60x90/8. Бум. л. 7.0.
Усл.-печ. л. 14.0. Уч.-изд. л. 14.1

Отпечатано в ППП «Типография "Наука"», 121099, Москва, Шубинский пер., 6

Свидетельство о регистрации № 014399 от 26.01.1996 г.

Подписано в печать 11.11.2013.
Заказ № 1874. Выход в свет 25.11.2013
Тираж 400 экз. Цена свободная

© Российская академия наук, Президиум, «Наука в России», 2013



СОДЕРЖАНИЕ

ПРОБЛЕМЫ. ПОИСК. РЕШЕНИЯ

- Шадрин А.** Радиохимические технологии в топливном цикле «быстрых» реакторов 4
Кузьмин М., Ярмолюк В., Кравчинский В. Глубинная геодинамика — основной механизм развития Земли 10
Панин Л. Актуальные проблемы арктической медицины 20
Колесников Н., Титов С., Жимулев И. МикроРНК в диагностике рака 27

ТОЧКА ЗРЕНИЯ

- Мочалова О., Хорева М.** Аспекты взаимодействия растений и птиц на берегах Охотского моря 36

ИННОВАЦИИ. НАНОТЕХНОЛОГИИ

- Малыгина М.** Мощный инструмент в руках фтизиатров 43
Понизовкина Е. Неизвестный миокард 48

С МЕСТА СОБЫТИЙ

- Хализева М.** Векторы развития атомной энергетики. ... 51

ИСТОРИЯ НАУКИ

- Леонтьев Л., Некрасов И.** Химия и металлургия 59
Калинин Ю., Ковалевский В. Шунгитовые породы: горизонты научного поиска 66

ЮБИЛЯРЫ

- Тишков В., Пивнева Е.** Центр отечественной этнологии и антропологии 73

400 ЛЕТ ДОМА РОМАНОВЫХ

- Базанова О.** «Старый государев двор» 80
Базанов С. «Славный былинный богатырь» 88

НАШ ДОМ — ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

- Дгебуадзе Ю.** Чужеродные виды: экологическая угроза 95
Попов В. «Живые» камни полуострова Краббе 103

ПАНОРАМА ПЕЧАТИ

- Протон против рака 34
Содержание журнала за 2013 г. 111



2014

С Новым годом!

РАДИОХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТОПЛИВНОМ ЦИКЛЕ «БЫСТРЫХ» РЕАКТОРОВ

Доктор химических наук Андрей ШАДРИН,
заместитель директора по науке
Центра по обращению с радиоактивными отходами
и отработанным ядерным топливом
Высокотехнологического научно-исследовательского
института неорганических материалов
им. А.А. Бочвара (Москва)

Достижение энергетического и экономического лидерства нашим государством лежит в создании экологически чистой, безопасной и дешевой атомной энергетики. Обеспечить эти параметры может переход на замкнутый топливный цикл, когда ядерные «отходы», точнее извлеченные из них уран, плутоний и нептуний, оказываются новым горючим, пригодным для использования в АЭС. Однако современные промышленные технологии переработки отработанного (облученного) ядерного топлива (ОЯТ) и фабрикация смешанного уран-плутониевого не позволяют в полной мере решить актуальные проблемы замыкания топливного цикла. Поэтому сегодня усилия металлургов, технологов, конструкторов должны быть направлены на их кардинальное совершенствование.



Принципиальная схема головных операций комбинированных технологий для переработки низковыдержанного облученного ядерного топлива.

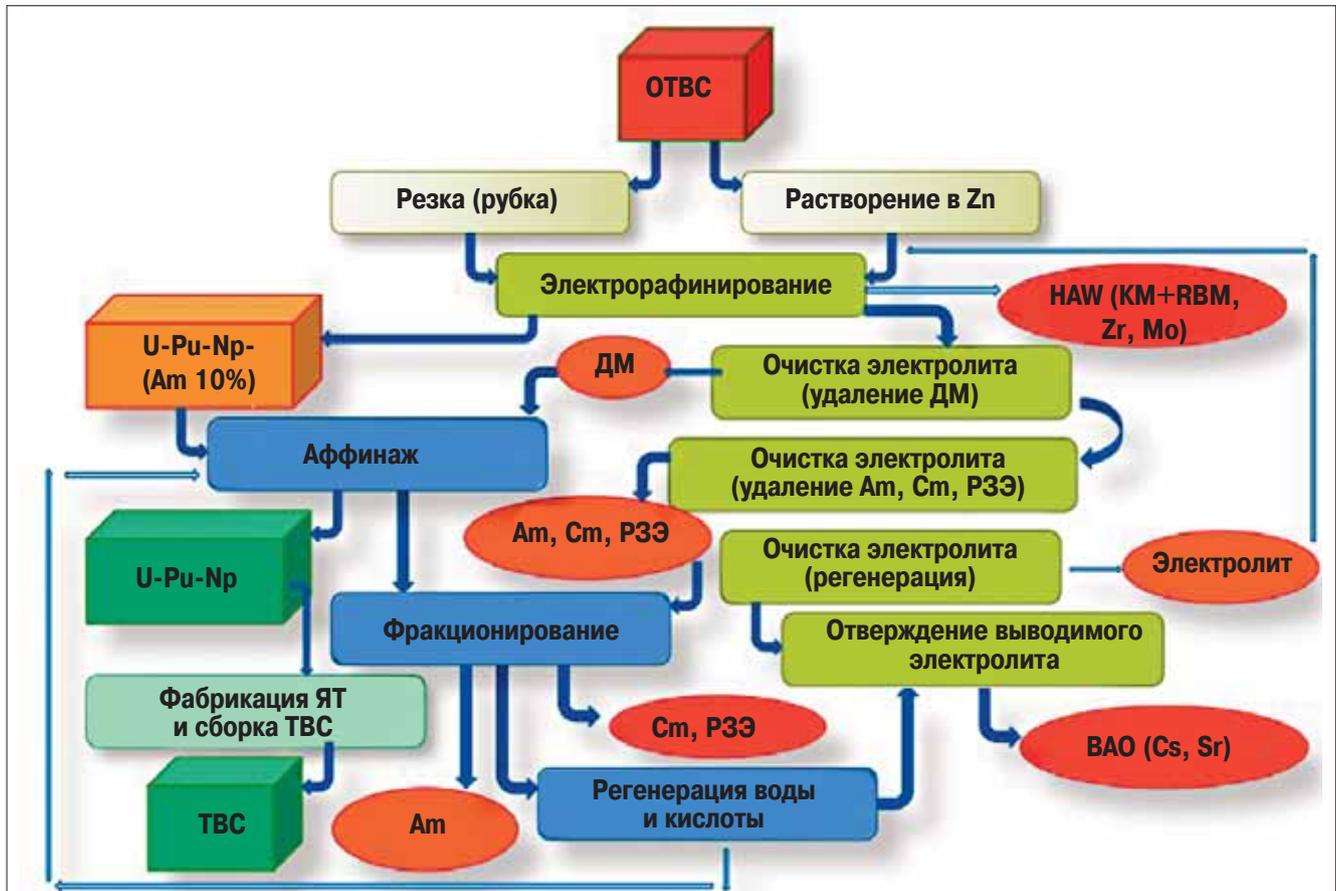
ЭНЕРГЕТИКА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Специалисты давно признали: получившая в 1970-х годах широкое распространение в нашей стране и мире технология, основанная на тепловых ядерных реакторах с водяным или графитовым замедлителем нейтронов, не может в долгосрочной перспективе обеспечить полномасштабное и безопасное функционирование отрасли. Это связано с низкой эффективностью использования в таких системах делящегося материала — изотопа ^{235}U , составляющего лишь ~0,7% в природном уране (остальная его часть уходит в «балласт»). Поэтому долговременная стратегия развития «большой» атомной энергетики предполагает переход к прогрессивной технологии замкнутого топливного цикла, основанной на «быстрых» ядерных реакторах. Они позволяют осуществлять воспроизводство топлива за счет конверсии идущего сейчас в отвалы урана-238 в плутоний-239 для последующего возврата их в энергетический цикл и тем самым обеспечивать безопасность атомной энергетики и ее практически бесконечную с исторической точки зрения ресурсную самодостаточность.

«Быстрые» реакторы давно разрабатывают во многих странах, но пока широкого внедрения они не получили. Сегодня в России действует единственный в мире промышленный аппарат данного типа БН-600 с натриевым теплоносителем электрической мощностью 600 МВт. Его ввели в эксплуатацию в 1980 г. на Белоярской АЭС в Свердловской области близ города Заречный. Там же строят новый энергоблок с реактором мощностью 880 МВт, запуск которого намечен

на 2014 г. Но в полной мере реализовать накопленные в этой области знания смогут разработанные в Опытном конструкторском бюро машиностроения им. И.И. Африкантова (г. Нижний Новгород) и в Научно-исследовательском и конструкторском институте энерготехники им. Н.А. Доллежала (Москва) реакторы на быстрых нейтронах мощностью 1200 МВт с натриевым (БН-1200) и свинцовым (БРЕСТ-1200) теплоносителем соответственно. Прототип промышленного реактора на быстрых нейтронах опытно-демонстрационный реактор БРЕСТ-300-ОД с пристанционным ядерным топливным циклом (заводом по переработке ОЯТ и производству нового ядерного топлива из регенерированных материалов) планируют ввести в эксплуатацию в 2020-х годах на территории Сибирского химического комбината в атомграде Северск Томской области.

Однако массовый переход к замкнутому топливному циклу на основе «быстрых» реакторов невозможен без решения ряда химико-технологических проблем. К ним, в частности, относятся: снижение длительности так называемого внешнего топливного цикла (фазы хранения и переработки делящегося материала вне реактора) и повышение его выгорания; уменьшение затрат на переработку и фабрикацию топлива за счет сокращения технологического процесса, а также объемов вторичных, нетехнологических отходов и увеличения срока службы оборудования; снижение затрат на обращение с радиоактивными отходами за счет трансмутации (превращения) долгоживущих актинидов, рецикла (возврата) конструкционных



Принципиальная схема комбинированной (пиро+гидро) технологии переработки ОЯТ реакторов на быстрых нейтронах.

материалов и использования разлагаемых в процессе переработки реагентов. Кроме того, переход к замкнутому циклу ставит дополнительные вопросы, связанные с высоким содержанием делящихся материалов в облученном и рефабрицированном (вновь изготовленном) топливе.

ВЫСОКОЕ ВЫГОРАНИЕ И НИЗКОЕ ВРЕМЯ ВЫДЕРЖКИ

На сегодняшний день среднее выгорание перерабатываемого уранового или смешанного оксидного ОЯТ реакторов на тепловых нейтронах составляет ~55 и 45 гВт·сут/т соответственно, в то время как для уран-плутониевого топлива «быстрых» реакторов ожидается 100 гВт·сут/т и более. Повышение этого показателя практически вдвое приведет к почти пропорциональному увеличению содержания в облученном топливе продуктов деления, многие из которых представляют серьезную проблему с точки зрения осадкообразования при переработке традиционными гидрометаллургическими методами, основанными на ПУРЕКС-процессе (от англ. Plutonium-Uranium Recovery by Extraction — регенерация урана и плутония посредством экстракции).

Кроме того, нарастание продуктов деления неизбежно спровоцирует появление осадков молибдена

и циркония при низкой или стронция и бария при высокой кислотности растворов, а увеличенная концентрация плутония — его захват осадками и необходимость проведения специальных операций по их отмывке. Все это отрицательно скажется на экономической эффективности и без того далеко не дешевого процесса переработки ОЯТ.

Низкое время выдержки облученного топлива после выгрузки его из реактора позволит сократить объемы хранилищ и количество содержащихся в них ядерных материалов, но потребует операций с ОЯТ, обладающим высоким тепловыделением и температурой. Конечно, все перечисленные риски можно снизить за счет разведения растворов, но это существенно увеличит объем перерабатываемых высоко- и среднеактивных отходов. Такое решение вряд ли будет экономически эффективным, даже если использовать технологию окисления для предварительной отгонки трития, или кристаллизацию — для отказа от органического экстрагента (растворителя). То есть с ростом выгорания облученного топлива снижается привлекательность традиционных гидрометаллургических технологий.

Отметим, «сухие» (безводные пироэлектрохимическая и газотриодная) технологии переработки ОЯТ разрабатывают достаточно давно, в том числе



Завод по регенерации облученного ядерного топлива РТ-1, введенный в эксплуатацию в 1977 г. на Производственном объединении «Маяк» (г. Озерск Челябинской области). Фото И. Яковлева

применительно к плотному (металлическому) топливу реакторов на быстрых нейтронах. Пироэлектрохимические процессы, протекающие в расплавах солей, позволяют выделять уран, плутоний и нептуний в виде металла. Их разрабатывают в основном для переработки ОЯТ реакторов на быстрых нейтронах. К «сухим» относят и газотермическую технологию, преимуществами которой очевидны при переработке ОЯТ реакторов на тепловых нейтронах, в результате чего получают уран в виде гексафторида, пригодного для обогащения, и совсем не очевидно — в случае с реакторами на быстрых нейтронах, когда уран и плутоний в соответствии с принципами нераспространения ядерного оружия не отделяют друг от друга.

Снижению затрат на переработку высоковывоженого топлива с низким временем выдержки могут способствовать и различные комбинированные технологии, основанные на «сухих» методах, а также в сочетании с «водными» процессами. Каждая из них подразумевает операции, отделяющие актиниды (группу радиоактивных химических элементов с атомными номерами 90–103) от продуктов деления без привлечения водных растворов, что дает возможность работать с низковывоженом топливом. Словом, низкое время выдержки и высокое выгорание вынуждают применять неводные процессы.

ВЫСОКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДЕЛЯЩЕГОСЯ МАТЕРИАЛА

Другая, но ведущая к похожим проблемам особенность переработки ОЯТ «быстрых» реакторов — высокое содержание в них делящихся материалов. На сегодня промышленный опыт обращения с подобным топливом имеют лишь Франция и Россия. Очевидно, проблемы, связанные с обеспечением ядерной безопасности, снова заставляют обратиться к «сухим» методам. Отметим только: гидрометаллургия также пригодна для работы с большими количествами делящихся материалов, но требует либо разбавления растворов, либо применения кольцевых аппаратов, что отрицательно влияет на экономику процесса переработки из-за увеличения объемов отходов и размеров аппаратов.

СОКРАЩЕНИЕ ЧИСЛА ОПЕРАЦИЙ И ОБЪЕМА ОТХОДОВ

Попытки достичь снижения затрат за счет сокращения числа операций предпринимают в основном разработчики гидрометаллургических технологий. Вероятно, это связано с накопленным ими опытом промышленной эксплуатации радиохимических производств. Кроме того, именно в рамках этих технологий с целью предотвращения образования больших количеств водных и органических отходов предлага-



Макет опытно-демонстрационного центра по переработке облученного ядерного топлива на Железногорском горно-химическом комбинате (Красноярский край) производительностью 250 т в год. Срок сдачи в эксплуатацию – 2015–2017 гг.

ют переход к осадительным процессам и переориентацию на неорганические носители для сорбции (поглощения), а также применение прямой термической денитрации нитратов актинидов (разложения солей кислоты) для получения порошков урана и плутония. Для гидрометаллургических, комбинированных технологий исследуют и коррозионную активность сред с целью подбора более стойких конструкционных материалов, а также возможность использования разлагаемых реагентов в рамках хорошо известной в Европе CHON- концепции. Принятая во Франции, она предусматривает использование в качестве разбавителя и экстрагента полностью сжигаемые вещества, состоящие только из углерода (С), водорода (Н), кислорода (О) и азота (N) — отсюда и название CHON.

Перенос идеологии сокращения затрат (в том числе за счет совмещения разнородных процессов, увеличения срока службы оборудования, внедрения более стойких носителей для сорбции и адсорбции, т.е. внедрения принципа «экономии везде и во всем») на разработку «сухих» технологий — одна из основных задач исследователей, технологов и конструкторов.

ОБРАЩЕНИЕ С МАЛЫМИ АКТИНИДАМИ

То, что это ключевой вопрос не только переработки ОЯТ «быстрых» реакторов, но и всего замкнутого топливного цикла, у специалистов не вызывает сомнений. Дожигание в реакторах на быстрых нейтронах — наиболее перспективный метод обращения с малыми актинидами. Однако вопрос о том, должен ли данный процесс быть гомогенным (малые актиниды вводятся

непосредственно в состав регенерированного ядерного топлива) или гетерогенным (малые актиниды дожигаются в специальных мишенях), пока не имеет однозначного ответа, впрочем, как и проблема окончательной судьбы трансуранового элемента кюрия. Между тем их решение влияет не только на структуру топливного цикла, но и на выбор технологий переработки ОЯТ, а также требований к операциям по отверждению и захоронению радиоактивных отходов.

В настоящее время масштабные исследования в области фракционирования для гидрометаллургических и пироэлектрохимических технологий ведут в Европе. К сожалению, далеко не все разрабатываемые процессы проверены на реальных продуктах, да и испытания не всегда были успешными. Тем не менее, к наиболее перспективным относят EXAM и SETFICS-процессы, связанные с извлечением трансурановых элементов. Однако даже их нельзя считать готовыми к промышленному использованию. Поэтому разработка операций фракционирования и их внедрение в промышленность остаются одной из важнейших задач современной радиохимии.

КОМБИНИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОЯТ

Подчеркнем: разрабатываемые в настоящее время «сухие» технологии (пироэлектрохимическая, газофторидная) принципиально пригодны для переработки топлива «быстрых» реакторов с выдержкой менее года, но до сих пор ни одна из них не гарантирует получение конечного уран-плутониевого продукта,



«Горячие» камеры для испытания и исследования топлива для атомных электростанций в НИИ атомных реакторов (г. Димитровград Ульяновской области). Фото С. Гунеева

пригодного для производства таблеток нитрида или карбида, и возврат в топливный цикл 99,9% актинидов. Пока это возможно только при использовании комбинированной технологии (пиро + гидро), основанной на сочетании пироэлектрохимического выделения фракции уран-плутоний-нептуний и ее гидromеталлургического аффинажа — очищения от загрязняющих примесей. Она применима к оксидному, нитридному, карбонитридному и металлическому облученному топливу «быстрых» реакторов и предполагает использование пироэлектрохимических операций, способных перерабатывать ОЯТ с малым временем охлаждения (до полугода) и отделять основную часть (до 99%) высокоактивных продуктов деления от урана, плутония и нептуния, выделяемых для рефабрикации топлива. Гидрометаллургические процессы предназначены также для аффинажа рециклируемых компонентов, выделения и разделения радиоактивных элементов америция и кюрия и доизвлечения актинидов из отходов.

Комбинация двух методов (пиро + гидро) дает положительный синергетный (совместный) эффект и позволяет перерабатывать ОЯТ с высоким выгоранием и низким временем выдержки, что, в конечном итоге, ведет к сокращению объема хранимого облученного топлива и количества плутония в замкнутом цикле. Подчеркнем: комбинированная технология позволяет перерабатывать любой тип ОЯТ «быстрых» реакторов, получать уран-плутоний-нептуниевый продукт высокой степени очистки и использовать таблеточную технологию для рефабрикации топлива.

Очевидно, для сокращения длительности внешнего топливного цикла следует применять неводные технологии, позволяющие работать с высоковыгоревшим и низковыдержанным топливом «быстрых» реакторов. И это тоже одна из задач современной радиохимии. Но без снижения издержек на обращение с ОЯТ и радиоактивными отходами достичь экономически эффективного топливного цикла, скорее всего, не удастся.

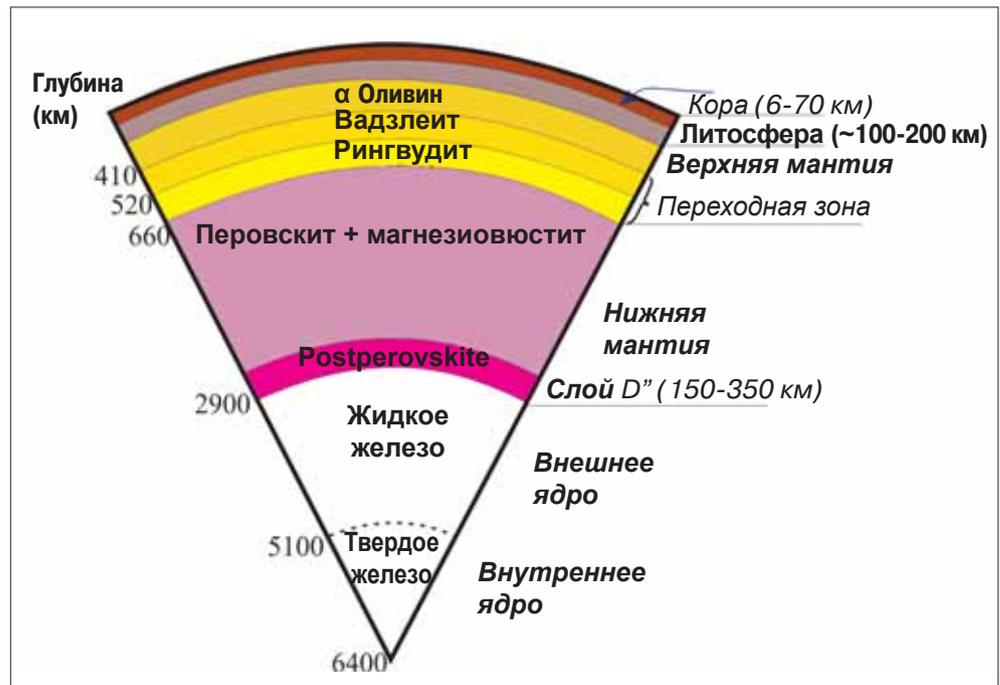
Однако следует признать, специалисты пока не нашли глобального решения всех перечисленных проблем. Более того, существуют различные тренды и по частным задачам. Но ясно одно: для промышленного внедрения замкнутого цикла с реакторами на быстрых нейтронах необходимо освоить как минимум технологии снятия оболочек отработанного ядерного топлива, обращения с летучими продуктами деления (^{14}C , Кг, Хе и т.д.), извлечения трансплутониевых элементов и разделения америция и кюрия, отверждения радиоактивных отходов в формы, пригодные для окончательной изоляции, обращения с конструкционными материалами и регенерация среды.

ГЛУБИННАЯ ГЕОДИНАМИКА — ОСНОВНОЙ МЕХАНИЗМ РАЗВИТИЯ ЗЕМЛИ

Академик Михаил КУЗЬМИН, Институт геохимии
им. А.П. Виноградова СО РАН (Иркутск),
Академик Владимир ЯРМОЛЮК, Институт геологии
рудных месторождений, петрографии,
минералогии и геохимии РАН (Москва),
профессор Вадим КРАВЧИНСКИЙ, Университет Альберты
(г. Эдмонтон, Канада)

Большие изменения в геологических знаниях произошли за последние полвека. Благодаря успехам сейсмической томографии в глубинах Земли обнаружены две огромные области более горячей материи, простирающиеся до самого ядра планеты. Интересно, что их проекции на поверхность практически совпали с так называемыми горячими полями мантии, которые были выделены советскими геологами еще тридцать лет назад по косвенным показателям. Данные открытия легли в основу концепции глубинной геодинамики, позволившей установить взаимодействие глубинных процессов в мантии с геологией, формирующей поверхность нашей планеты.

Внутреннее строение Земли.
Граница между верхней и нижней мантией — 660 км. В верхней мантии находится частично расплавленное вещество, поэтому она часто сопоставляется с астеносферой.



ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

В 30-х годах XIX в. выдающийся британский геолог Чарльз Лайель в фундаментальном труде «Основы геологии» сформулировал положения об актуализме (т.е. современные наблюдения позволяют делать выводы о геологических процессах прошлого) и униформизме (при всех преобразованиях в природе законы, их определяющие, остаются постоянными). Несколько позднее американский геолог Джеймс Холл и его соотечественник Джеймс Дэна (иностраный член-корреспондент Петербургской АН с 1858 г.) выдвинули концепцию геосинклиналей (упрощенно говоря, подвижных поясов Земли), объяснявших возникновение складчатых горных массивов. А с именем русского геолога академика Александра Карпинского связано выделение стабильных участков на Земле — платформ (1887, 1894). Работы всех этих ученых стали основой парадигмы геологии конца XIX и первой половины XX в., сменившейся в 1960-х годах концепцией тектоники плит. О ней пойдет речь чуть ниже, а пока обратимся к схеме внутреннего строения Земли.

Наша планета состоит из ряда сфер (оболочек) неодинаковой толщины, имеющих различный минеральный и химический состав и четкие сейсмические границы. Самая верхняя — литосфера (ее мощность от 100 км в океанах до 200 км и более на континентах). Венчает ее земная кора толщиной от 6 до 70 км. Литосфера относительно хрупка и именно в ней происходят землетрясения, вызывающие сколы и разрывы, через которые горячее вещество мантии* может достигать земной поверхности.

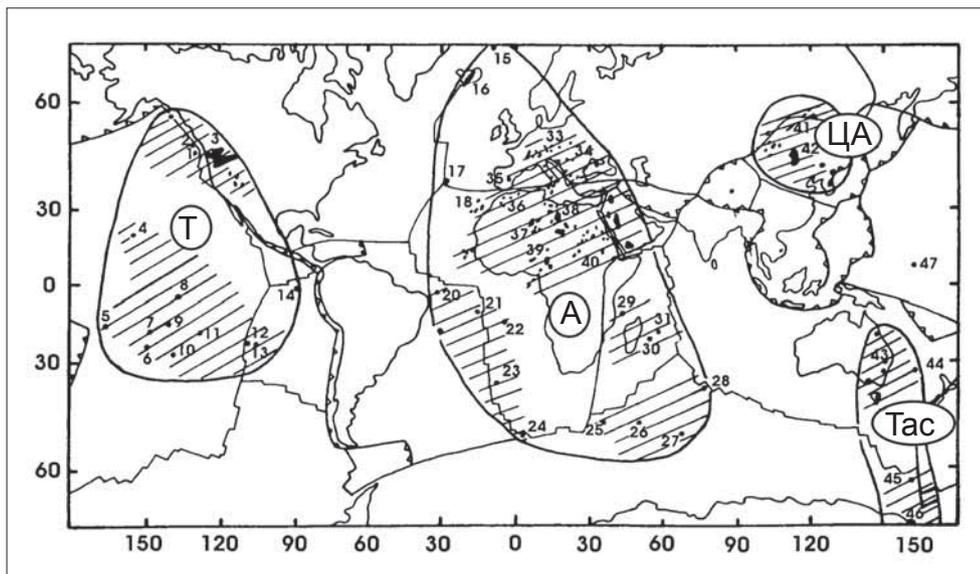
*Мантия — часть Земли, расположенная непосредственно под корой и выше ядра, т.е. до глубины ~ 2900 км; в ней разделяют верхнюю мантию (до 660 км) и нижнюю (прим. ред.).

Ниже этого слоя следует астеносфера, отвечающая верхней мантии и характеризующаяся наличием частично расплавленного вещества, в связи с чем в ней возникают конвективные потоки. В срединно-океанических хребтах (СОХ) она подходит к поверхности Земли и отвечает за выплавление базальтов СОХ с низким содержанием литофильных элементов*. Астеносфера «потеряла» большинство их ~1,8–2 млрд лет назад, что было связано с массовым образованием земной коры. А нижняя мантия в этих процессах не участвовала, поэтому ее состав в большей степени отвечает первичной мантии Земли. Следует отметить, что почти половина массы нашей планеты состоит из Mg-перовскита, устойчивого в широком интервале давлений. Это основной минерал нижней мантии.

Важное значение для понимания процессов глубинной геодинамики имеет слой D'', открытый в 1980-х годах. Он расположен в подошве мантии, имеет мощность 150–350 км и характеризуется высоким градиентом температуры: порядка 4000°C в основании и 3000°C на верхней границе. Именно через этот слой происходит взаимодействие мантии с ядром.

Большим успехом экспериментальной минералогии стало открытие в 2002–2004 гг. постперовскита. Химический состав его такой же, как и у перовскита, а плотность на 1,2% выше. Экспериментальные данные показали: существующие сегодня в недрах Земли температуры соответствуют образованию этого минерала на глубине 2600–2900 км, т.е. в слое D''. Оценки термической эволюции недр планеты приводят к выводу, что формирование постперовскита началось после существенного охлаждения Земли примерно

*Литофильные элементы — группа химических элементов (всего их 53), слагающих основную массу минералов земной коры (прим. ред.).



По поверхностным проявлениям внутриплитового магматизма за последние 15 млн лет выявлены 47 «горячих точек». Они группируются в четыре обширные (до 10 тыс. км в поперечнике), но компактные зоны, названные «горячими полями мантии Земли»: Африканскую, Тихоокеанскую, Центрально-Азиатскую и Тасманскую (по Зоненшайну, Кузьмину, 1983).

2,3 млрд лет назад. С этого времени начинают быстрее (почти в 2 раза) расти континенты, т.е. уже работает тектоника плит, приуроченная к верхней мантии.

КОНЦЕПЦИЯ ТЕКТОНИКИ ПЛИТ

В 1961 г. английский геофизик Роберт Дитц и американский геолог Гарри Хесс, анализируя батиметрическую карту дна океанов, пришли к выводу, что протяженные горные хребты, возвышающиеся над абиссальными (глубоководными) долинами на 1–2 км, приурочены к центральным частям океанов. Было показано, что в рифтовых структурах этих хребтов происходит образование новой коры. Процесс разрастания океанического ложа они назвали «sea flow spreading» (растекание морского дна).

В 1963 г. британские геофизики Фред Вайн и Друм Мэтьюс подтвердили спрединг (разрастание) наличием полосовых магнитных аномалий, образование которых определяется намагниченностью пород океанической коры в соответствии с полярностью планетного магнитного поля — она периодически меняется во времени с прямой (современная полярность) на обратную.

В 1965 г. канадский геофизик Джон Вилсон выделил особый тип разломов — трансформных, образующихся при горизонтальном перемещении океанической литосферы в стороны от срединно-океанического хребта. В 1968 г. американский геофизик Джейсон Морган и ряд других исследователей показали существенные различия глубинных геофизических структур указанных хребтов и зон островных дуг. Для последних характерен подвиг — опускание океанической литосферы в мантию до глубин около 600 км. Этот процесс был назван субдукцией.

После окончательного формулирования основных положений тектоники плит, объясняющей современную динамику Земли, эта теория быстро завоевала признание мировой науки. Ее положения достаточно просты для понимания.

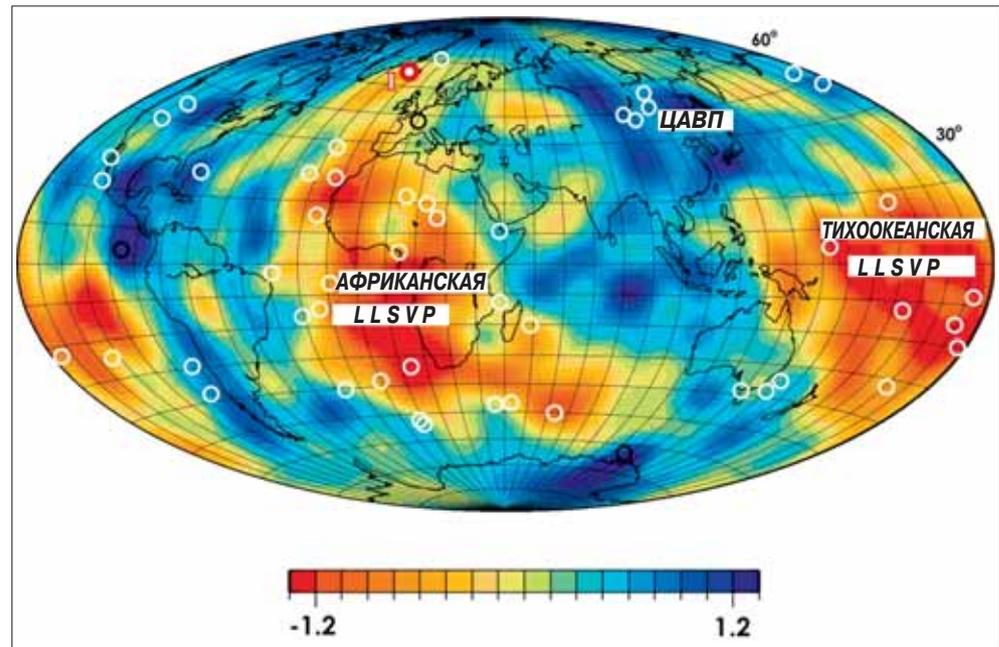
Две внешние оболочки планеты — литосфера и астеносфера — взаимодействуют. Вещество последней способно к течению, в связи с чем в ней может возникать конвекция, поддерживаемая энергией из внутренних оболочек Земли. Литосфера представляет собой внешнюю твердокаменную оболочку Земли, пассивно реагирующую на процессы, протекающие в астеносфере. Она рассечена узкими поясами — зонами, характеризующимися высокой тектонической (в частности, сейсмической) и магматической активностью: рифтовыми срединно-океаническими хребтами и зонами субдукции. Эти зоны, а также трансформные разломы «разбивают» литосферу на ряд жестких литосферных плит, которые под действием сил вязкого трения, вызванных конвективными (или иными) потоками в астеносфере, перемещаются относительно друг друга.

ГОРЯЧИЕ ТОЧКИ

Еще в 1963 г., когда только закладывались основы тектоники плит, Джон Вилсон обратил внимание на действующие вулканы внутри океанических плит, образующие вулканические цепи, ориентированные противоположно по отношению к вектору перемещения плиты. Было сделано предположение, что эти цепи связаны с горячими точками мантии, прожигающими литосферу по мере ее прохождения над ними.

К началу 1970-х годов гипотеза горячих точек мантии была принята многими исследователями. Предполагалось (а позднее и подтвердилось), что они представляют собой геохимические аномалии, так как их магматические породы (по сравнению с базальтами СОХ) обогащены многими редкими литофильными химическими элементами, а это нетипично для продуктов плавления верхней мантии. Такие породы связаны с «пятнами» разогретой астеносферы, которые неподвижны и, в свою очередь, питаются мантийными плюмами — струями, поднимающимися из глубин нижней мантии, возможно, от границы «ядро-мантия». В

Границы «горячих полей» примерно совпадают с контурами «низкоскоростных мантийных провинций (LLSVP)», называемых также суперплюмами. Их связь с современными проявлениями вулканизма подтверждается локализацией на поверхности планеты всех известных на сегодня 49 горячих точек, а сами мантийные провинции определены методом сейсмографии (по Зоненшайну, 1991; Бьерку, Торсвику, 2004).



океанах внутриплитовый магматизм представлен главным образом базальтами плато и островов, выделяемых в особый геохимический тип — ОИВ (Ocean Island Basalt). К их составу близки базальты трапповых* провинций, например, сибирские.

Представления о горячих точках предполагали наличие узких (порядка 150 км в поперечнике) мантийных струй (или столбов), пронизывающих всю толщу мантии, но остающихся неподвижными (по сравнению с литосферными плитами) на протяжении десятков миллионов лет. Внутри такой плиты, проходящей над «пятном» разогретой мантии, формируется вулкан; при смещении плиты относительно горячей точки над ней образуется еще один, а в итоге сегодня мы видим цепь потухших вулканов: они фактически трассируют след, прожигаемый горячей точкой. В этом отношении впечатляющим примером служит Гавайская горячая точка, с которой связано возникновение Гавайско-Императорского хребта в Тихом океане, существующего уже почти 100 млн лет.

Однако ряд исследователей, например, английский геолог Кейт Ранкорн, указывали, что геологические и физико-химические параметры мантии делают маловероятным существование таких столбов, и выдвигали разные гипотезы для объяснения природы горячих точек. Впрочем, все эти гипотезы не предполагали наличия каких-либо глубинных мантийных структур, влияющих на геологические процессы в верхних оболочках Земли.

ГОРЯЧИЕ ПОЛЯ МАНТИИ

К 1980 г. внутриплитовая магматическая активность была установлена как в океанах (вулканические острова и плато), так и на континентах. Однако работ по

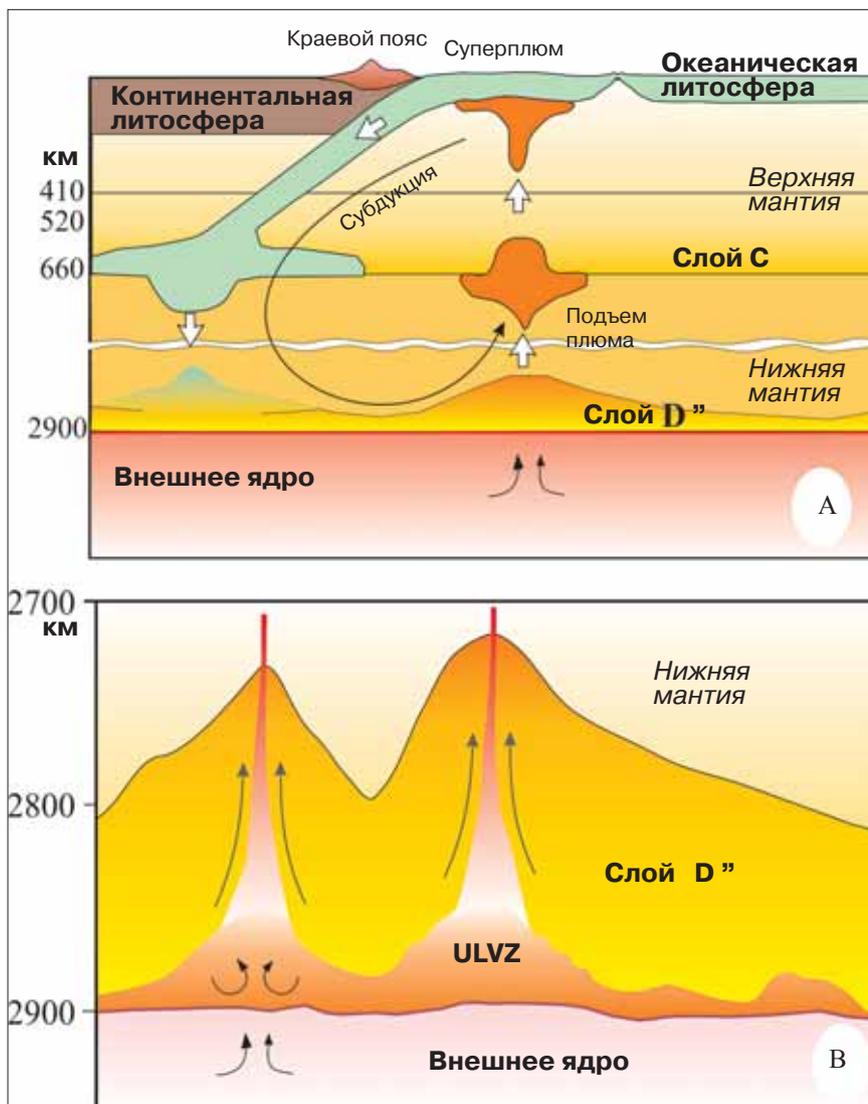
*Траппы — континентальные плато, состоящие из диабазов, долеритов, базальтов, габбродиабазов и габбро (прим. ред.).

анализу общих взаимосвязей горячих точек (в качестве глубинных образований) и поверхностных геологических структур не было. Чтобы восполнить этот пробел видный советский геолог член-корреспондент РАН Лев Зоненшайн (1929–1993) предложил одному из авторов данной статьи Михаилу Кузьмину рассмотреть эту проблему. Подход был исключительно простым — найти чисто географические закономерности распределения на земной поверхности продуктов внутриплитового магматизма. Причем во внимание были приняты лишь объекты, имеющие сравнительно небольшой (0–15 млн лет) возраст, чтобы возможный дрейф континентов не вносил больших искажений.

Из полученной в итоге карты распределения горячих точек следует, что существуют четыре области распространения современного внутриплитового магматизма: две больших — Тихоокеанская и Африканская и две малых — Центрально-Азиатская и Тасманская. Наиболее крупные достигают 10 000 км в поперечнике (Африканская и Тихоокеанская) и сопоставимы с размерами главных литосферных плит, однако границы последних не совпадают с контурами областей.

Результаты были обобщены в статье «Внутриплитовый магматизм и его значение для понимания процессов в мантии Земли» (Л. Зоненшайн, М. Кузьмин. Геотектоника, 1983), а области распространения внутриплитового магматизма авторы публикации назвали горячими полями Земли. Было отмечено, что последние совпадают с крупными положительными аномалиями в рельефе, а также положительными отклонениями формы геоида. Судя по геохимическим особенностям слагающих пород, этим областям отвечают аномалии существенного состава, по-видимому, связанные с нижней мантией.

Таким образом, выделенные горячие поля мантии Земли можно было представить как области, где про-



В зоне субдукции происходит погружение литосферной (океанической) плиты в мантию (А). Большая часть плиты задерживается в слое С, но частично материал литосферы опускается и до слоя D'', в котором происходит зарождение суперплюма (В).

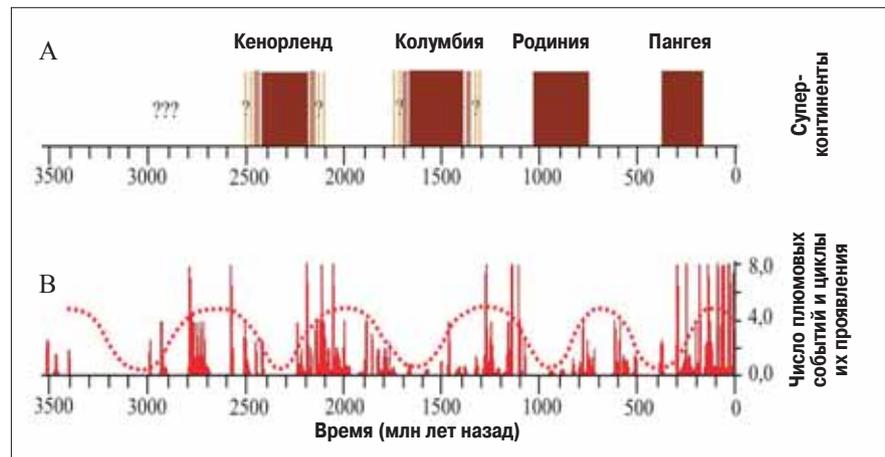
исходит подъем вещества и энергии нижней мантии к поверхности планеты, а располагающиеся между ними холодные поля (связанные с зонами субдукции литосферных плит) — как зоны, в которых вещество опускается в низы мантии. В совокупности вырисовывалась согласованная система конвекционных мантийных течений.

Если процессы, ассоциируемые с верхними оболочками, можно было описать в рамках тектоники литосферных плит, то обнаружение горячих полей позволило говорить о том, что конвективные явления имеют более глубинную природу. Иными словами, на основе полученных результатов впервые удалось высказать представления о взаимосвязи процессов в нижней и верхней мантии. Узкие мантийные струи, с которыми связаны горячие точки, могли представлять собой плюмы*, отходящие от границы раздела нижней и верхней мантии, куда подходило разогре-

*Плюм — горячий мантийный поток,двигающийся независимо от конвективных течений в мантии (прим. ред.).

тое вещество нижней мантии. Именно они порождают внутриплитовый магматизм и создают систему горячих точек. Заметим, что все эти выводы были сформулированы до появления в 1980-х годах сейсмографии — ее методы помогли геологам понять внутреннюю структуру мантии во всем ее объеме. В частности, японским и американским ученым удалось установить существование в мантии планеты крупных объемов вещества, связанного как с высокими, так и пониженными значениями скоростей сейсмических волн. Основные выводы этих исследований сводятся к следующему: на Земле существуют две большие низкоскоростные мантийные провинции (LLSVP) — Африканская и Тихоокеанская (в настоящее время их называют также суперплюмами). По данным сейсмографии здесь происходит подъем глубинного вещества слоя D'' до поверхности. Следует отметить, что проекции низкоскоростных мантийных провинций на поверхность Земли совпадают с выделенными ранее горячими полями мантии.

В истории Земли предположительно существовали как минимум четыре суперконтинента. Установлены временные интервалы их возникновения и раскалывания под действием суперплюмов (А). Эти события происходят циклично и коррелируют с плюмовой активностью (В) (по Ли, Зонгу, 2009; Торсвику, 2004).



В отличие от низкоскоростных провинций высокоскоростные ассоциированы с зонами субдукции, в пределах которых происходит опускание литосферных плит в мантию. Субдуцированная (поглощаемая) литосфера частично остается на границе верхняя-нижняя мантия, а какая-то часть погружается до границы «ядро-мантия». Поступающее в слой D'' вещество литосферы под влиянием тепла от ядра формирует частично расплавленные массы, являющиеся зародышами поднимающихся к поверхности земли горячих плюмов. Этот подъем способствует расширению объема при переходе от слоя D'' постперовскита в нижней мантии в перовскит, а также поступлению летучих химических элементов, в первую очередь С, S, O, H. Как следует из разностей плотности вещества во внутреннем и внешнем ядре, они содержатся в последнем и транспортируются в мантию, участвуя в формировании плюмов. Таким образом, выделение низко- и высокоскоростных мантийных провинций помогает вызвать два потока: опускание холодного вещества в низы мантии и подъем горячего к земной поверхности.

Сопряженность этих потоков в мантии позволяет полагать тесную связь глубинной геодинамики как с тектоникой плюмов, так и тектоникой плит. Убедительным аргументом в пользу этого является взаимосвязь процессов образования суперконтинентов и суперплюмов в единых циклах. В настоящее время установлено, что в процессе эволюции Земли возникали суперконтиненты, объединяющие практически все континентальные массы. В дальнейшем они разрушались под действием суперплюмов, а движения отдельных континентов становились центробежными. Предполагается, что в разное время на нашей планете существовали как минимум четыре суперконтинента (Кенорленд, Колумбия, Родиния и Пангея).

ВНУТРИПЛИТОВЫЙ МАГМАТИЗМ СИБИРИ

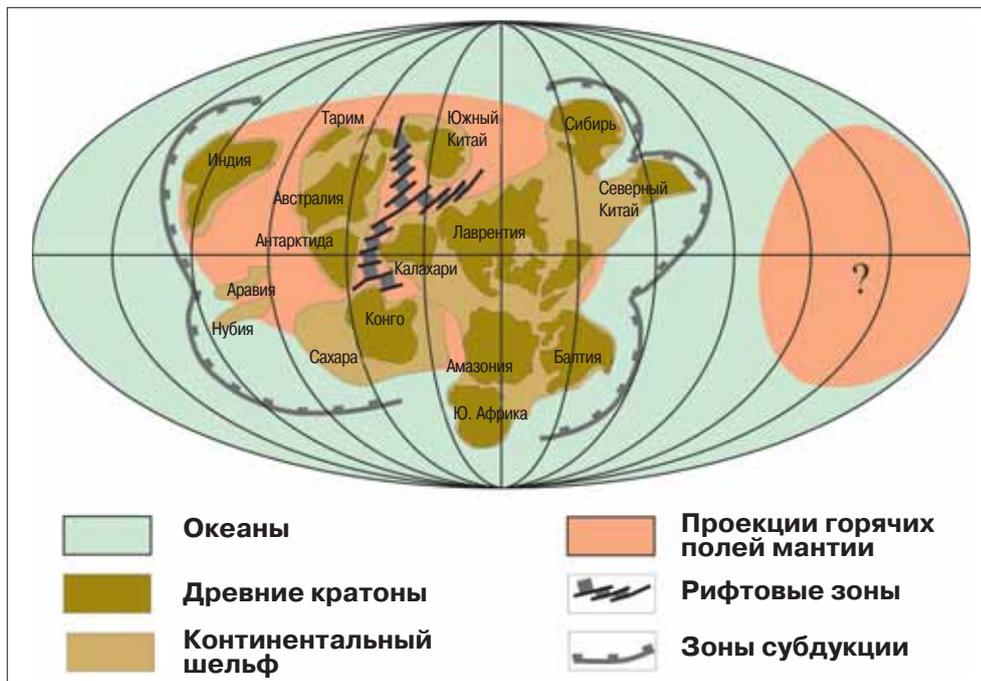
Сибирь была составной частью Родинийского континента, который сформировался около 1 млрд лет тому назад, но спустя примерно 250 млн лет начал распадаться под воздействием расположенного под ним Родинийского суперплюма. Предполагается, что од-

новременно с Родинийским существовал антиподальный ему суперплюм, расположенный в противостоящем Родинии секторе Земли. После распада Родинии составляющие ее континенты, в том числе и Сибирь, переместились в область позднерифейского океана.

Сибирь в то время не отличалась большими размерами, она состояла только из Сибирского кратона (платформы). Затем последовало присоединение к ней горно-складчатых орогенических поясов, в первую очередь Центрально-Азиатского, через который к Сибири примкнули Казахстанский и Китайский континенты, а закрытие Палеоуральского океана привело к созданию огромного Евро-Азиатского континента. Все эти процессы связаны с тектоникой плит, определивших возможность присоединения к Сибири малых и крупных континентальных масс, что подробно рассмотрено в монографии Льва Зоненшайна, Михаила Кузьмина и Льва Натапова «Тектоника литосферных плит территории СССР» (1990 г.).

Важная особенность Сибири — присутствие многочисленных комплексов внутриплитового магматизма. В разных ее областях обнаружены большие объемы пород, сходных с уже упоминавшимися базальтами типа ОИВ. Из этого следует, что в океане, окружавшем Сибирский континент, около 600 млн лет назад существовали острова, образованные горячими точками. Такие же точки воздействовали и на сам континент, в результате чего в его пределах сформировался ряд областей внутриплитового магматизма. Практически весь фанерозой*, вплоть до самого последнего времени (> 25 млн лет), континент и его ближайшее океаническое окружение находились под влиянием горячего мантийного поля — суперплюма (Ярмолюк и др., 2006; Kuzmin et al., 2010). В раннем и среднем палеозое (~540–360 млн лет назад), уже после распада Родинии, это привело к образованию двух крупных магматических провинций — Алтае-Саянской и Вилюйской. Позднее (310–190 млн лет)

*Фанерозой — геологическая эпоха, длящаяся последние ~540 млн лет, ее еще называют временем «явной» жизни. Подразделяется на три геологические эры: палеозой (540–252 млн лет назад), мезозой (252–66 млн лет назад), кайнозой (66 млн лет назад — настоящее время) (прим. ред.).



Результат реставрации Родинийского плюма, который был ответствен за раскол Родинии (по Ли, Зонгу, 2009). В противоположном секторе Земли показан антиподальный суперплюм.

сформировалось еще несколько внутриплитовых магматических провинций. Одна из них — Баргузинская, охватывающая территорию более $2 \cdot 10^5$ км², характеризуется зональным строением: периферию образуют рифтовые зоны, а в центре ее располагается гигантский Ангаро-Витимский гранитоидный батолит объемом свыше 0,5 млн км³, образование которого произошло из-за масштабного плавления коры под тепловым влиянием мантийного плюма.

Важнейшим событием конца позднего палеозоя на Северо-Азиатском континенте стало образование в очень коротком интервале времени (3 млн лет) гигантской магматической провинции, объединяющей трапповую область Сибирской платформы и рифтовую систему Западной Сибири, которая прослеживается в фундаменте Западно-Сибирской низменности, имея протяженность свыше 1500 км.

В этот же период внутриплитовым магматизмом было охвачено и южное складчатое обрамление Сибири. Здесь сформировались траппы Тарима и сопряженная с ними система субпараллельных рифтовых зон в пределах Монголии: Гоби-Тянь-Шаньская и Главного Монгольского линиамента (разлома). Прогрессивному смещению центров плюмовой магматической активности в глубь Сибирского континента отвечают две другие рифтовые системы: Гоби-Алтайская и Северо-Монгольская. Одновременно со становлением последних двух рифтовых зон между ними возник Хангайский гранитоидный батолит, формирование которого, подобно Ангаро-Витимскому, также связывается с плавлением коры над мантийным плюмом. Развитие рифтовой системы завершилось образованием зонального Монголо-Забайкальского магматического ареала в раннем мезозое (~200 млн лет назад).

К рубежу 190 млн лет назад внутриплитовая активность резко сократилась. Однако в позднем мезозое воздействие мантийных плюмов на литосферу Сибирского континента возобновилось, и в пределах Центрально-Азиатского обрамления Сибирской платформы образовался ряд рифтовых областей. Расцвет же тектонической и магматической активности пришелся на начало раннего мела (145 млн лет назад). А вот последующее время характеризовалось постепенным ее затуханием.

Еще одна «вспышка» пришлась на позднекайнозойскую эпоху (< 25 млн лет назад), охватив территорию Центральной и Восточной Азии. В это время сформировались новые вулканические области: Южно-Байкальская, Удоканская, Витимская и другие, что было связано с зарождением серии горячих точек (Kuzmin et al., 2010).

Чтобы понять, как происходило взаимодействие Сибири с горячими точками, как они связаны с глубинными структурами Земли, необходимы «абсолютные» (приведенные к современным географическим координатам) палеорекострукции. Попытка такой реконструкции была предпринята нами в статье, опубликованной в журнале *Earth-Science Reviews*, 102 (2010 г.). Полученные результаты позволили ответить на ряд вопросов, связанных с оценкой роли плюмов в геологической истории нашей планеты и особенно с пониманием места горячих полей мантии Земли среди движущих механизмов ее развития.

ДРЕЙФ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬЮ 570 МЛН ЛЕТ

Зарегистрированная на Сибирском континенте непрерывная внутриплитовая магматическая активность показывает, что он был расположен в границах

Продукты внутриплитового магматизма океанического типа сохранились в структурах Сибирского палеоконтинента, зафиксировав таким образом активность Африканского суперплюма.

Крупные изверженные провинции:

ранний-средний палеозой:

I – Алтае-Саянская,

II – Вилюйская; поздний палеозой:

III – Баргузино-Витимская,

IV – Центрально-Азиатская;

пермо-триасс: V – Сибирские траппы;

ранний мезозой: VI – Западно-Сибирская рифтовая система; позднемезозойские-кайнозойские рифтовые системы:

VII – Восточно-Монгольская-Забайкальская,

VIII(1) – Южно-Хангайская (Гоби-Алтайская),

VIII(2) – Восточно-Монгольская,

VIII(3) – Западно-Забайкальская,

VIII(4) – Центрально-Алданская (по Ярмолюку, 2000, 2003, 2006, модифицировано).

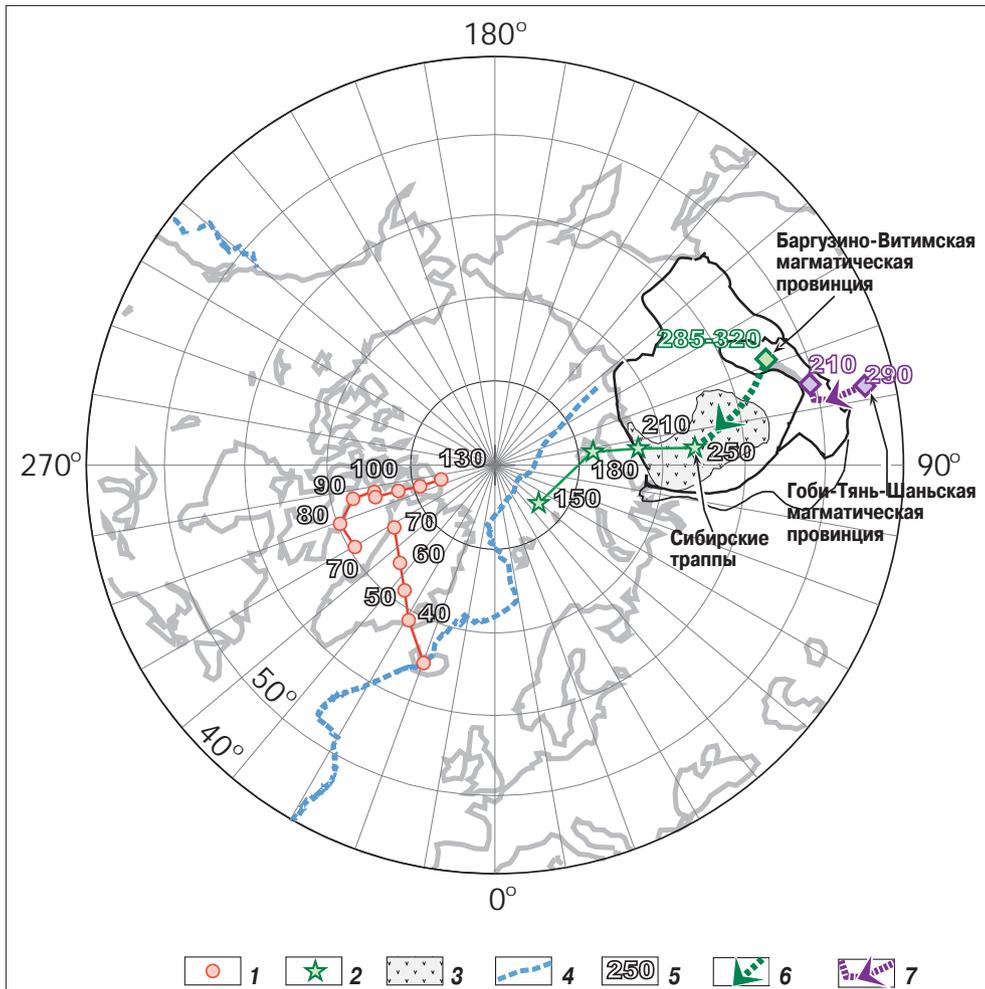
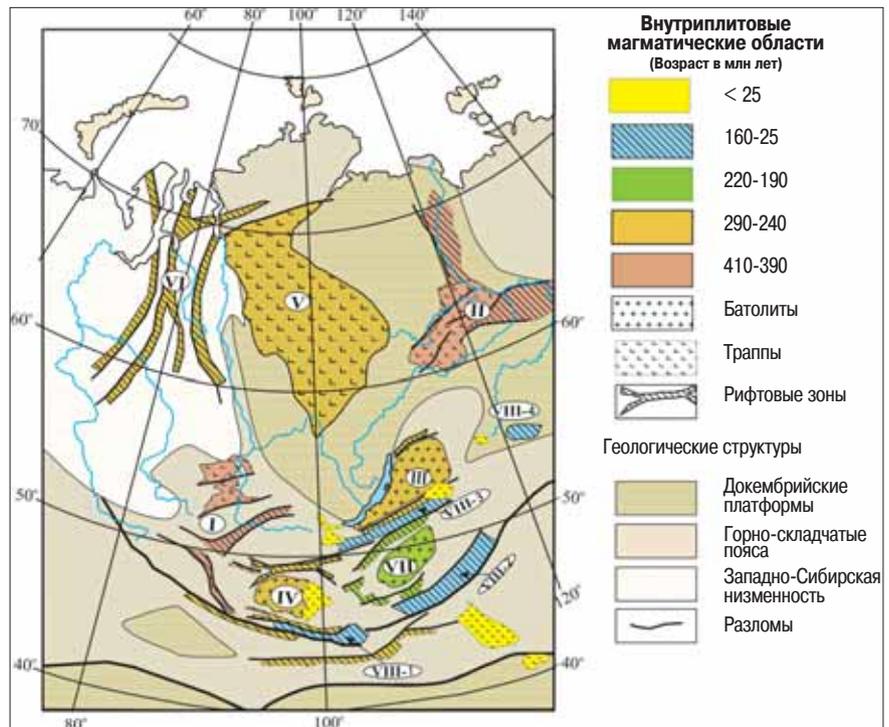


Схема миграции Исландской горячей точки в Арктическом бассейне в современных географических координатах:

1 – до 130 млн лет назад;

2 – от 150 до 250 млн лет назад;

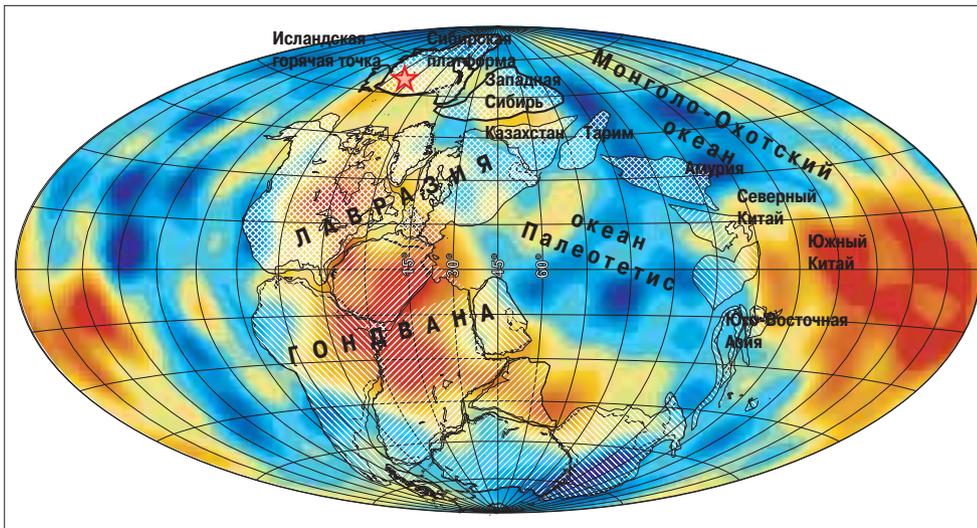
3 – сибирские траппы;

4 – срединно-океанические хребты;

5 – возраст магматизма в миллионах лет;

6 – миграция магматизма, связанного с Сибирским плюмом;

7 – миграция магматизма, связанного с Хангайским плюмом (по Кузьмину, 2010, Харину, 2000 и др.).



Реконструкция Сибирской платформы и основных континентов за 250 млн лет. Под контурами континентов показано сегодняшнее распространение «мантийных провинций низкоскоростных сейсмических волн (LLSVP)» вблизи границы ядро-мантия. Ярко-красный цвет соответствует подъему горячего мантийного вещества, синий — опусканию относительно холодного. Положение основных областей LLSVP считается достаточно устойчивым на протяжении долгого геологического времени.

горячего поля мантии, по крайней мере с ордовика до мелового периода, т.е. на протяжении 490–470 млн лет. Для выполнения «абсолютных» палеореконов Сибири важно знать палеогеографическое положение областей магматизма в конце палеозоя — начале мезозоя (от 250 млн лет назад).

Следы магматической деятельности Исландской горячей точки в позднем мезозое и начале кайнозоя прослеживаются в Северной Атлантике и Гренландии (обобщение данных приведено в нашей работе (Kuzmin et al., 2010). Таким образом, след горячей точки запечатлен в литосфере мигрирующих континентальных блоков Арктического бассейна на протяжении последних 250 млн лет.

Сегодняшние координаты Исландской точки: 65° с.ш. и 342° в.д. Отметим, что палеоширота Сибирской трапповой провинции на время ее образования (250 млн лет назад) была $62^{\circ} \pm 7^{\circ}$ — она практически та же, что и у сегодняшней Исландии. По крайней мере на протяжении пермского и триасового периодов указанная горячая точка располагалась над северной оконечностью Африканского горячего мантийного поля. Поскольку, как показано, оно остается в неизменных координатах на протяжении последних 300 млн лет (Torsvik et al., 2008), мы заключили, что Сибирь находилась в его рамках на протяжении фанерозоя. Признаки обширной внутриплитовой магматической активности в Сибири свидетельствуют, что Сибирский континент дрейфовал над горячим мантийным полем, по крайней мере, с эпохи раннего палеозоя до пермо-триасового периода. Значит, долготное положение Сибири за это время радикально не изменилось, хотя ее палеоширотное положение менялось. Африканское горячее поле находилось, как и сегодня, примерно между 70° в.д. и 330° в.д., что означает: указанный континент не выходил за эти пределы с начала фанерозоя до перми и триаса. Исходя из того, что тогдашнее местоположение Сибири и современное исландского мантийного плюма совпадают, можно определить географические координаты Сибирского континента в прошлом. В те-

чение венда-раннего кембрия он располагался возле экватора, своей современной южной—юго-восточной границы, повернутой на север. Мы (Kuzmin et al., 2010) выбрали древнюю широту 30° в.д. для кембрия Сибири в пределах Африканского горячего мантийного поля, чтобы минимизировать перемещения Сибирского континента в пределах поля и исключить резкие перемещения континента, которые превышали бы современные скорости континентального дрейфа.

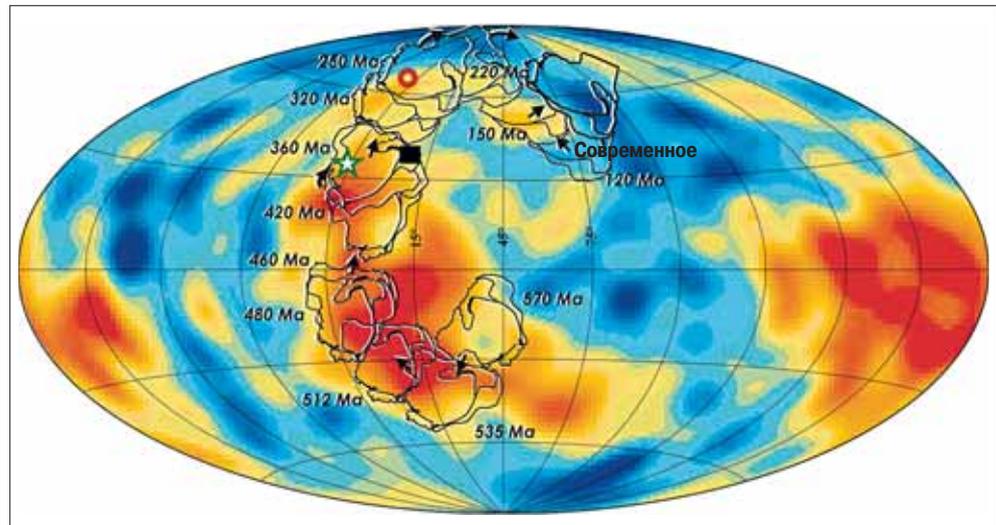
В раннем кембрии (~535 млн лет назад) Сибирь располагалась в Южном полушарии (~ 30° ю.ш., 20° в.д.). Начиная с середины того же периода (520–505 млн лет назад) и до раннего—среднего ордовика (480–460 млн лет назад) она дрейфовала на север почти до экваториальных широт. При этом скорость ее дрейфа по широте с 512 до 480 млн лет назад достигала 5 см/год (предельная для современных континентальных плит), поэтому изменения по долготе практически не должно было быть.

Внутриплитовые магматические события на Сибирском континенте связаны с горячими точками от кембрия (510 млн лет назад) до пермо-триаса (250 млн лет назад), когда Сибирь перемещалась над Африканским горячим полем. По палеомагнитным данным Сибирь в раннем палеозое (от 510 до 435 млн лет назад) дрейфовала на север со средней скоростью широтного перемещения около 7,3 см/год. Такая скорость континентального дрейфа относительно высока, значит, перемещение Сибири происходило по широте вдоль меридиана, т.е. долгота значительно не менялась.

В предложенной реконструкции (Kuzmin et al., 2010) авторы расположили Русскую и Сибирскую платформы над Африканским горячим полем, так как магматические события гигантского масштаба в девоне произошли на обеих платформах (Виллоульский рифт в Сибири и Припять-Днепровско-Донецкий рифт в Европе).

После девона отмечается миграция Сибири на север с одновременным поворотом на 60° по часовой стрелке в период от 360 до 250 млн лет назад, т.е. до време-

На основе палеорекострукции получена схема миграции Сибирского континента над Африканской мантийной провинцией за последние 570 млн лет (по Кузьмину, 2010).



ни ее расположения над Исландской горячей точкой. Средняя скорость широтного смещения составляла около 4 см/год, что соответствует современным темпам дрейфа континентов. Во временном интервале от 250 до 200 млн лет назад Сибирь отошла от Исландской горячей точки. Этот уход обусловлен открытием северной части Атлантического океана. Позднемезозойская внутриплитовая магматическая деятельность переместилась на территории Центральной и Восточной Азии и к концу мелового периода значительно сократилась. За последние 250 млн лет Сибирский континент переместился до современного положения, дрейфуя по широте через северный географический полюс со средней скоростью $\sim 1,7$ см/год.

Суммируя все изложенное, следует подчеркнуть: Земля представляет собой самоорганизующуюся систему, развитие которой сопряжено с взаимодействием ее внутренних оболочек. Оно проявляется в процессах конвекции, важную роль в которых играют, в частности, мантийные плюмы. В настоящее время установлено, что такие восходящие струи мантии в основном сконцентрированы в двух секторах Земли, выделяемых как суперплюмы: Тихоокеанский и Африканский. Очевидно, что роль последних в формировании структуры литосферной оболочки Земли трудно переоценить. И здесь возникает вопрос об их природе — когда и почему зарождаются суперплюмы, какова длительность их существования, насколько стабилен режим их воздействия на литосферу?

Определенный вклад в решение этих вопросов внесли выполненные авторами настоящей статьи исследования. Прежде всего они зафиксировали то, что проявления внутриплитовой активности в пределах Сибирского континента в течение всего фанерозоя стали следствием его миграции над горячим полем, сопоставляемым с современным Африканским суперплюмом. Следовательно, этот суперплюм существует не менее 570 млн лет. А учитывая, что Родинийский суперплюм, разбивший Родинию, сопоставляется с Тихоокеанским (Yuen et al., 2002), оба этих

суперплюма следует рассматривать как наиболее долгоживущие глубинные структуры Земли.

Связь суперплюмов с процессами формирования и разрушения суперконтинентов в настоящее время является общепризнанной. Но последние результаты позволяют говорить, что осколки суперконтинентов после их разрушения суперплюмом-убийцей перемещаются в области Земли, контролируемые антиподальным плюмом, и образуют над ним новую суперконтинентальную агломерацию. Такая двойная роль плюмов, по-видимому, отражает их противофазную активность, вероятно, связанную с разным проявлением отвечающих им конвективных процессов, одной из причин которой, как показали исследования геохимика академика Вячеслава Коваленко с коллегами, мог стать эффект термостатирования.

Наконец, следует сделать вывод о направлении будущих исследований. Тот факт, что при образовании суперконтинента, в частности Пангеи или Евразии, отдельные континенты (Сибирь), проходя над разновозрастными горячими точками конкретного горячего поля мантии, сохраняют следы этих горячих точек, позволяет предполагать: уже в ближайшем будущем существующие методы изучения магматических пород помогут дать оценку эволюции мантийных источников как для отдельных плюмов, так и для суперплюмов в целом. В конечном итоге это будет способствовать пониманию общих закономерностей эволюции Земли.

Работа поддержана программой №4 Президиума РАН, программой №10 Отделения наук о Земле РАН, Интеграционным проектом №87 СО РАН, а также грантами РФФИ: 13-05-12043 и 13-05-12026.

Иллюстрации предоставлены авторами

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АРКТИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЫ

Академик РАМН Лев ПАНИН,
директор Научно-исследовательского института
биохимии СО РАМН (Новосибирск)

**Европейский и Азиатский Север России — территория
активного хозяйственного освоения.
Но природные и климатические условия
заполярных широт суровы, а часто и экстремальны
для человеческого организма.
В связи с этим возникла необходимость разработки
нового направления в здравоохранении — арктической медицины,
учитывающей особенности течения на Севере
многих патологических процессов,
таких как воспаление, иммунные заболевания, болезни
сердца и сосудов, психические расстройства и др.
Особенное значение здесь приобретает система профилактики.**

Северные районы занимают большие площади на территории Канады, США (Аляска), Скандинавии, в том числе Дании с входящей в ее состав Гренландией, но самые обширные — в России: только в Сибири они охватывают 3,8 млн км². Здесь, в Якутии, находится полюс холода Северного полушария (Оймякон, Верхоянск). В районах веч-

ной мерзлоты, где сезонные колебания температуры могут превышать 100°С, проживают малочисленные народы Сибири и Севера, ведется обширная хозяйственная деятельность, связанная с разработкой природных минеральных ресурсов — нефти, газа, угля, золота, алмазов, полиметаллических руд и т.д. С точки зрения газо- и нефтедобычи большой интерес

**Новосибирский
научный центр СО РАМН,
возглавляющий программу
по адаптации человека
к экстремальным условиям
Азиатского Севера и Арктики.**



представляют и шельфы Северного Ледовитого океана. Именно экономические интересы определяли и будут определять в дальнейшем миграцию сюда населения из более мягких в климатическом отношении районов нашей страны.

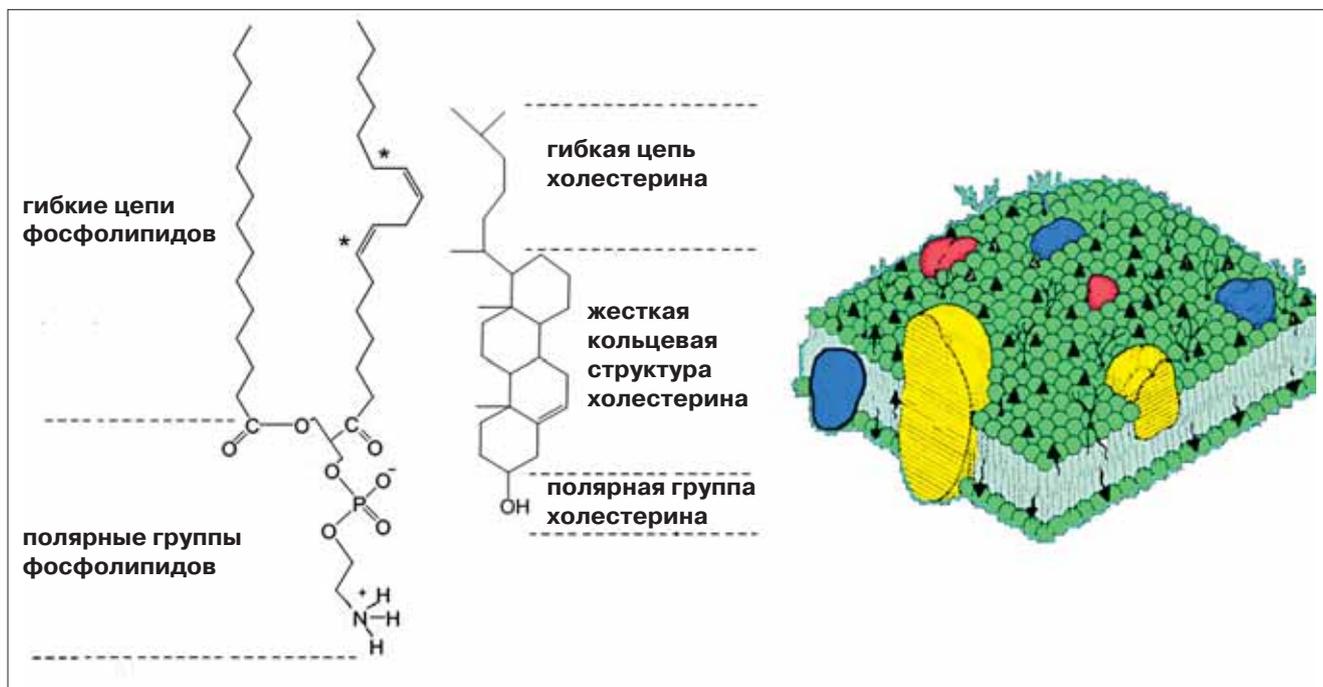
Как адаптировать человека к экстремальным экологическим условиям Заполярья, одновременно поддерживая состояние его здоровья и высокой работоспособности на многие годы? Стремление ученых дать аргументированный ответ на этот вопрос и вызвало появление нового направления — арктической медицины. Для организации исследований в данной области в 1970 г. в Новосибирске был создан Сибирский филиал АМН СССР, а в его составе — Институт клинической и экспериментальной медицины. Их возглавил известный ученый-клиницист Влаиль Казначеев (академик АМН СССР с 1971 г.). Сегодня это крупный научный центр по изучению фундаментальных и прикладных проблем жизнеобеспечения человека в сложных климатических условиях Сибири, Крайнего Севера и Арктики.

Вклад Новосибирского научного центра СО РАМН в становление арктической медицины очень значителен. В результате многолетней интенсивной экспедиционной деятельности на территориях азиатского Севера, Арктики и Антарктиды у исследователей стали складываться совершенно новые представления об адаптации человека. Оказалось, в экстремальных условиях высоких широт изменяются все виды обмена: белков, жиров, углеводов, витаминов, макро- и микроэлементов. Как показано автором данной статьи, формируется полярный метаболический тип. Организм переходит на новый уровень гомеостаза*, для которого характерны иные экологически об-

*Гомеостаз — динамическое постоянство состава и свойств внутренней среды и устойчивость основных физиологических функций организма человека, животных и растений (*прим. ред.*).

условленные нормы состояния здоровья, иные критерии оценки функциональной активности его органов и систем. Например, для энергетического обмена важную роль играет переключение его с углеводного типа на липидный. Это приводит к тому, что вклад углеводов в энергетический обмен организма становится ниже, а жиров (липидов) — выше. В крови увеличивается содержание транспортных форм жира — липопротеинов (ЛП) очень низкой (ЛПОНП) и низкой (ЛПНП) плотности, т.е. форм, относящихся к атерогенным («вредным», оседающим на стенках сосудов фракциям липидов). Тем не менее на Севере это не приводит к развитию атеросклероза или ишемической болезни сердца. Высокая активность ферментов липидного обмена (липопротеиновой липазы и триглицеридлипазы), связанных с внутренней поверхностью сосудов, приводит к значительному увеличению содержания липопротеинов высокой плотности (ЛПВП), обладающих антиатерогенными свойствами. При этом баланс атерогенных и антиатерогенных форм ЛП в крови восстанавливается. Более того, он даже смещается в сторону последних. Относительное содержание ЛПВП в крови может увеличиваться до 60%, а это благоприятное явление. Конечно, факторы риска сердечно-сосудистой патологии на Севере существуют и они те же, что и в других регионах мира. Это стресс (состояние тревожности), неправильное питание, гиподинамия, вредные привычки (курение, алкоголизм). На Севере они действуют значительно активнее.

ЛПОНП и ЛПНП являются также факторами риска для развития диабета. Нами впервые было показано: белок аполипопротеин В (апо В), входящий в структуру атерогенных форм ЛП, обладает контринсулярным (подавляющим влияние инсулина) действием и способствует развитию диабета 2-го типа. При этом следует иметь в виду, что при обследо-



Структура биологических мембран (Singer, Nicolson, 1972). * Места перекисного окисления липидов.

нии пациента диагноз «диабет» часто ставят по обнаружению сахара в моче. Однако на Севере у людей снижается обратное всасывание из первичной мочи (она образуется в почечных клубочках и включает в себя все составные части плазмы крови, за исключением белков) сахара и других низкомолекулярных соединений, например, витаминов. Появление сахара в моче сочетается с нормальным или пониженным содержанием его в крови, содержание инсулина в крови также снижается. Такой «диабет» не является патологией. Он экологически обусловлен и носит функциональный характер. Но нужно помнить, что на Севере легко может развиваться и диабет 2-го типа. Если человек находится в состоянии хронического стресса, употребляет избыточное количество углеводов и для него характерна гиподинамия, то имеется полный набор факторов риска для возникновения такого заболевания. Врач, работающий на Крайнем Севере, об этих особенностях должен знать. В чем физиологический (функциональный) смысл этого диабета?

Экстремальные условия Севера и приполярных территорий человек, конечно, воспринимает как стрессовые. Но он не может находиться постоянно в состоянии стресса. Хорошо известно, что последний сопровождается повышением в крови содержания стероидных гормонов. Но на Севере у человека концентрация их незначительно выше по сравнению с другими более мягкими по климату районами страны. Оказалось, что организм использует еще один дополнительный механизм реакции на стресс — снижает содержание в крови инсулина, играющего роль контргормона по отношению к стероидным гормо-

нам (глюкокортикоидам). Такой диабет мы назвали «диабетом напряжения» — подобный ему наблюдал в 80-х годах XIX в. французский физиолог Клод Бернар, когда у голодающих кроликов обнаружил сахар в моче при кормлении их морковью. Он назвал его «hunger diabetes» — «голодный диабет». Много позднее в своих работах мы воспроизвели эти результаты, показав к тому же, что в условиях голодания сахар в моче появляется при нормальном содержании его в крови.

Механизм данного явления был раскрыт нами позднее. Оказалось, он связан с контринсулярным эффектом белка аполипопротеина В, входящего в состав ЛПНП и ЛПОНП. Именно такой «диабет» лежит в основе переключения энергетического обмена с углеводного типа на липидный в экстремальных условиях Крайнего Севера, где основным источником углеводов, необходимых для мозга и других тканей, становятся процессы образования глюкозы из белков и частично жиров. Они активно протекают в печени. Избыточное количество глюкозы в пище нарушает этот механизм.

Естественно, подобные изменения всех видов обмена веществ предъявляют свои требования к характеру питания человека. На Севере потребность в углеводах снижается, а в белках и жирах повышается. Снижение интенсивности углеводного обмена уменьшает потребность организма в ряде водорастворимых витаминов, таких как В₁, В₂, а одновременное усиление жирового обмена требует жирорастворимых витаминов — А, Д, Е, играющих роль антиоксидантов по отношению к ненасыщенным жирным кислотам. Их роль особенно велика в высоких широтах в свя-



Человек в экстремальных условиях Арктики. Трансарктический лыжный переход под руководством Дмитрия Шпаро. Куратор научной программы — НИИ биохимии СО РАМН.

зи с необходимостью защиты клеточных мембран от перекисного окисления указанных кислот, входящих в состав фосфолипидов. Повышенная ультрафиолетовая радиация, ионизирующее действие частиц солнечного ветра способствуют активному образованию продуктов перекисного окисления и формированию белково-липидных сшивок, что приводит к быстрому старению клеток. Наиболее отчетливо это видно на примере эритроцитов, продолжительность жизни которых в высоких широтах снижается. Данный феномен способствует развитию «полярной одышки», наблюдаемой у пришлого населения, особенно при больших физических нагрузках.

Мы с этим столкнулись при обследовании участников трансарктического лыжного перехода под руководством Дмитрия Шпаро в 1988 г. Как они отмечали, «сорокоградусный мороз и встречный ветер — пожалуй, самое неприятное сочетание. Ритм перехода напряженный: по 8–9 часов в день, 50 мин ходьбы, 10 мин отдыха. На привале усталость валила с ног».

В высоких широтах клеточные мембраны нуждаются в активной антиоксидантной защите. Например, образование гидроперекисей ненасыщенных жирных кислот и белково-липидных сшивок повышает микровязкость эритроцитарных мембран и затрудняет продвижение эритроцитов по кровеносным капиллярам. Известно, что диаметр их сопоставим с диаметром эритроцитов. Это может приводить к развитию диффузной гипоксии тканей и быстрому утомлению организма, особенно при активной физической деятельности.

У коренного населения Крайнего Севера эта проблема достаточно успешно решается в связи с традиционным белково-липидным типом питания. У

Изменение содержания токоферола и продуктов перекисного окисления липидов в эритроцитах в динамике лыжного перехода ($M \pm m$)

Содержание токоферола и продуктов ПОЛ	Диксон	Северный полюс	Оттава
Токоферол, мг/100 мл	0,48±0,01 (n=13)	0,22±0,03* (n=7)	0,15±0,06* (n=13)
Продукты ПОЛ, отн. ед.	1,07±0,36 (n=13)	2,25±0,21* (n=2)	1,04±0,11 (n=12)

Примечание. Различия достоверны ($p < 0,05$) * — по сравнению с Диксоном.

тундровых аборигенов оно до сих пор практически не изменилось: основными продуктами у них являются оленина и рыба, вылавливаемая в местных водоемах. Рацион прибрежных аборигенов включает мясо морского зверя (тюлень, морж), морскую рыбу и небольшое количество привозных продуктов (хлеб, соль, сахар). Для них мясо и рыба — главный источник необходимых организму белков, полноценных по аминокислотному составу, жиров, богатых ненасыщенными жирными кислотами и жирорастворимыми антиоксидантами (витаминами А, Е, Д). В этих же продуктах содержатся и необходимые организму минеральные вещества. А у пришлого населения характер питания существенно иной, поэтому мы рекомендуем использовать не только природные, но и синтетические антиоксиданты.

Для приехавших на Крайний Север существенна и еще одна проблема: низкая минерализация воды в местных реках. Это связано с разбавлением их стока вследствие активного таяния снега весной и летом. Именно в этот период возникает проблема дефици-



Особенности северного азиатского типа питания.

та макро- и микроэлементов. Поскольку известно, что минеральные вещества играют важную роль в ассимиляции организмом витаминов, использование в пищу низкоминерализованной воды приводит к развитию вторичных гиповитаминозов. Мы показали, что успешно бороться с ними помогает включение в рацион витаминно-минеральных композиций (кстати, аналогичная задача решалась и в космической медицине). Нами на Севере широко использовались не только витаминно-минеральные композиции, но и естественные дополнительно витаминизированные продукты питания (соки, молоко, настои дикоросов). Оказалось, они гораздо эффективнее помогают справиться с гиповитаминозами, чем аптечные поливитаминные препараты.

Занимаясь проблемой адаптации человека на Севере, мы исследовали еще один фактор, связанный с изменением обмена веществ. Известно, что макрофаг — ключевая клетка системы иммунитета. Но он занимает важнейшие позиции и в обмене липопротеинов крови: ЛПВП, ЛПНП и ЛПОНП. У живущих на Севере их обмен значительно выше, что ложится большой нагрузкой на макрофаги, особенно в печени. Переклочение этих клеток на метаболические функции снижает их роль в формировании иммунного ответа. Например, на Севере это приводит к «прорыву» антигенов кишечной микрофлоры в лимфоидную систему

Северный азиатский тип питания

Продуктовый набор	Якуты	Нганасаны
	Алданский район	Таймыр
Мясо оленя	330-226	510
Рыба	-	420
Масло слив.	30	50
Хлеб	478-502	300
Сахар	72-130	60
Молоко	210	-
Овощи	20	-
Картофель	100	-
Ягоды	50-100	-

Химический состав рациона нганасан

Белки, г		Жиры, г		Углеводы, г	Калорийность, ккал
Всего	В т.ч. животные	Всего	В т.ч. животные		
187	165	192	187	218	3293,5

организма с последующим усилением иммунного ответа. По данным доктора медицинских наук Дмитрия Маянского (Институт общей патологии и экологии человека СО РАМН), у северян выявлены высокие титры антител к общей аллергеноактивной фракции



**Внимание: экологическая опасность
(последствия разлива нефти в тундре).**

энтеробактерий*. Это наиболее ярко проявляется в первые 10 лет проживания в арктических широтах. Угнетение работы «макрофагального фильтра» в отношении бактериально-вирусной инфекции определяет большую подверженность человека на Севере инфекционным заболеваниям. Похожая ситуация складывается и в отношении течения воспалительных процессов.

Нами впервые было показано, что макрофаг отвечает за процессы клеточной регенерации в патологическом очаге любой этиологии. Усиление экспрессии генов и синтеза белка в клетках в очаге воспаления происходит под влиянием кооперативного механизма действия продуктов деградации клеток, стероидных гормонов и ЛПВП. Он также реализуется в макрофагах и приводит к образованию биологически активного комплекса: восстановленных форм стероидных гормонов (тетрагидросоединения) и белка — аполипопротеина А-I. Данный комплекс и запускает процессы регенерации. Угнетение фагоцитарной активности макрофагов подавляет действие этого механизма, при этом воспалительная патология приобретает хронический характер — врачи на Севере постоянно сталкиваются с данным явлением.

Отметим, воспаление и иммунитет тесно связаны друг с другом. «Воспаление, — писал отечественный биолог Илья Мечников (нобелевский лауреат 1908 г.), — является важнейшим проявлением иммунитета

организма». Эту же мысль в своих работах развивал патологоанатом Ипполит Давыдовский: «Можно говорить о принципиальной близости иммунитета к воспалению — все равно, будет ли стоять вопрос о значении иммунитета для воспаления или, наоборот, о значении воспаления для иммунитета» (Давыдовский И.В. Общая патология человека. М.: Медицина, 1969.). На Севере легко убеждаешься, что это действительно так.

Арктика — это холод. Адаптированный к нему человек предпочтительнее окисляет жирные кислоты, что и было ранее нами показано. Часть энергии окисления тратится на обогрев организма, а часть — на выполнение химической или физической работы. На Севере теплопродукция выше, в итоге снижается КПД физической работы. Отсюда следует: чтобы нормально ее выполнять, суточная калорийность пищевого рациона северян должна быть выше на 10%, чем необходимо в регионах с умеренным климатом.

Интересно, что адаптированный к холоду человек старается сократить свои теплотери. Среднезвешенная температура кожи у него снижается. Понижаться может даже температура ядра тела, хотя и незначительно. Мы говорим, что система терморегуляции переходит на другой уровень гомеостаза. Однако на Севере встречаются и исключения из общего правила. Люди, стремящиеся носить теплую одежду, утрачивают эти особенности адаптации к холоду. Именно у них нередки случаи обморожения и даже замерзания, что часто наблюдается в состоянии алкогольного опьянения.

*Энтеробактерии — семейство, включающее в себя такие известные патогены, как сальмонелла, чумная палочка и т.д. В то же время множество представителей семейства являются частью нормальной микрофлоры кишечника (*прим. ред.*).

Выявлены особенности использования фармакологических препаратов для лечения различных заболеваний в Заполярье. Они связаны с повышенным окислением в системе метаболизма чужеродных соединений (ксенобиотиков) и с активным их выделением из организма (клиренсом). Данная проблема очень важна, и ее нужно учитывать при освоении Арктики.

Еще один важный фактор. Проживая в средних и низких широтах, люди привыкают к закономерной и неизбежной смене дня и ночи. Это формирует в организме циркадные (околосуточные) ритмы. Ритмичной становится активность всех его функциональных систем. На Севере «светопериодика» совсем другая. Полярный день сменяется полярной ночью, а между ними действует более естественная для нас смена дня и ночи, определяющая привычную продолжительность суток. Внутрисистемные и многочисленные межсистемные связи в организме нарушаются. Возникают десинхронозы, лежащие в основе формирования хронопатологии. Клинически это проявляется в снижении умственной и физической работоспособности, нарушении сна, эмоциональной нестабильности, непредсказуемости поведения и т.д.

В период полярной ночи возникают признаки сенсорной депривации, т.е. недостаточности внешних раздражителей. У человека развиваются депрессивные состояния, иногда порождающие попытки суицида. В период полярного дня, напротив, доминируют повышенная возбудимость центральной нервной системы, раздражительность, нарушение сна, различные вегетативные расстройства, в первую очередь кардиогенного характера и т.д. Все это требует правильной психотропной терапии, грамотного поведения врача — невролога и психиатра.

Мы показали, что в развитии психосоматической патологии на Севере важную роль играет «синдром психоэмоционального напряжения». Ведущий его признак — развитие тревожности. Это эмоциональная окраска состояния, характеризуемого ожиданием непредсказуемой угрозы, а также опережающей мобилизацией энергетических ресурсов и резервных возможностей организма. Функционально близким понятием к нему является дистресс (термин предложен канадским эндокринологом Гансом Селье в 1960 г.). Клинически тревожность сопровождается повышением внутренней напряженности, раздражительности и при нарастании симптоматики может переходить в невроз или депрессию. Такие состояния хорошо снимают транквилизаторы бензодиазепинового ряда (седуксен, элениум), подавляющие активность центральных механизмов регуляции — их называют моноаминоэргическими системами мозга. Отсюда следует, что тревожность формируется на фоне повышения их активности. Возникновение же психосоматической патологии определяется индивидуальными особенностями высшей нервной деятельности. У ин-

тровертов, причину конфликтов ищущих в себе, возникает ишемическая болезнь сердца, у экстрасвертов (их антиподов) — гипертоническая болезнь. Однако могут быть и другие проявления психосоматической патологии: заболевания нервной системы, язвенная болезнь желудка и 12-перстной кишки.

На Крайнем Севере мы столкнулись с более высокой зависимостью человека от алкоголя. Формирование ее здесь идет быстрее, чем в умеренных широтах примерно на 5 лет. Оказалось, у северян в различных клетках падает скорость бескислородного (анаэробного) окисления углеводов (гликолиза), метаболическим ответвлением которого является образование эндогенного (собственного) этанола. Снижение образования этанола, участвующего в «строительстве» гормонов позитивного настроения, приводит к потребности повысить его содержание в крови за счет алкогольных напитков. Постепенно это формирует метаболическую зависимость от них. Борьба с этим возможно. В условиях эксперимента нами была разработана пропись антиалкогольного препарата PL-алко и получено разрешение на его применение для коррекции отмеченных выше нарушений обмена веществ у человека. Препарат оказался весьма эффективным.

К сожалению, северная фармакология и приполярная медицина еще не стали достоянием практикующего врача. Они нуждаются в дальнейшем развитии. Однако краеугольные камни в эти направления уже заложены работами Института (ныне Научного центра) клинической и экспериментальной медицины, НИИ биохимии, НИИ физиологии СО РАМН и других научных учреждений страны.

И в заключение. Проблемы здоровья человека на Севере тесно связаны со «здоровьем» самого Севера, его очень ранимой природы. Варварское обращение с ней уже сегодня наносит ему непоправимый вред. А что нас ждет в будущем, когда начнется освоение шельфов Северного Ледовитого океана? Их экосистемы еще более ранимы, чем материковой зоны. Об этом нужно думать уже сейчас.

МикроРНК В ДИАГНОСТИКЕ РАКА

Доктор биологических наук Николай КОЛЕСНИКОВ,
ведущий научный сотрудник,
кандидат биологических наук Сергей ТИТОВ, научный сотрудник,
академик Игорь ЖИМУЛЕВ, директор,
Институт молекулярной и клеточной биологии СО РАН
(Новосибирск)

Выявлять рак на самых начальных его стадиях — одна из важнейших задач практической медицины: чем раньше это удастся, тем больше шансов на излечение. Недавнее открытие нового класса молекул РНК — микроРНК (миРНК) — совершило переворот в наших представлениях о регуляторном потенциале генома и повлекло за собой разработку новых подходов в ранней диагностике онкологических заболеваний. Эти молекулы можно использовать в качестве биомаркеров, помогающих ответить на многие вопросы, в том числе о вероятности развития того или иного типа рака, прогноза рецидива и т.д. Потенциально они могут стать основой и терапевтических средств.

Рак — очень сложное заболевание, к тому же сопровождающееся высокой летальностью. По данным Всемирной организации здравоохранения ежегодно в мире от него погибают более 7,5 млн человек. В России на начало 2011 г. на учете в онкологических учреждениях состояли свыше 2,6 млн пациентов, а к концу того же года уже 2 900 629, т.е. 2,0% населения страны. Каждый третий раковый больной

умирает в течение года после постановки соответствующего диагноза, поскольку злокачественные новообразования в 60% случаев выявляются на III–IV стадиях развития, когда эффективное лечение уже затруднительно.

Но рак — не приговор, с ним можно и нужно бороться, и при современном уровне медицины он излечим. Главная задача — научиться распознавать зло-

качественное перерождение клеток на самых ранних стадиях. К сожалению, существующие традиционные методы диагностики этого не позволяют. Поэтому во всем мире ведут поиск более эффективных подходов к решению данной проблемы на основе передовых технологий молекулярной биологии*. Прорыв в этом направлении наметился с недавнего открытия ранее неизвестного класса малых некодирующих молекул РНК — микроРНК (миРНК), которые «дирижируют» множеством биологических функций. К настоящему времени показано, что дерегуляция экспрессии отдельных микроРНК или их групп, проще говоря, сбой в их «работе» ведет к патологическим состояниям, в том числе и к онкологическим заболеваниям человека.

«МАЛЫЕ, НО УДАЛЫЕ»

Напомним, существуют несколько классов РНК-молекул, отличающихся не только структурой, размерами, но и выполняемыми в клетке функциями. Так, информационные РНК (иРНК) служат посредниками, переносящими «сообщения» из ядра в цитоплазму, а, например, рибосомальные РНК (рРНК) регулируют основные этапы белкового синтеза. По сравнению с этими молекулами интересующие нас миРНК значительно меньше по своим размерам, состоят из одной цепочки, насчитывающей ~ 22 нуклеотида. Кодированы они небольшими участками ДНК и выявлены в геномах животных, растений и вирусов. Так, у человека обнаружено уже 1600 генов миРНК, способных в целом контролировать работу 60% белок-кодирующих генов. Свою функцию — регулировать экспрессию последних на транскрипционном и посттранскрипционном** уровнях — молекулы миРНК выполняют посредством комплементарного взаимодействия с участками матричной РНК, что приводит к выключению соответствующих генов.

МикроРНК были открыты профессором Университета штата Массачусетс (США) Виктором Амбросом в 1993 г. у нематоды (круглого червя) как гены, участвующие в регуляции процессов развития, однако сразу не были оценены по достоинству. Но уже в 2001 г. молекулу микроРНК, по версии журнала Science, признали «молекулой года»*** (заметим, что в том же году мировой научной общественности был представлен черновой вариант расшифровки генома человека). Открытие нового класса молекул РНК привело к обнаружению «темной» части генома, мизерной по занимаемому месту (всего 0,001% генома), но зато играющей ведущую роль в процессах регуляции как в отдельной клетке, так и на уровне организма в целом.

*См.: Ф. Киселев. Новое в молекулярной диагностике рака. — Наука в России, 2008, № 1 (прим. ред.).

**Транскрипция — процесс копирования генетической информации с молекулы ДНК на РНК, в частности на информационную (или матричную) РНК (иРНК или мРНК), содержащую информацию о первичной структуре (аминокислотной последовательности) белков (прим. ред.).

***В 2008 г. Виктор Амброс, профессор генетики Гарвардского университета (США) Гэри Рувкун и профессор ботаники Кембриджского университета (Великобритания) Дэвид Болкомб за исследования микроРНК были удостоены престижной премии Альберта Ласкера в области биомедицинских наук (прим. ред.).

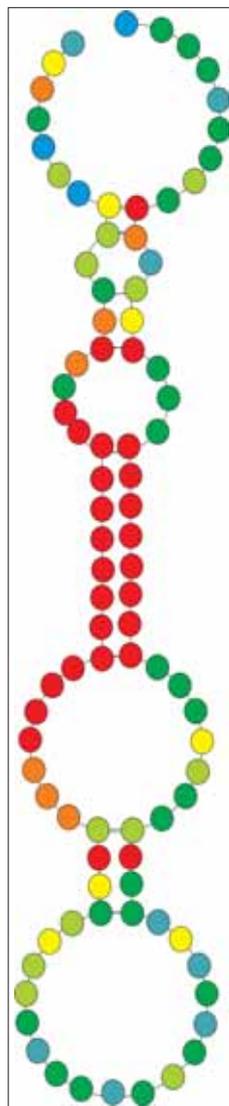


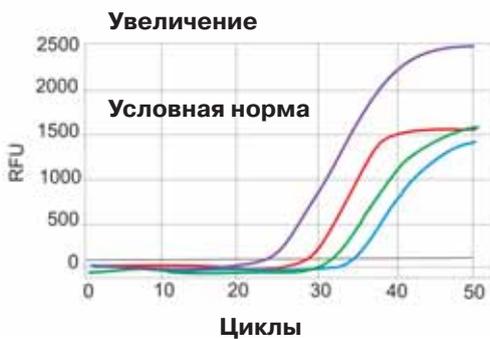
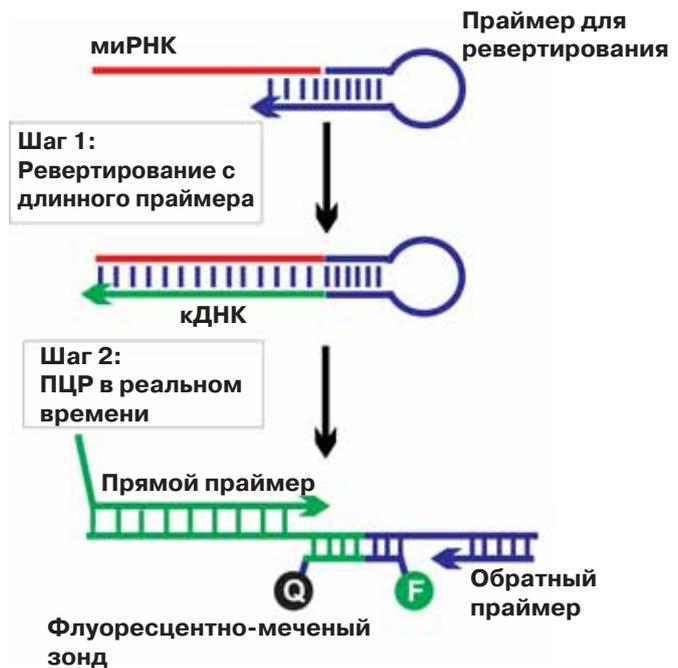
Схема миРНК-146, вовлеченной в регуляцию иммунной системы и воспалительных процессов. Разными цветами обозначена степень консервативности нуклеотидной последовательности, в частности, красным — наиболее консервативные нуклеотиды, т.е. сохраняющиеся неизменными на протяжении миллионов лет эволюции.

Схема детекции миРНК с помощью обратной транскрипции и полимеразной цепной реакции в реальном времени у одного пациента. RFU (Relative Fluorescent Unit) — относительные единицы флуоресценции; U6 — малая РНК, используемая как маркер, по отношению к ней определяют уровень исследуемых миРНК; ревертирование — химическая реакция построения обратной цепи ДНК по РНК; кДНК — комплементарная ДНК, синтезированная по мРНК.

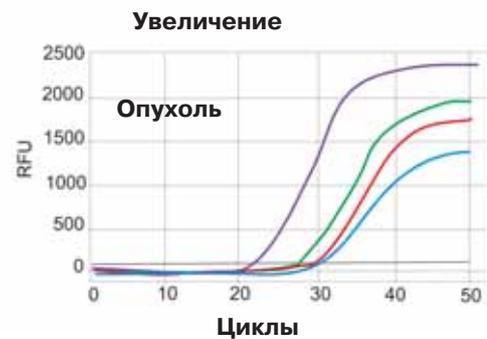
МиРНК служат «глобальными переключателями» генома, координированно контролируя множественные метаболические пути от момента зарождения организма. Как выяснилось, в одной клетке экспрессируются более 1000 миРНК. Многочисленные данные однозначно свидетельствуют о критической роли этих молекул в ключевых процессах эмбрионального развития, пролиферации и дифференцировки клеток, старения, иммунном и стрессовом ответах. Дальнейшие исследования показали: миРНК могут выполнять роль не только посттрансляционных негативных регуляторов, т.е. «выключателей» генной активности, но, возможно, и активаторов транскрипции и трансляции*.

Дерегуляция, т.е. сбои миРНК (по сравнению с нормой), наблюдается при различных заболеваниях, в том числе онкологических. Множество экспериментов свидетельствует в пользу того, что каждый

*Трансляция — процесс синтеза белка из аминокислот на матрице информационной (матричной) РНК (мРНК) (прим. ред.).

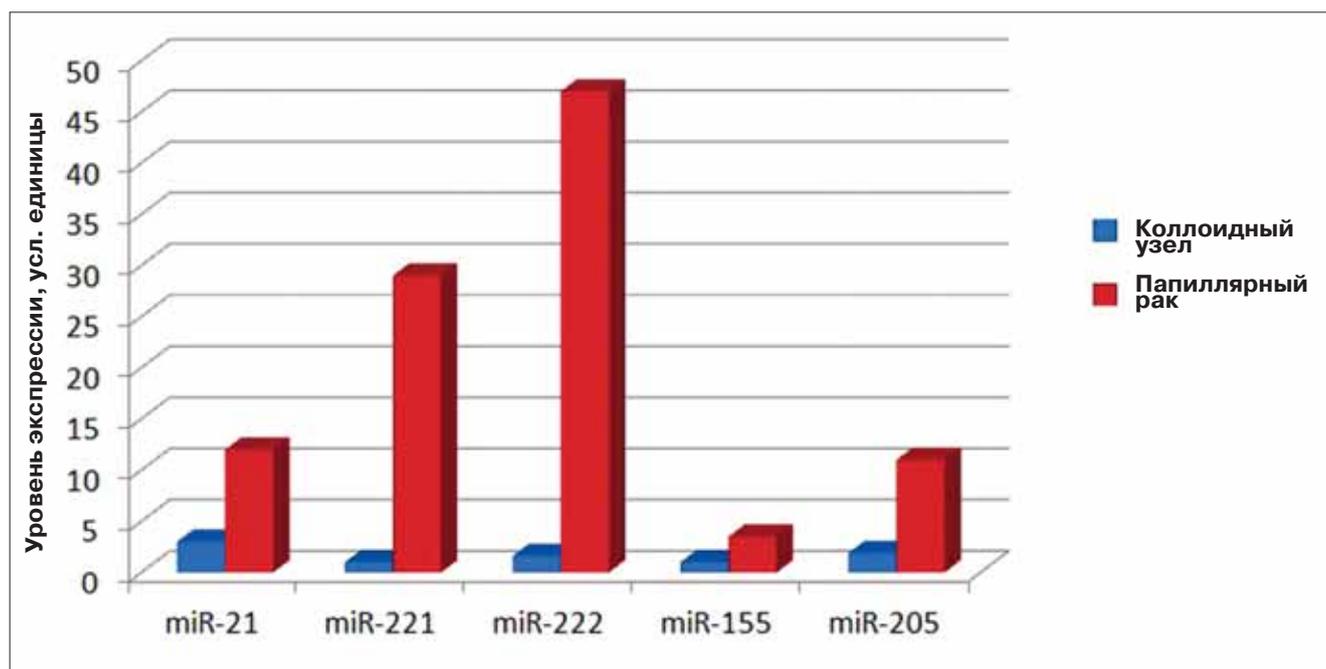


■ miR146
■ miR21
■ miR221
■ U6



тип опухолей характеризуется уникальным набором миРНК, своеобразным штрих-кодом, который можно выявить чувствительными методами, базирующимися на полимеразной цепной реакции (ПЦР). С другой стороны, показано: несмотря на то, что типов рака насчитывается около 250, существуют как «специфические», так и «общие» миРНК — дерегуляция последних зарегистрирована во всех типах злокачественных клеток. В настоящее время идентифицировано 84 таких «общих» молекул, относящихся к «онкомиру», вовлеченному в канцерогенез, а профили их экспрессии предположительно коррелируют с диагнозом, стадией, прогрессией опухоли или прогнозом развития различных раковых заболеваний. Кроме того, последние исследования показали, что микроРНК не только ассоциированы с различными типами опухолей, но могут сами выступать в роли онкогенов и супрессоров новообразований, т.е. быть первопричиной злокачественных превращений наряду с соматическими мутациями в генах.

Есть еще два фактора, делающих миРНК привлекательными для дальнейших исследований. Первый носит практический характер и связан со стабильностью миРНК (в отличие от мРНК), позволяющей выделять их не только из биообразцов (операционный материал, биологические жидкости), но и из фиксированных препаратов, что открывает широкие возможности для сравнительного анализа. Второй фактор связан с обнаружением циркулирующих в кровяном русле стабильных миРНК, находящихся в свободном состоянии, т.е. вне клетки. Более того, продемонстрировано, что раковые клетки высвобождают миРНК — их можно обнаружить в плазме или сыворотке крови в составе экзосом (внеклеточных структур, гетерогенных по составу веществ). Впрочем, роль циркулирующих в крови миРНК, выделяемых раковой клеткой, еще не выяснена до конца. Открыт и вопрос, являются ли такие молекулы продуктом распада после гибели злокачественных клеток или происходит активная секреция послед-



Сравнение уровней экспрессии миРНК при папиллярном раке и коллоидном узле щитовидной железы.

ними специфических миРНК в ходе межклеточной коммуникации? В поддержку второго предположения говорят результаты экспериментов, связанных с поиском методов ранней неинвазивной диагностики онкологических заболеваний на основе выявления в плазме или сыворотке крови специфических онкомикроРНК для определенных видов рака.

Таким образом, полученные к настоящему времени данные позволяют рассматривать миРНК в качестве идеальных биомаркеров (стабильность, тканеспецифичность, количественное измерение) для выявления разных злокачественных образований, прогноза их развития, эффективности терапевтического лечения, а также в качестве мишеней потенциального воздействия на опухолевые процессы. Правда, приходится констатировать, что экспериментальные работы по этому направлению достойно финансируются и интенсивно развиваются в основном за рубежом. В нашей стране они единичны как в учреждениях РАН, так и РАМН.

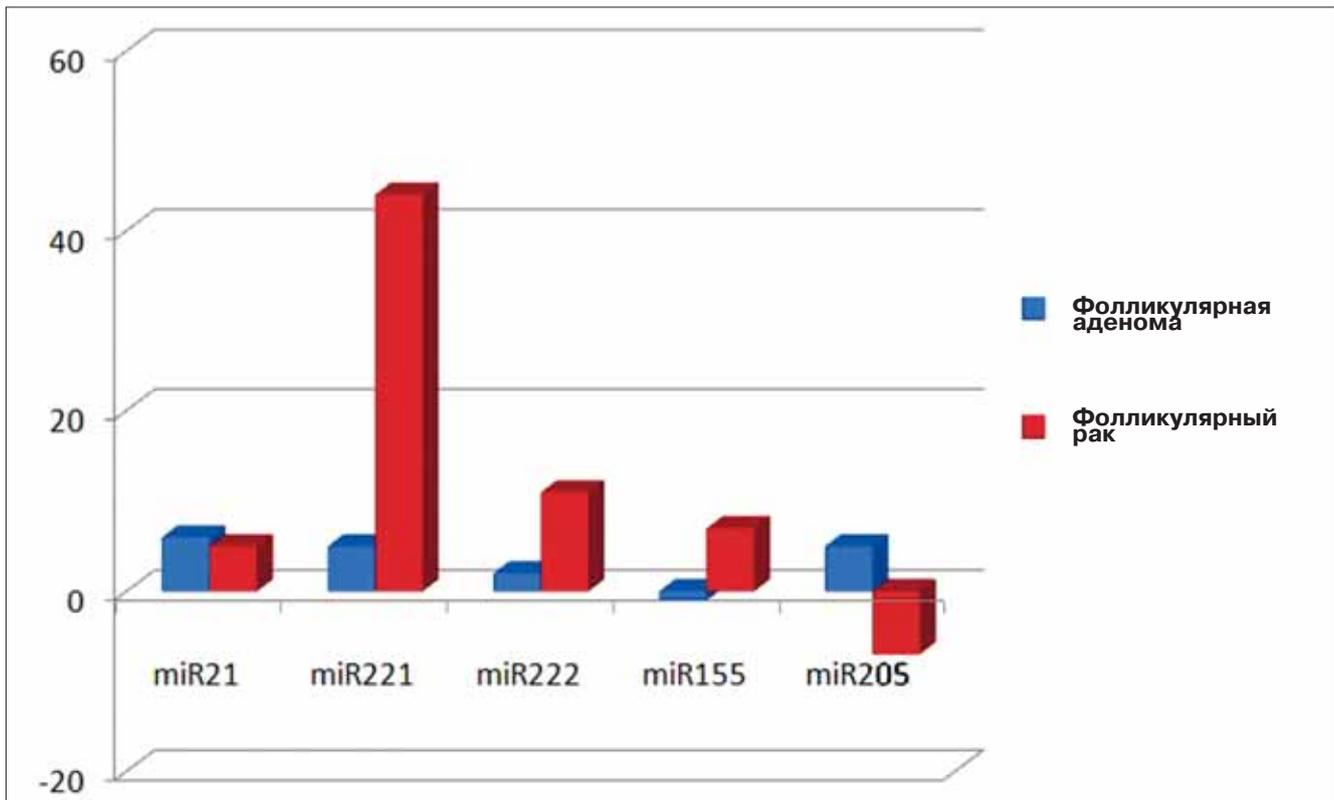
МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ

Выяснение роли микроРНК в канцерогенезе и разработка подходов к их использованию в качестве диагностических биомаркеров при онкологических заболеваниях человека — таковы направления исследований, развиваемых в настоящее время в Институте молекулярной и клеточной биологии СО РАН. Проводим их в тесном сотрудничестве с ЗАО «Вектор-Бест», медицинскими учреждениями Новосибирска и области (городская клиническая больница № 1, областной онкологический диспансер, клиника нейрохирургии Научно-исследовательского института травматологии и ортопедии Минздрава РФ) и

лабораторией молекулярных механизмов канцерогенеза, возглавляемой доктором биологических наук Людмилой Гуляевой (НИИ молекулярной биологии и биофизики СО РАН).

МиРНК выбрали для изучения на основе биоинформационного анализа многочисленных баз данных и литературных источников. Критерием являлось их участие и даже ведущая роль в процессах, характеризующих отличительные черты поведения раковых клеток, таких как избегание апоптоза (естественной смерти), неограниченная пролиферация (новообразование), инвазия и метастазирование, ангиогенез (образование новых кровеносных сосудов). Первоначально для анализа отобрали пять миРНК, дифференциально экспрессирующихся в разных типах опухолей: miR-21, -221, -222, -155, -205*. Позднее в анализ включили еще 15 онкогенных миРНК — их использовали для скрининга разных гистотипов опухолей щитовидной и молочной желез, головного мозга в ходе поиска биомаркеров. Операционный материал, сопровождаемый официальным заключением гистологического анализа, предоставила городская клиническая больница №1 Новосибирска. При этом соблюдались этические нормы законодательства РФ, в соответствии с которыми использование биологического материала в научных целях допускается на условиях анонимности с письменного согласия пациента. Опухолевые и нормальные ткани были получены от 180 пациентов с различными типами новообразований щитовидной железы: фолликулярные аденома и карцинома, папиллярная карцинома,

*В соответствии с правилами номенклатуры международных баз данных миРНК числом обозначается идентификатор типа миРНК в геноме человека или животного (*прим. ред.*).



Сравнение уровней экспрессии миРНК при фолликулярной аденоме и фолликулярном раке.

опухолеподобные поражения. В работе использовали количественный метод ПЦР-анализа, проводимого с помощью специального прибора — амплификатора CFX96 (Bio-Rad Laboratories, США). Важно подчеркнуть, что для выделения миРНК из операционного материала использовали отечественный набор реагентов «РеалБест экстракция 100» (ЗАО «Вектор-Бест», Новосибирск).

ВЫЯВЛЕНИЕ РАКА ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

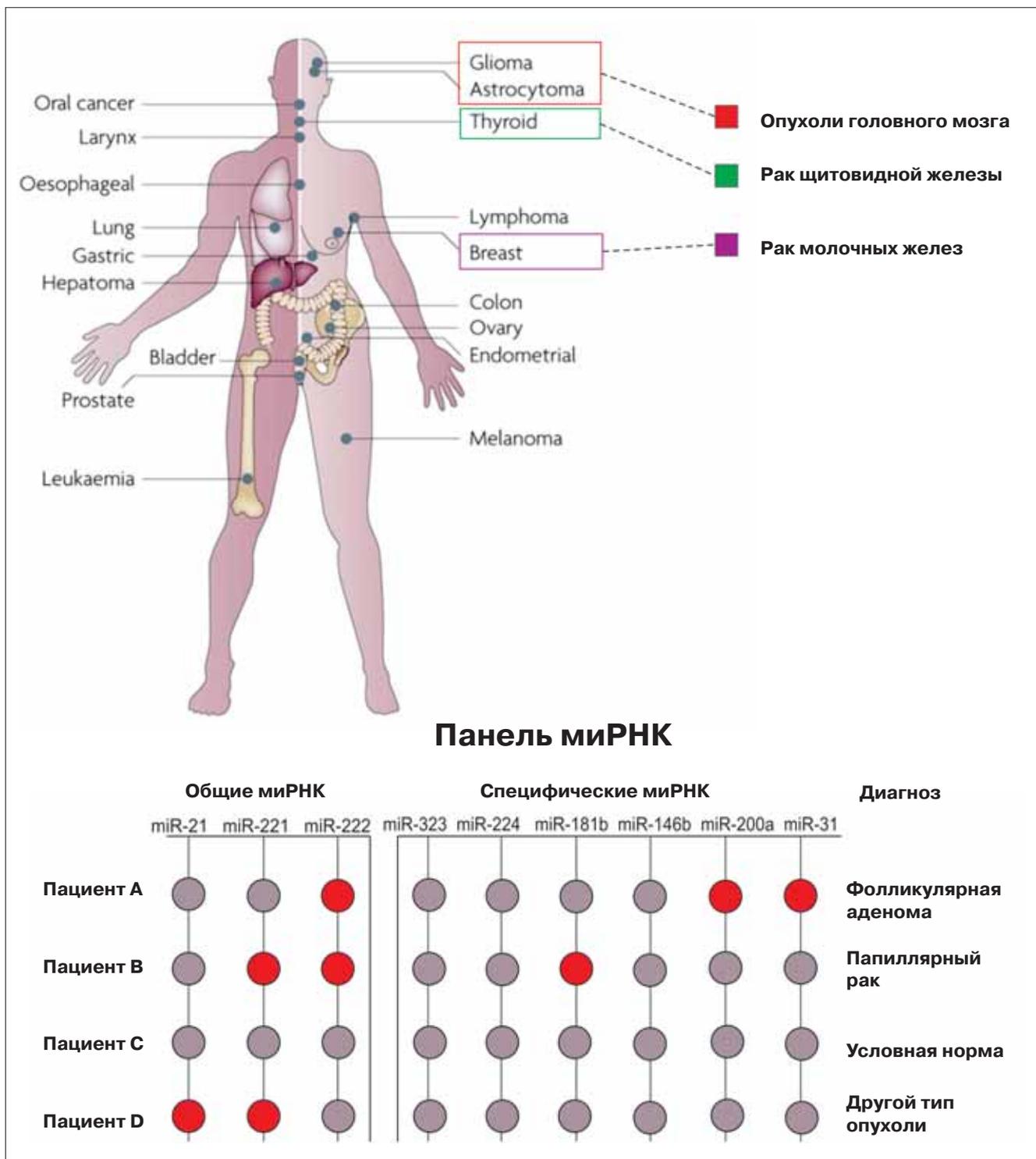
Щитовидная железа — самая крупная из эндокринных — синтезирует гормоны тироксин, трийодтиронин, тиреокальцитонин. Все они секретируются в кровь, поступая с ней в каждую ткань организма и регулируя обмен веществ, температуру тела, деятельность мозга, нервной системы, половых и молочных желез, сердца, мышц, других органов. Нарушение работы этой железы приводит к многочисленным заболеваниям миллионов людей, часто даже не подозревающих об истинной причине возникновения своих недугов.

Эпителиальные опухоли щитовидной железы подразделяются в первую очередь на доброкачественные и злокачественные. Среди последних наиболее распространен папиллярный рак (80% случаев рака щитовидной железы) — он встречается в любом возрасте, но у женщин втрое чаще, чем у мужчин. На фоне доброкачественной патологии — многоузлового

зоба, аутоиммунного тиреоидита и узелков — рак щитовидной железы возникает в большом числе (от 30 до 50%) случаев. Что соответственно ставит вопрос о дифференциальной диагностике этих образований от раковых патологий, в особенности при неопределенности цитологического анализа материала в 15–30% случаях биопсий. Остро встает также вопрос о необходимости и оправданности операционного лечения.

Нашей целью являлся поиск потенциальных биомаркеров опухолей щитовидной железы. Для этого предстояло решить несколько задач — отработать определение уровня экспрессии зрелой микроРНК с помощью ОТ-ПЦР (метод полимеразной цепной реакции с обратной транскрипцией) в реальном времени на операционном материале, сравнить экспрессию миРНК в различных патоморфологических типах чаще всего встречающихся опухолей щитовидной железы, различающихся по степени злокачественности. Наконец, разработать подходы к созданию диагностической панели, т.е. набора биомаркеров на основе микроРНК и отдельных соматических мутаций.

В итоге, во-первых, мы провели сравнительный анализ уровня экспрессии 12 онко- и туморсупрессорных (подавляющих разрастание ткани) миРНК в разных гистопатологических типах опухолей щитовидной железы человека — опухолеподобных поражениях, доброкачественных и злокачественных новообразованиях. Во-вторых, выявлены специфические профили миРНК, характерные для опухолеподобных



поражений, аденом, аутоиммунных заболеваний, сопровождающихся разрушением органов и тканей организма под действием собственной иммунной системы, папиллярной, фолликулярной, медуллярной карцином и анапластического рака щитовидной железы. Экспрессия миР-21, -221, -222 достоверно различается при доброкачественных узловых образова-

Применение миРНК в диагностике злокачественных опухолей и прогнозировании их развития. Красный цвет – опасность (выявлена дерегуляция миРНК), серый – изменения в пределах нормы.

ниях и карциномах по сравнению с условно нормальными прилежащими тканями. При раке характерно повышение уровня тех же миРНК (от 4 до 100 раз в сравнении с нормой) и прогностической миРНК — миР-1466. Незначительные изменения уровней этих миРНК отмечены в коллоидном узле. А при фолликулярных неоплазиях выявлен широкий диапазон соответствующих изменений. В-третьих, образцы были типированы на наличие соматической мутации в протонкогене *BRAF* V600E, в 45–60% случаев выявляемой (по литературным данным) при папиллярном раке щитовидной железы и не обнаруженной в фолликулярной карциноме и доброкачественных узелках этой железы.

На втором этапе мы провели статистический анализ полученных данных с целью разработки диагностического алгоритма, определения его точности, специфичности и чувствительности. Задача состояла в надежном определении двух групп: «рак» и «отсутствие рака». Что собственно и удалось показать. Так, группа образцов с карциномами достоверно отличается от случаев с опухолеподобными поражениями по уровню миР-21, -221, -222, а от образцов с аденомой — по уровню предыдущих трех, а еще миР-205, -222. Для всей группы фолликулярных аденом, как для опухолеподобных поражений, не выявлено мутаций по онкогену *BRAF*, тогда как для папиллярного рака щитовидной железы характерно наличие мутации в 81% случаев. Это свидетельствует о том, что мутация по указанному гену повышает вероятность отличия доброкачественных опухолей от злокачественных новообразований.

Далее для создания оптимизированного алгоритма, позволяющего дифференцировать по спектру миРНК группы «рак» и «отсутствие рака», мы провели сравнительный анализ полученных данных с помощью различных специальных программ. В итоге выявили специфические профили экспрессии миРНК, характерные для разных гистотипов опухолей, отличающихся также по наличию соматической мутации в онкогене *BRAF*. Благодаря разработанному алгоритму теперь можно с высокой точностью сказать: есть рак или он отсутствует. Но, разумеется, встает вопрос, а как результаты этих исследований реализовать в практической медицине, на уровне амбулатории? Задача нелегкая, но уже намечены подходы к созданию диагностической и прогностической панели на основе микроРНК.

РАК МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ И ОПУХОЛИ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Рак молочной железы — одна из превалирующих злокачественных опухолей у женщин, но фенотипически она отличается многообразием, патологические и молекулярные ее характеристики варьируют. Уточнить диагноз можно с помощью миРНК. Мы показали, что существует различие между их экспрессией при инфильтрирующем протоковом раке молочной железы и при фиброаденоме (доброкачественной опухоли), с учетом стадий развития болезни. Показано также, что миРНК могут быть использова-

ны в качестве контроля проводимой неoadъювантной (вспомогательной) терапии. Выявлен уникальный профиль экспрессии всего набора миРНК в зависимости от типа и интенсивности проводимого предоперационного лечения. В частности, наблюдаются различия показателей миРНК при лучевой и химиотерапии, а также при смешанных типах лечения.

И наконец, об исследованиях, связанных с опухолями головного мозга. Известно, что они представляют собой гетерогенную группу новообразований, различающихся между собой по клеточному составу, происхождению и подразделяющихся в первую очередь на доброкачественные и злокачественные. Наиболее распространенные — глиомы, менингиомы и невриномы — и составили предмет нашего сравнительного анализа. Операционный материал — опухолевые и нормальные ткани — был получен от 70 пациентов с различной гистопатологией.

Цель нашей работы заключалась в сравнительном анализе профилей экспрессии набора из семи миРНК в разных опухолях и нормальных тканях головного мозга, определении специфических характеристик панели миРНК для дифференцировки разных гистотипов, т.е. типов тканей. Нам удалось показать, что для анапластической астроцитомы характерно падение уровня миР-221, -222 в сравнении с условно нормальными тканями, тогда как в менингиомах изменение количества этих миРНК мало отличается от нормы. Наибольшие значимые изменения уровня как в сторону увеличения, так и падения выявлены для миР-155, -451 в зависимости от степени злокачественности, что может иметь прогностическое значение при развитии заболевания.

Таким образом, в ходе исследований выявлены специфические профили экспрессии миРНК, характерные для разных гистотипов опухолей и в зависимости от степени злокачественности. Намечены подходы к созданию диагностической и прогностической панели на основе миРНК, необходимость которой диктуется отсутствием скрининговых методов анализа, которые можно было бы внедрить и проводить на амбулаторном этапе. Это позволило бы вовремя провести лечебные мероприятия, будь то хирургическое лечение или адъювантная терапия, а также продлить жизнь пациента и в значительной мере повысить качество его жизни. Возможно, такой подход стал бы эволюционным толчком и в лечении рака.

Результаты нашей работы могут найти применение в следующих областях медицинской практики: прежде всего это ранняя диагностика, определение гистотипа опухоли, стадии ее развития, потенциала к метастазированию, а еще — контроль эффекта терапевтического воздействия (химио- и радиотерапия), прогноз выживаемости.

Иллюстрации предоставлены авторами

ПРОТОН ПРОТИВ РАКА

Протонные ускорители, разработанные в Физическом институте им. П.Н. Лебедева РАН (ФИАН), сообщило Агентство научной информации «ФИАН-информ», будут использоваться для лечения онкологических заболеваний в России, Словакии, США и других странах.

Как известно, в противоопухолевой терапии ведущую роль играют электронные ускорители, «бомбардирующие» новообразования пучками гамма-лучей. Но у данного способа есть существенный недостаток: вместе с больными клетками излучению подвергаются и окружающие здоровые. Минимизировать эту проблему могут ускорители другого типа — протонные, поскольку их пучки почти не оказывают отрицательного влияния на полноценные ткани.

Протонная терапия существует примерно 60 лет, однако из-за громоздкости и дороговизны установок она не приобрела массовый характер. В результате в современной высокотехнологичной медицине, использующей источники радиации для лечения рака, сохраняется монополия электронных установок, эффективность которых не превышает 50%. А разработанный в ФИАНе прибор, утверждает Агентство научной информации, может радикально изменить расклад сил в лучевой терапии.

Интерес к нему, по мнению руководителя работ — директора Физико-технического центра ФИАН, члена-корреспондента РАН Владимира Балакина, вызван двумя причинами. Во-первых, российский аппарат компактен (весит ~30 т, его можно разместить в одной комнате) и экономичен (потребляет в среднем в 7–10 раз меньше электроэнергии, чем

другие ускорители). И хотя стоит он чуть дороже электронного, однако работает существенно производительнее. Во-вторых, в новой разработке изменена технология облучения, при которой опухоль получает дозу больше, чем при сегодняшней радиотерапии, а здоровые ткани — меньше.

В принципе, акцентирует внимание «ФИАН-информ», нацеленность на пораженные клетки и бережное отношение к здоровым характеризуют все ускорители этого типа. «Протонное излучение хорошо тем, что идет сквозь тело, слегка «притормаживая» и облучая совсем незначительно, — пояснил Балакин. — И только в конце пробега оно приобретает большую разрушающую способность, достигая так называемого пика Брэгга (за открытие этого эффекта английский физик Уильям Генри Брэгг в 1915 г. получил Нобелевскую премию). В итоге протонные лучи бьют точно в цель». Российский же аппарат, отмечают наши специалисты, отличается тем, что при его функционировании соотношение дозы лучей в опухоли к здоровой ткани в несколько раз лучше, чем у его американских, японских и других конкурентов. Такого результата сотрудники ФИАН добились, проработав каждый элемент ускорителя и получив за этот труд свыше 30 патентов.

Важной составляющей успеха стал математический алгоритм, разработанный Балакиным. «Сегодня опухоль облучают с двух-трех сторон, — подчеркнул он. — Если облучать, скажем, с 30 направлений, то интенсивность пучка с каждого из них для получения той же дозы можно уменьшить в 10 раз, в результате здоровая ткань получит в 10 раз меньшую



Протонно-лучевая установка, созданная группой Владимира Балакина.

лучевую нагрузку!». Кроме того, данный алгоритм действует избирательно, выделяя «оптимальные» зоны, в которые можно точно направить излучение, не повреждая при этом здоровые ткани.

Первую установку, сообщила Агентство научной информации, отправленную в США и проходящую сейчас сертификацию в госпитале города Флинт (штат Мичиган), начнут использовать для лечения пациентов уже в этом году. Другие американские госпитали также проявили интерес к аппарату Балакина. Недавно состоялся тендер, объявленный одним из крупнейших медицинских центров США — Массачусетской больницей (Massachusetts General Hospital), расположенной в городе Бостон. Установка ФИАНа приняла участие в конкурсе, его официальные итоги в институте ожидают в ближайшее время.

Оценить заявленную эффективность и экономичность протонно-лучевого комплекса вскоре смогут и российские врачи. Смонтированный в подмосковном Протвине еще 4 года назад, он, наконец, перешел с этапа технической сертификации в стадию клинических испытаний. В середине мая стало известно: прибор из ФИАНа выиграл тендер на поставку в Медицинский радиологический научный центр РАМН (г. Обнинск Московской области). Несколько лет ждет сертификации установка, предназначенная для больницы Пущинского научного центра РАН (г. Пущино Московской области).

Отечественный аппарат, способный прецизионно нацеливаться на раковую опухоль и уничтожить ее, планируют внедрять и в Европе. Один из них, уточ-

няет «ФИАН-информ», уже установлен в Словакии и дожидается сертификации. Если при прохождении аттестации он докажет, что может работать по нормам Евросоюза, то будет участвовать в тендерах в других европейских странах. Сейчас там функционируют четыре установки на базе протонных ускорителей других производителей, не покрывающие, по словам Балакина, ежегодные потребности рынка даже на 1%.

Облучение протонами достигло впечатляющего прогресса при терапии многих видов рака, включая рак мозга, позвоночника и простаты. Если революционная технология, созданная в ФИАНе, получит свое развитие, этот высокотехнологичный метод, родившийся на стыке ядерной физики и медицины, может прийти буквально в каждую больницу, сделав лечение онкозаболеваний по-настоящему доступным.

Овчинникова О. Зарубежные госпитали оборудуют российскими протонно-лучевыми установками. — «ФИАН-информ», 29 мая 2013 г.

Фото с сайта ФИАНа

Материал подготовила Марина МАЛЫГИНА

АСПЕКТЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАСТЕНИЙ И ПТИЦ НА БЕРЕГАХ ОХОТСКОГО МОРЯ

Кандидат биологических наук Ольга МОЧАЛОВА,
ведущий научный сотрудник лаборатории ботаники
Института биологических проблем Севера ДВО РАН (г. Магадан);
кандидат биологических наук Мария ХОРЕВА,
ученый секретарь того же института

Как известно, на маленьких островах Северной Охотии морские птицы образуют огромные скопления, изменяя на них ландшафт и создавая особенную растительность в местах своего гнездования. В зависимости от интенсивности орнитогенной нагрузки ученые выявили различное соотношение между продуктивностью данных сообществ и их видовым богатством. Обычно специалисты наблюдают здесь обеднение флоры.

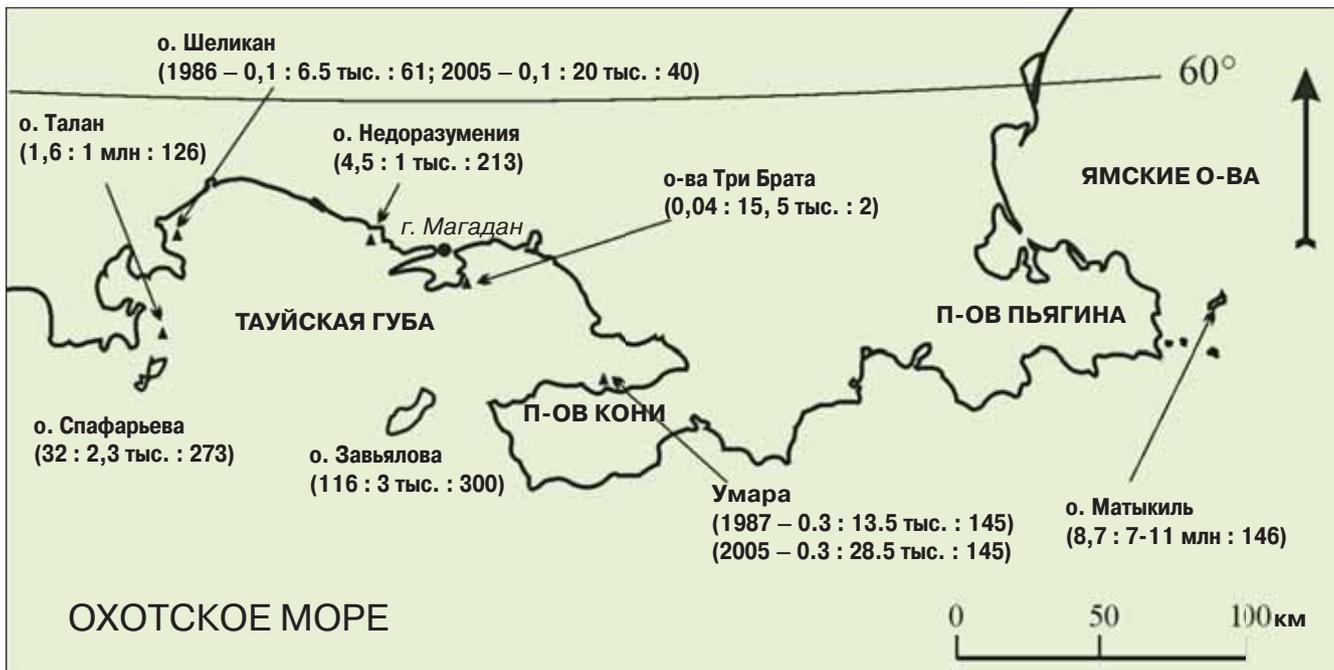
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

В настоящий момент наибольший интерес представляют злаковые кочкарники из многолетнего длиннокорневищного вейника Лангсдорфа. Об этом еще в 2009 г. мы подробно рассказали в «Сибирском экологическом журнале».

Влияние морских колониальных птиц на растительность в местах их многолетнего или многовекового гнездования неоднократно отмечалось в соответствующей литературе, но специальных публикаций на данную тему в России немного. И только на

островах Белого и Баренцева морей их взаимодействие стало объектом пристального изучения. В результате было установлено (И.П. Бреслина. Растения и водоплавающие птицы морских островов Кольской Субарктики. Л., 1987, 200 с.): здесь возникает особая растительность, по видовому составу, распределению и продуктивности отличающаяся от зональной, свойственной тем или иным экотопам (т.е. условиям абиотической среды).

Скопления птиц оказывают основополагающее влияние на структуру и функционирование остров-



Острова Северной Охотии.

В скобках — площадь (км²), общая численность морских колониальных птиц, число видов сосудистых растений.

ной биогеосистемы в целом. Весьма кратковременное (только в гнездовой период), но существующее в течение столетий воздействие птичьего базара приводит к изменению верхней части литогенной (производной горных пород) основы, формированию своеобразных почв и растительности, аномальному химическому составу поверхностных и прибрежных вод. Большинство из указанных выше аспектов воздействия до сих пор, повторяем, почти не изучено.

НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ

Наши изначально сугубо флористические исследования в Северной Охотии выявили яркую тенденцию обеднения флоры там, где присутствуют большие колонии птиц. К примеру, при сравнительном анализе видового богатства сосудистых растений на разных островах Тауйской губы и Ямского архипелага отмечено: на островах Талан, Шеликан и Матыкиль произрастает заметно меньшее число видов, чем можно было бы предположить, исходя из их площадей.

В свою очередь, на Командорских островах (особенно на двух самых маленьких из них — Арий Камень и Топорков) видовой состав растений тоже однообразный и скудный. А на острове Шеликан ситуация по-своему вообще уникальная и критическая одновременно: тут буквально на глазах из-за роста численности тихоокеанской чайки (*Larus schistisagus Stejneger*) теряется разнообразие видов сосудистых растений.

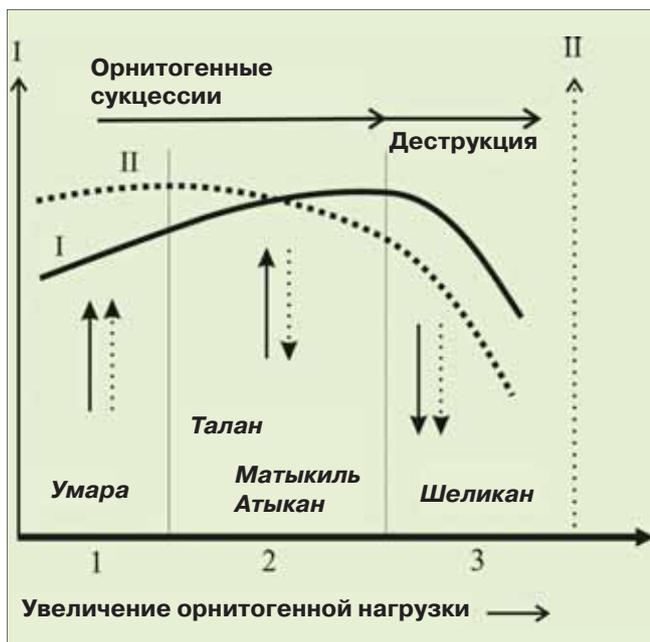
В настоящее время нет общепринятых методик для изучения взаимодействия морских птиц и растительности, поэтому мы применяли разнообразные флористические и геоботанические методы, «приспосо-

бленные» к условиям гнездовых колоний. А для различных типов гнездовых поселений и близлежащих приморских склонов делали отдельные флористические списки. Описание растительности проводили по стандартным методикам с указанием проективного покрытия, состава и жизненного состояния видов на пробных площадях и профилях. В итоге для тех же целей на участках, плотно заселенных птицами, воспользовались площадками 1x1 м², которые расположили по трансекте от центра к периферии колонии (применение классических площадок 10x10 м² оказалось невозможно из-за высокой мозаичности и малой площади орнитогенных сообществ, располагающихся узкими полосами или пятнами по кромкам обрывов и трещинам скал). Продуктивность растительности определяли методом укусов с площадок 25x25 и 50x50 см².

ВОЗДЕЙСТВИЕ ПТИЦ НА РАСТЕНИЯ ОСТРОВОВ

В различных регионах влияние птиц на разнообразие растительного мира проявляется по-разному. Причем в более теплых регионах выпадение отдельных видов растений под влиянием колоний чаек происходит с привнесением целого ряда новых — чаще сорных, однолетних. Это отмечено для мелких островков Средиземноморья, острова Орлова в Черном море и др. В некоторых трудах речь идет о наличии многотысячных птичьих базаров как о факторе обогащения флоры, например, на острове Фурульгейма в Японском море.

Кроме того, многие специалисты подчеркивают роль морских колониальных птиц в изначальном формиро-



вании растительного покрова на островах Кольской Субарктики. Это связано с тектоническим поднятием суши на Белом море и появлением новых мельчайших островков, где поселяются птицы, приносящие с гнездовым материалом зачатки растений.

Острова же Северной Охотии по своему происхождению — шельфовые, отделившиеся от материка в конце плейстоцена — начале голоцена*, т.е. формирование их флоры шло не «с нуля», как у океанических островов или мелких островков Белого моря, а имеет свой более ранний, «доостровной» период. Скорее всего, там произошла потеря видового разнообразия, последовавшая за их отделением от материка. В дальнейшем этому процессу активно способствовали колонии птиц, а вот «возврат» растений на сами острова оказался затруднительным. Так, адвентивные (заносные) виды мы обнаружили только в местах гнездования тихоокеанской чайки, полифага, посещающего мусорные места (острова Умара и Шеликан). Другие колониальные птицы (планктоно- и икhtiофаги**) не приносят сюда ничего нового.

Между тем Северная Пацифика*** (северная часть Тихого океана, обладающая одним из самых больших в мире запасов биоресурсов), выделяется как район повышенной концентрации морских птиц на глобальном уровне. Поэтому роль последних тут проявляется явно в составе и видовом богатстве флоры островов. Лишь один из них с колониями птиц — остров Умара — пока является примером максимального разнообразия на минимальной площади.

*Плейстоцен — эпоха четвертичного периода, начавшаяся 2,58 млн лет назад и закончившаяся 11,7 тыс. лет назад (прим. ред.).

**Полифаги — многоядные; планктонофаги — питаются планктоном; икhtiофаги — рыбой (прим. ред.).

***См.: А. Иванов. Ямские острова — феномен природы Северной Пацифики. — Наука в России, 2007, № 2 (прим. ред.).

Схема соотношения орнитогенная нагрузка — продуктивность фитоценозов — видовое богатство на островах Северной Охотии: I — продуктивность, II — видовое богатство; градации по силе воздействия: 1 — умеренное, 2 — сильное, 3 — разрушительное.

СОСТАВ РАСТЕНИЙ

Птицы изменяют условия обитания растений. При этом основной действующий фактор — дополнительный привнос элементов минерального питания, в первую очередь азота и фосфора, т.е. обогащение, а также засоление субстрата. Некоторые виды, скажем, вересковые кустарнички, обычные в зональных сообществах на островах и побережье, негативно реагируют на такое воздействие и быстро исчезают с гнездовых колоний. Другие же, нитрофильные и галофильные (орнитофильные), как правило, пышно разрастаются и в результате аллогенных (орнитогенных) сукцессий образуют соответствующие сообщества.

Впрочем, состав последних бывает скудным — на исследуемых нами островах типичен луг из вейника Лангсдорфа (*Calamagrostis langsdorffii*) с минимальным участием сопутствующих видов. Перечень же других видов, формирующих в тех или иных сочетаниях сообщества, не столь большой — это дудник Гмелина (*Angelica gmelinii*), колосняк мягкий (*Leymus mollis*), польнь белолистная (*Artemisia leucophylla*), крапива узколистная (*Urtica angustifolia*), лапчатка земляничковидная (*Potentilla fragiformis*), морощка (*Rubus chamaemorus*), лигустикум шведский (*Ligusticum scoticum*), щитовник расширенный (*Dryopteris expansa*), дерен шведский (*Chamaepericlymenum suecicum*) и др.

Кстати, один и тот же вид при разном уровне нагрузки может проявлять себя как орнитофильный или орнитофобный. Например, морощка прекрасно плодоносит на вершинном плато острова Талан (крупнейшая колония морских птиц в Тауйской губе), а на его северном склоне она образует заросли, но почти не дает плодов. На острове Шеликан в 1986 г. специалисты отметили интенсивное разрастание морощки вокруг брошенных гнезд чаек, ныне же она тут почти не встречается. Дерен шведский на островах Талан и Матыкиль проявляет орнитофильные свойства, на Шеликане же давно исчез. Вейник Лангсдорфа сперва мощно развивается, образуя своеобразную торфянистую почву иногда прямо на материнской горной породе, однако затем при значительном увеличении «пресса» сдает «позиции», оставляя толстый слой сыпучей ветоши, размываемой дождями и уносимой ветром. То есть продуктивность растительных сообществ или прирост фитомассы на единицу площади также зависит от интенсивности действия «пресса».

Для оценки мы предложили схему соотношения «орнитогенная нагрузка — продуктивность фитоценозов — видовое богатство» на островах Северной Охотии. И доказали: по воздействию указанного фактора на растительный покров данной местности можно выявить несколько градаций. При умеренном — это определенное повышение продуктивности и

Остров Шеликан:
«захват» каменноберезняка чайками
особенно заметен на южном склоне.



Вейниковые кочкарники
на острове Маткиль занимают
значительные площади.

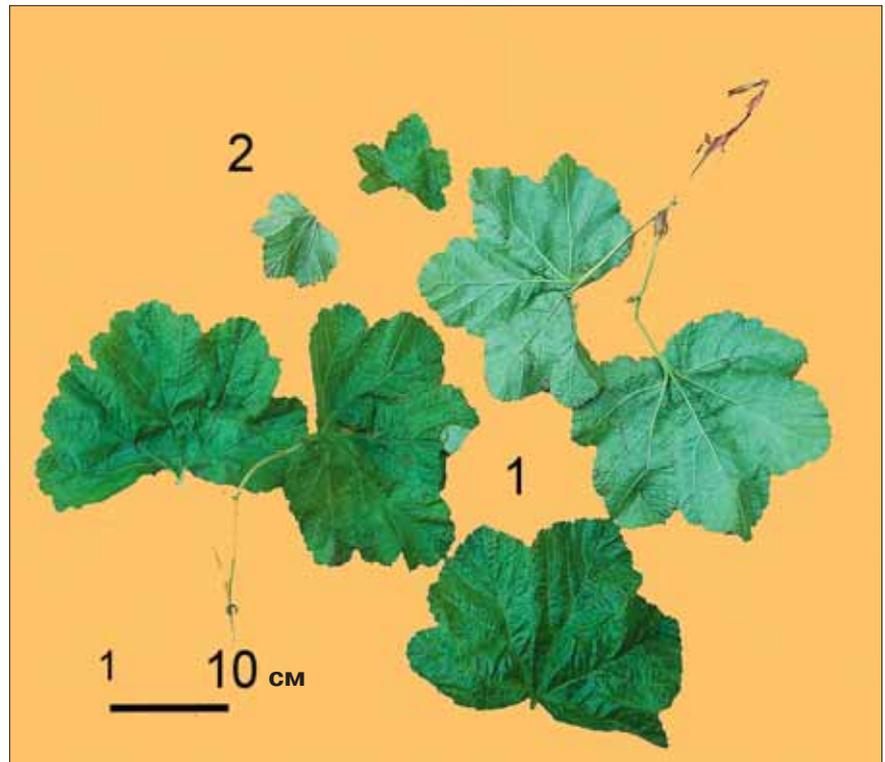
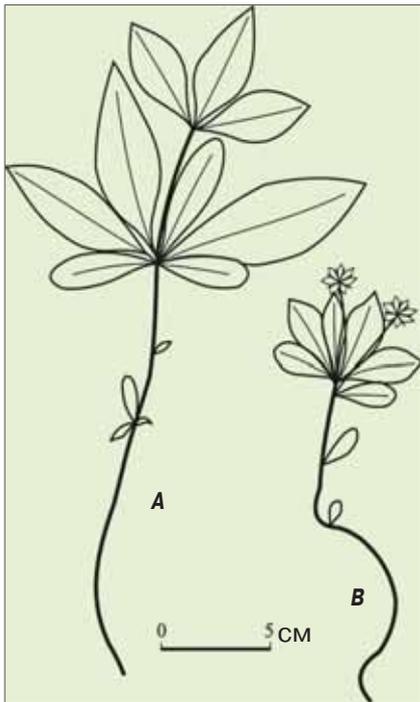
видового богатства исходных фитоценозов (остров Умара); при сильном — формирование уникальных сообществ и почв (Ямские острова и остров Талан). При этом их продуктивность растет, а видовое разнообразие уменьшается. Увеличение же численности птиц вызывает катастрофическое разрушение растительного покрова (остров Шеликан).

РАВНОВЕСИЕ? КРИЗИС?

Система «морские колониальные птицы — растения» может достигнуть равновесия как при умеренной, так и чрезмерной интенсивности воздействия птиц на растения, если численность последних из

года в год несильно колеблется. В случае же исчезновения птичьего базара система будет сама стремиться к новому состоянию равновесия. А резкое увеличение численности приводит к нарушению равновесия и может вызвать кризис, как это происходит сейчас на острове Шеликан. Более того, сокращения гнездовых колоний тут ныне не происходит, что определенно свидетельствует об экологическом благополучии прилегающих морских акваторий.

В отношении стабильности или нестабильности на изучаемых нами островах прослеживаются два основных варианта взаимодействия птиц и растительного покрова. Первый — относительно стабильные, дли-



Листья морошки с острова Маткиль, произрастающей рядом с колонией птиц (1) и в кустарничковой тундре на вершинном плато (2).

Биоморфологические изменения седмичника арктического на острове Шеликан:

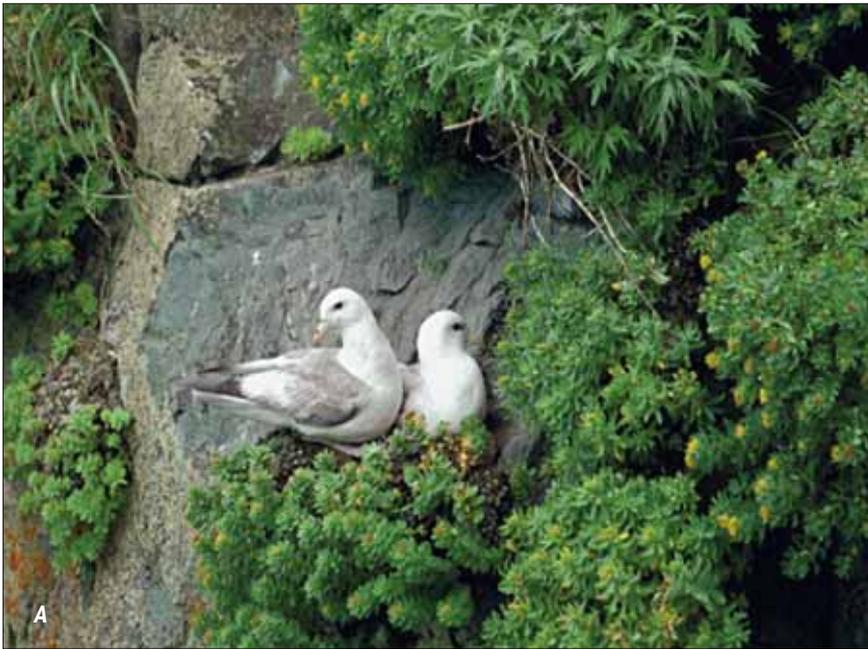
A — растение с дополнительной мутовкой вместо цветка собрано в 1997 г. вблизи птичьей тропы;
B — нормально развитое растение, собрано на острове в 1986 г.

тельно существующие, «равновесные» орнитогенные комплексы. В качестве примера здесь можно рассматривать экосистемы островов Талан и Маткиль, где гнездовые колонии птиц существуют, вероятно, уже несколько тысяч лет. Дополнительный привнос сюда элементов минерального питания — такой же прямодействующий и относительно стабильный экологический фактор, как свет, тепло или атмосферные осадки. Именно поэтому в прошлом тут происходила потеря некоторых видов растений, а затем состав сообществ и всей флоры в целом стабилизировался.

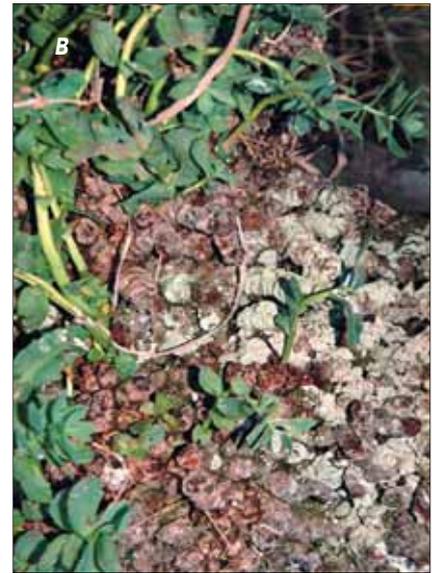
Как равновесные орнитогенные комплексы можно рассматривать и большинство колоний на материковом побережье. Плотность гнездования птиц тут ниже, чем на островах, и, как следствие, сохраняется естественный растительный покров. Вместе с тем тут наблюдается обилие нескольких орнитофильных видов, таких как дудник Гмелина, полынь белolistная, колосняк мягкий и др.

Второй вариант — неустойчивые комплексы с нарушенным равновесием в системе «птицы — растения» в стадии резкого увеличения численности пернатых. Подчеркнем, в результате на острове Шеликан гибнут деревья и кустарники, происходит формирование травянистой растительности, а на наиболее нарушенных участках — полная деградация растительного покрова и почв. При этом птицы способствуют появлению новых мест, удобных для гнездования, и эта трансформация среды обитания способствует дальнейшему росту колонии. Наверное, данный процесс может продолжаться до тех пор, пока полностью не исчезнут участки лиственничного и каменноберезового леса.

В итоге же может сложиться стабильный покров с крайне деградированным растительным покровом и огромной гнездовой колонией как на островах Три Брата в Тауйской губе (где осталось всего два вида сосудистых растений), на острове Арий Камень на Командорах (5 видов) и на острове Ионы в централь-



А — родиола розовая и глупыш на скалах острова Матыкиль;
В — фрагмент каудекса родиолы со слабыми побегами
 на месте прошлогоднего гнезда.



ной части Охотского моря (2 вида). Однако нельзя забывать о периодических колебаниях численности колоний и даже возможном их коллапсе из-за превышения необходимого для птиц кормового ресурса, эпидемии, появления хищников и т.п. с последующим восстановлением растительного покрова.

Недавно были замечены признаки нестабильного состояния и на острове Умара. Здесь рост численности чаек на местах проявляется в самом облике растительности — в изменении численности и жизненного состояния ряда видов растений, но пока не отражается на их видовом составе. Хотя, вероятно, в ближайшее десятилетие тут будут обнаружены первые потери наиболее уязвимых видов сосудистых растений.

Отметим, что проведенные учеными Людмилой Абрамовой и Алексеем Шипуновым с промежутком в четыре десятилетия исследования на островах Кемь-Лудского архипелага в Белом море выявили: роль птиц заключается не столько в изменении состава флоры, сколько в поддержании ее стабильности. А одним из вариантов достижения равновесия в орнитогенной экосистеме является адаптация растений к специфическим условиям птичьих базаров путем изменения их внешнего облика.

БИОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ АДАПТАЦИИ

Речь идет об ответной реакции орнитофильных растений, дающей им возможность существовать в экстремальных для большинства других видов условиях гнездовых колоний птиц. Постоянная органическая

подкормка (в виде экскрементов, погадок* из непереваренных остатков пищи, выпавших при линьке перьев, скорлупы, а также трупов птенцов) у большинства видов растений, произрастающих тут, ведет к активному развитию вегетативных органов, в некоторых случаях даже за счет генеративной сферы. Так, у седмичника (*Trientalis arctica*) на острове Шеликан регулярно наблюдают (сборы 1997, 2002 и 2005 гг.) образование дополнительных мутовок листьев на месте цветка. А на островах Талан и Матыкиль листья у морошки, произрастающей по периферии колоний и по местам стока обогащенных органикой вод, имеют в 2–3 раза большие размеры по сравнению с аналогами на тундровых участках.

У большинства же видов сосудистых растений выявлено еще и аномальное ветвление, усиленное образование побегов, а также значительное разрастание корневищ и каудекса**. Наиболее ярко это проявилось на Ямских островах, где на скалах пышно разрослись «подушки» родиолы розовой (*Rhodiola rosea*), часто используемые глупышами для устройства гнезд. Иногда разрастание корневищ происходит у арктоцветника (*Arctanthemum arcticum*) и лапчатки (*Potentilla fragiformis*).

*Погадки — спрессованные непереваренные остатки пищи животного происхождения, например кости, шерсть, перья, хитин насекомых и т.п. (прим. ред.).

**Каудекс внешне весьма схож с коротким корневищем. Это утолщенное подземное или отчасти надземное образование, лишенное листьев, формирующееся из коротких оснований побегов (прим. ред.).



А — вейниковые кочки на острове Шеликан;
В — фрагмент переплетения побегов
в вейниковой кочке.

Но больше всего привлекают внимание «злаковые кочки», формирующие на островах растительность орнитогенного происхождения («злаковые кочкарники»). На плотных колониях тихоокеанских чаек и топорков (*Lunda cirrata*) крупные кочки появляются у вейника Лангсдорфа, реже — у колосняка мягкого.

Период, необходимый для их формирования, точно не известен: по предварительным данным он составляет более 10–20 лет. В условиях многолетней и относительно стабильной нагрузки кочкарники могут существовать весьма длительное время.

К примеру, на Айновых островах в Баренцевом море описан уникальный колосняковый кочкарник (из *Leymus arenarius*), появившийся в результате многолетнего гнездования серебристых чаек (*Larus argentatus*) в одном и том же гнезде. На Командорских островах, в первую очередь на острове Топорков, распространены мятликовые кочкарники (*Poa tatewakiana*) в смешанных колониях серокрылых чаек (*Larus glaucescens*) и топорков. «Мятликовые кочки» высотой около 0,5 м и такого же диаметра чередуются с участками, где мятлик имеет обычное строение. Кстати, в Северном Охотоморье, как и на Командорах, никогда не отмечали гнездования чаек внутри «злаковой кочки». Их, как и чрезмерные разрастания каудекса у родиолы розовой, можно рассматривать как орнитогенные экобиоморфы (типичные адаптационные организменные системы, существующие в

определенных условиях среды). Кстати, последние на изученных островах не связаны с кормовым поведением птиц — они определены в основном избыточным привносом биогенов. В прямой контакт с растениями вступают чайки, специально выдергивающие и общипывающие их, собирающие гнездовой материал или демонстрирующие агрессивность при охране гнездового участка, а также топорки, повреждающие и вытаптывающие растения возле своих нор.

В заключение отметим: на островах Северной Охотии можно встретить все формы воздействия морских птиц на растительный покров. И в зависимости от степени нагрузки оно может проявляться по-разному. Во-первых, как фактор отбора устойчивых видов и форм (формируются особые орнитогенные сообщества и экобиоморфы растений). Во-вторых, как фактор деструкции, катастрофически разрушающий растительный покров (при избыточной нагрузке). В-третьих, как средообразующий (при более или менее стабильной и высокой численности птиц в течение длительного периода — сотни, тысячи лет). В последнем случае имеет место равновесие между орнитогенной нагрузкой, видовым богатством и продуктивностью растительных сообществ.

Иллюстрации предоставлены авторами

МОЩНЫЙ ИНСТРУМЕНТ В РУКАХ ФТИЗИАТРОВ

Марина МАЛЫГИНА, журналист

Иркутская компания «Фармасинтез», входящая в десятку ведущих фармацевтических предприятий России, с декабря 2012 г. начала серийный выпуск инновационного препарата «Перхлозон», способного, по оценкам отечественных и зарубежных фтизиатров, совершить прорыв в лечении туберкулеза.

На сегодняшний день это единственное в мире лекарственное средство, подавляющее устойчивые к широко распространенному инфекционному заболеванию штаммы, что открывает новые возможности для врачей и дает шанс на выздоровление пациентам, страдающим тяжелыми формами проявления болезни.

Первые партии противотуберкулезного препарата уже поступили в больницы страны. В этом году будет налажено его промышленное производство в объеме, обеспечивающем полную потребность лечебных учреждений соответствующего профиля.

История создания «Перхлозона» (производное от химической формулы «перхлорат тиосемикарбазон») — убедительный пример плодотворного сотрудничества отечественных ученых и представителей высокотехнологичного бизнеса. А началась она в 1980-х годах в Иркутском институте

химии им. А.Е. Фаворского СО АН СССР, специалисты которого с первых дней основания (1957 г.) помимо фундаментальных исследований занимались прикладными разработками, в том числе созданием лекарств. Возможно, интерес сибиряков к фармацевтике связан с тем, что первым директором ин-



Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН.

ститута был член-корреспондент АН СССР Михаил Шостаковский — создатель знаменитого антисептического бальзама «Винилин» (он до сих пор остается на вооружении врачей и проходит испытания на внедрение его в качестве компонента в различные составы косметической и медицинской продукции). За более чем полувековую историю последователи Шостаковского получили свыше 1700 патентов и авторских свидетельств на изобретение лекарственных веществ, 8 препаратов сумели уже выпустить.

«Перхлозон» среди них занимает особое место. Он направлен на лечение туберкулеза (заболевания, вызываемого, как правило, *Mycobacterium tuberculosis*, — микробактерией, открытой в 1882 г. немецким врачом, лауреатом Нобелевской премии 1905 г. Робертом Кохом), до сих пор остающегося одной из главных инфекционных причин смерти. Около 1,7 млн человек во всем мире поражены возбудителем неистребимого недуга. Свыше 9 млн ежегодно заболевают его активными формами, более 3 млн погибают. К счастью, по данным Всемирной организации здравоохранения, уровень смертности в мире от этого коварного заболевания начиная с 1990 г. стал снижаться. Однако улучшение статистики происходит за счет развитых и богатых государств: в США и странах Евросоюза ежегодно «подхватывают» инфекцию 3–7 человек на 100 тыс. населения, в то время как в России — 82. Это объясняется низким уровнем охвата наших жителей профилактическими осмотрами, отсутствием социальной поддержки больных, значительным износом

материально-технической базы противотуберкулезных учреждений, дефицитом квалифицированных врачебных кадров. Россия находится на тринадцатом месте после Мьянмы и Вьетнама в мировом «рейтинге» по распространенности инфекции. Согласно статистике Роспотребнадзора в стране ежегодно регистрируют около 117–120 тыс. человек, заболевших туберкулезом. 10% впервые заразившихся имеют лекарственно устойчивые формы. Причем наиболее неблагоприятная ситуация — в Дальневосточном регионе и Сибирском федеральном округе.

Иркутская область здесь не исключение. По данным областного министерства здравоохранения, скорость инфицирования микобактериями туберкулеза в регионе превышает среднероссийскую примерно в 2 раза. Каждый год здесь регистрируют от 3 до 3,5 тыс. носителей палочки Коха, около тысячи человек погибают, причем подавляющее большинство — трудоспособное население. Однако нельзя сбрасывать со счетов тот факт, что в области находятся исправительные учреждения, а это благодатная почва для развития инфекции.

Борьба с заболеванием осложняется тем, что *Mycobacterium tuberculosis* в процессе эволюции вырабатывает механизмы защиты против некогда эффективных медикаментов. Не случайно среди фтизиатров широкое распространение получил термин «туберкулез с множественной лекарственной устойчивостью». Именно резистентность (устойчивость организма к одному препарату) стала одним из основных фак-

торов, ограничивающих лечение от «белой чумы». Выход один — разрабатывать и внедрять инновационные методы спасения больных.

Многие лаборатории мира уже лет 40 работают в этом направлении, регистрируя огромное количество веществ, обладающих противотуберкулезной активностью. Однако создаваемые на основе старых приемов, они уничтожали только лабораторную микобактерию и становились совершенно бессильными против устойчивой, живущей в человеческом организме. Надо признать, прогнозы были неутешительными пока не появился «Перхлозон».

Препарат пробивал дорогу к пациенту свыше 25 лет — столько времени прошло с тех пор, как иркутские химики вывели молекулярную формулу нового вещества, трансформировавшегося затем в лекарство. В начале 1980-х годов, работая в тесной кооперации с Ленинградским НИИ туберкулеза (ныне Санкт-Петербургский НИИ фтизиопульмонологии), сибиряки создали более 100 прошедших скрининг (отбор, сортировку) соединений, причем на часть из них получили авторские свидетельства и патенты.

«Прародительницу» «Перхлозона» — субстанцию, оказавшуюся наименее токсичной для человека и наиболее агрессивной в отношении туберкулеза, — синтезировали в 1986 г. в лаборатории доктора химических наук Галины Скворцовой. Затем в течение двух-трех лет ее изучали под руководством кандидата химических наук Геннадия Долгушина и доктора химических наук Светланы Амосовой и только в 1989 г. получили на нее авторское свидетельство.

В 1990 г. в НИИ фтизиопульмонологии в рамках программы РАН «Фундаментальные науки — медицине» стартовали доклинические испытания «Перхлозона» на мышах и крысах. Однако наступившие памятные для страны времена с резким падением финансирования научно-технического комплекса затянули эту стадию на долгие годы. Причем о дальнейшем продвижении препарата — проверке в условиях клиники — не приходилось и мечтать. «Путь создания лекарства очень долгий — из сотни активных молекул, которые получает химик у себя в колбочках, только одна-две имеют шанс дойти до аптеки», — признался в интервью местной газете заместитель директора по научной работе Иркутского института химии им. А.Е. Фаворского доктор химических наук Валерий Станкевич. На этот процесс, по его словам, уходит минимум 7–10 лет и от 300 млн до 1 млрд дол.

Возможно, уникальное изобретение сибиряков постигла бы та же участь, что и другие инновационные разработки многих отечественных НИИ, так и оставшиеся лежать в недрах лабораторий, если бы не события 2004 г. «В том году, — вспоминали директор Иркутского института химии им. А.Е. Фаворского академик Борис Трофимов и его заместитель доктор химических наук Андрей Иванов, сделавшие в мар-

те 2013 г. на заседании президиума Иркутского научного центра СО РАН доклад на эту тему, — в рамках празднования Дней науки в Сибэкспоцентре проходила выставка под названием «Инновации: экономика, социальная сфера, наука и образование». Наш институт представлял свои разработки, в том числе и «Перхлозон». Им заинтересовалась тогда молодая фармацевтическая компания «Фармасинтез», основанная в Иркутске бизнесменом индийского происхождения Викрамом Пуния. Зарегистрированная в 1997 г. фирма к тому времени уже производила на действующих в пятом по величине городе Сибири заводах несколько десятков наименований традиционных, проверенных временем препаратов, в том числе противотуберкулезных (каждую вторую таблетку против этого недуга производили здесь). Можно было и дальше идти по простому пути количественного наращивания ассортимента. Но президент компании Викрам Пуния и его коллеги генеральный директор Ольга Турчанинова и директор по науке и инновационной деятельности Александр Гушин не искали легких путей. Руководствуясь жесткой предпринимательской логикой, они решили вложить средства фирмы в реализацию рискованного, но многообещающего в будущем инновационного проекта.

В 2005 г. партнеры — Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского, Санкт-Петербургский НИИ фтизиопульмонологии и ОАО «Фармасинтез» — заключили трехсторонний договор для дальнейших систематических исследований противотуберкулезного средства. Бизнес взял на себя финансовое обеспечение заключительной доклинической стадии и, что особенно важно, выделил средства на проведение крайне дорогостоящих и затратных по деньгам и времени клинических испытаний, разработку технологии и создание фармакопейной статьи на данный препарат.

В 2006 г. НИИ фтизиопульмонологии завершил основные доклинические исследования в соответствии со стандартом GLP*, что открыло дорогу к полноценной проверке лекарства в стационаре. Для этого в Иркутском институте химии наработали опытные партии субстанции (30 кг) с учетом всех требований к производству стерильной продукции и передали ее в «Фармасинтез». Изготовленное в 2009 г. на заводе компании новое лекарство поступило для лечения больных легочной формой туберкулеза в специализированные клиники страны: Государственный научно-исследовательский центр профилактической медицины Минздрава РФ, Институт иммунологии ФМБА России (Москва), Санкт-Петербургский НИИ фтизиопульмонологии, Новосибирский научно-иссле-

*Стандарт GLP (Good Laboratory Practice — надлежащая лабораторная практика) — система норм, правил и указаний, направленных на обеспечение согласованности и достоверности результатов лабораторных исследований. В качестве национального стандарта РФ система действует с 1 марта 2010 г. (прим. ред.).



**Фармацевтический завод
ОАО «Фармасинтез» в Иркутске,
где выпускают оригинальные
противотуберкулезные препараты.**

довательский институт туберкулеза и Орловский областной противотуберкулезный диспансер.

В течение 2010–2012 гг. препарат получали 108 пациентов с диагнозом туберкулез. По словам главного фтизиатра РФ Петра Яблонского, подводившего в марте 2013 г. итоги клинических испытаний, результаты лечения добровольцев с применением

«Перхлозона» были на 30–40% лучше, чем без него. «Он не обладает мутагенной активностью и менее токсичен, чем изониазид и стрептомицин. Его активность в отношении штамма туберкулеза № 3714 в 200 раз выше, чем у изониазида, и в 400 раз выше, чем у стрептомицина», — подчеркнул Яблонский. Кроме того, лекарственное средство оказалось действенным

в тяжелых случаях, когда микобактерия туберкулеза устойчива к большинству традиционно используемых в лечении медикаментов. «Это действительно мощное оружие в руках фтизиатров», — заключил главный специалист в этой области. В ноябре 2012 г. Минздрав РФ выдал на «Перхлозон» регистрационное удостоверение и включил его в стандарт лечения туберкулеза.

Пока шли эксперименты в клиниках в лаборатории прикладной химии иркутского института под руководством Валерия Станкевича разрабатывали опытный регламент на производство препарата, в результате чего появилась полноценная технология для синтеза лекарства в промышленных масштабах.

При этом коллектив продолжал трудиться над его усовершенствованием. В лаборатории халькоген-органических* соединений под руководством профессора Светланы Амосовой улучшали молекулярную формулу «Перхлозона» — стремились снизить токсичность, не понижая биоактивности. Кроме того, медики рекомендовали сделать его водорастворимым, т.е. пригодным для внутримышечных инъекций (жидкий раствор, как известно, легче усваивается). Химики успешно справились и с этой задачей: в 2011–2012 гг. они нашли экологически чистый способ получения препарата в водной среде при комнатной температуре, т.е. в самом простом технологическом исполнении. При этом его чистота, утверждают создатели, даже превышает требования фармакопейной статьи.

Для выпуска «Перхлозона» «Фармасинтез» построил в Иркутске завод. «Редкий случай, — утверждает профессор Станкевич, — не каждая крупная фирма имеет свой химико-фармацевтический завод. — Обычно компании, выпускающие лекарственные препараты, производят таблетки, инъекции, а субстанции для этого делают на фармгигантах — таких как в Усолье (Усольский химфармкомбинат. — *Прим. ред.*). Но поскольку сейчас таких производств в нашей стране практически не осталось (лишь 5–7% всех лекарств выпускают на субстанциях, которые готовят в России), поэтому «Фармасинтез» вынужден был создать у себя в холдинге отдельное производство — теперь он сам с нуля делает из своего сырья готовую продукцию».

В этом году предприниматели планируют отправить потребителям 20–30 тыс. лекарственных упаковок «Перхлозона». Для проведения полного курса больному достаточно одной. И стоит он будет, по предварительным данным, 1200 дол. (36 тыс. руб.). Для сравнения: по стандартам Всемирной организации здравоохранения курсовое лечение впервые выявленного туберкулеза обходится в 8–10 тыс. дол., при этом медики не гарантируют полного излечения.

*Халькогены — химические элементы 16-й группы Периодической таблицы Д.И. Менделеева (*прим. ред.*).

К концу 2013 г. компания намерена выйти на объемы производства, покрывающие потребности всех специализированных клиник страны. К этому времени она планирует завершить строительство еще одной производственной площадки — химико-фармацевтического завода в Братске, где будут выпускать активные субстанции, в том числе для «Перхлозона». И тогда общий объем его продаж может составить не менее 100 млн дол. в год (эта цифра сопоставима с годовым оборотом компании). По оценке Викрама Пуния, к 2015 г. на Россию придется примерно 20–25% продаж. «Излишки» будут поставлять на мировой рынок — в Китай, Индию и ЮАР, откуда уже поступили предложения.

К слову, за рубежом препарат хорошо знают: в декабре 2012 г. в рамках Всемирной конференции «Против туберкулеза и заболеваний легких» (г. Куала Лумпур, Малайзия) медицинский советник ОАО «Фармасинтез» Сергей Корень сделал доклад о новых возможностях в лечении туберкулеза с применением «Перхлозона», привлечший внимание международных экспертов в области фтизиатрии. Пожалуй, впервые за 40 с лишним лет медицинской общественности представили противотуберкулезный препарат, прошедший регистрацию и готовый к применению в клинической практике.

И еще один факт признания. В апреле этого года в Санкт-Петербурге проходил Международный форум «IPhEB&CPhI Russia», собравший свыше 300 ключевых фигур отечественной и мировой фармацевтики и биотехнологий. Последняя разработка «Фармасинтеза» и его партнеров получила здесь премию за вклад в создание российских инновационных продуктов. Оценивая способность «Перхлозона» лечить туберкулез с множественной лекарственной устойчивостью, что является своего рода открытием последних лет, профессионалы отметили и другую его особенность — возможность использования для людей с ВИЧ-инфекцией, поскольку препарат не оказывает негативного влияния на иммунную систему человека.

НЕИЗВЕСТНЫЙ МИОКАРД

Елена ПОНИЗОВКИНА, журналист

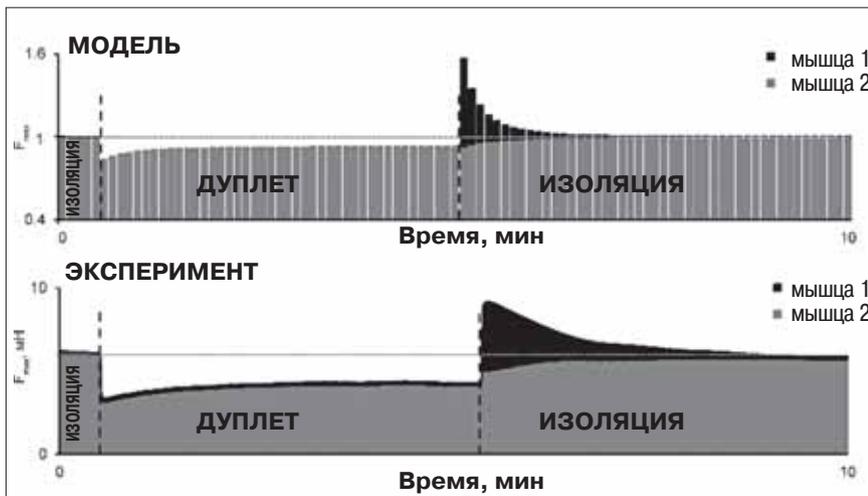
Группа ученых из Института иммунологии и физиологии УрО РАН (г. Екатеринбург), возглавляемая известным в нашей стране и за рубежом специалистом в области биомеханики сердца членом-корреспондентом РАН Владимиром Мархасиным, открыла новый тип ауторегуляции сократимости сердечной мышцы, связанный с неоднородностью миокардиальной ткани. Этот результат имеет важное значение для диагностики, лечения и прогноза сердечно-сосудистых заболеваний, занимающих первое место среди причин смертности населения. Инновационная разработка физиологов вошла в перечень важнейших достижений УрО РАН последних лет.

Еще недавно считали, что клетки сердечной мышцы — кардиомиоциты — относительно одинаковы. Когда появились многочисленные данные, свидетельствующие об обратном, ученые заговорили о неоднородности миокарда. Выяснилось, биомеханические, биоэлектрические и биохимические свойства кардиомиоцитов в различных регионах стенки желудочков (у верхушки или в основании, во внешних или во внутренних слоях) неодинаковы, и при распространении волны возбуждения в сердце они активируются не одновременно, а последовательно. Первоначально это явление обнаружили при изучении патологических процессов, например, ишемической болезни сердца или инфаркта миокарда. Дальнейшие опыты показали: здоровый миокард также неоднороден. Более того, именно это свойство обеспечивает нормальную работу главного органа кровеносной системы, препятствуя развитию аритмии. Благодаря ему сердечная мышца приобретает высокую пластичность: снижение функции одного

региона стенки ее камеры может компенсировать активацию других.

Эти эффекты стали предметом научного интереса уральских кардиофизиологов. Чтобы понять, какую роль играет неоднородность в норме и при патологии, в 1980-х — начале 1990-х годов в Институте физиологии Уральского научного центра АН СССР группа специалистов (в нее входили профессор Валерий Изиков, член-корреспондент РАН Владимир Мархасин, доктор физико-математических наук Леонид Кацнельсон, позже к коллективу присоединилась Ольга Соловьева — ныне доктор физико-математических наук) создали математическую модель механической активности сердечной мышцы. А недавно в кооперации с коллегами Оксфордского университета (Великобритания) ее удалось кардинально усовершенствовать: помимо механических и химических включить описание электрических явлений, разработанное выдающимся британским физиологом, основателем международного проекта «Физиом» Денисом Ноблом.

Уральские кардиофизиологи — авторы открытия нового типа ауторегуляции сердечной мышцы.
 Первый ряд слева направо: Юрий Проценко, Владимир Мархасин и Ольга Соловьева;
 второй ряд: Олег Лукин, Александр Балакин и Павел Коновалов.



Медленный инотропный ответ в дуплете, состоящем из двух электрически и механически асинхронных мышечных элементов. Показано изменение пиков силы мышц в сократительном цикле до, во время и после их объединения в дуплет.

Теперь она фигурирует в литературе как екатеринбургско-оксфордская (ЕО) модель. Система нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений объясняет широкий круг экспериментальных данных, полученных на препаратах миокарда при различных режимах сокращения и механических воздействиях, позволяет предсказывать эффекты, подтвержденные позже в опытах на физиологических моделях неоднородного миокарда — мышечных дуплетах (двух мышцах, соединенных последовательно или параллельно).
 Напомним, дуплеты могут быть биологическими, т.е. состоящими из двух живых мышц, виртуальными, когда элементы представлены математическими моделями, или гибридными — тогда биологическая мышца взаимодействует с виртуальным партнером — математической моделью. При этом виртуальная мышца возбуждается, сокращается, ведет себя под нагрузкой, как живая. При помощи таких моделей ученые изучили механические и электрические эффекты неоднородности миокарда на всех этапах: в

изоляции, когда каждая мышца работает сама по себе, в их взаимодействии и при разъединении. Существенно, что различные регионы стенок камер сердца возбуждаются в определенной последовательности. Эффект этой активации можно исследовать, если каждую из мышц в дуплете возбуждать с искусственной задержкой. По словам Мархасина, время здесь выступает в качестве креативного фактора.
 Как клетки миокарда становятся неоднородными? Допустим, состоящая из них цепочка имеет 10 сегментов, пояснил Владимир Семенович. При последовательном возбуждении ранее активируемые сегменты начинают укорачиваться, сокращаться, растягивая еще не активные, поскольку механическое взаимодействие между ними происходит быстро — со скоростью распространения механической волны — 300 м/с. Электрическая же волна в рабочем миокарде идет гораздо медленнее — со скоростью 0,3 м/с, причем когда она доходит до последних сегментов, те уже оказываются прерастянутыми. Таким образом,

электрическое возбуждение первых сегментов приходится на их укорочение, а последних — на растяжение. И это сильно меняет характер электрической активности миокарда, что в свою очередь влияет на уровень и кинетику ионов кальция внутри клеток, от которых зависит сила сокращения мышцы. В результате однородная система при последовательной активации ее элементов становится неоднородной. Изменение функционального состояния этой цепочки можно проверить в экспериментах на дуплетах. Именно здесь и обнаружили новый тип так называемого медленного инотропного (воздействующего на сократительную способность сердечной мышцы) ответа (Slow Force Response — SFR).

До последнего времени было известно несколько типов SFR на внешнее воздействие. Первый, заключающийся в постепенном достижении максимальной амплитуды сердечных сокращений при увеличении частоты сердцебиений, назван по имени американского физиолога Генри Боудича (1840–1911) лестницей Боудича. Второй связан с законом Франка-Старлинга, сформулированным немецким физиологом Отто Франком (1865–1944) и английским Эрнстом Старлингом (1866–1927): при растяжении сердечной мышцы вслед за моментальным увеличением силы сокращения наступает вторичный, многоциклового прирост еще на 30–40%. Третий тип был описан в 1971 г. немецким физиологом Раймундом Кауфманом с соавторами. Они обнаружили, что сила сокращения миокарда медленно возрастает при переходе от изотонического режима (когда клапаны предсердий желудочков закрыты, а аортальный открыт) к изометрическому (когда все клапаны закрыты). Описанные медленные ответы миокарда объединяет одно обстоятельство: они возникают в результате внешнего воздействия на сердечную мышцу.

Уральские же кардиофизиологи открыли принципиально новый тип SFR, связанный не с внешним воздействием, а с неоднородностью миокарда — так называемый интрамиокардиальный медленный инотропный ответ (SFRim), возникающий вследствие механического взаимодействия между неоднородными сократительными элементами сердечной ткани.

Вначале этот эффект обнаружили на моделях в лаборатории математической физиологии Владимир Мархасин, Ольга Соловьева, Леонид Кацнельсон и Павел Коновалов, а затем при помощи метода дуплетов его подтвердили в экспериментах молодые ученые Александр Балакин и Олег Лукин, работающие под руководством доктора биологических наук Юрия Проценко. И в том, и в другом случае были открыты не только механические, но и электрические медленные ответы миокарда, а также связанные с кинетикой внутриклеточного кальция. При этом важно подчеркнуть решающее значение математического моделирования, которое оказалось уникальным источником получения новых знаний: именно оно дало неожиданный результат, подтвержденный затем физиологическим экспериментом. Кстати, в биологии крайне мало подобных примеров. Обычно бывает наоборот — опыты корректируют численную модель.

Перед экспериментаторами стояла сложная задача — проследить изменения электрической активности в неоднородных мышцах на протяжении всего времени их взаимодействия в дуплете. Это сделали при помощи метода плавающих микроэлектродов — крошечных фрагментов микропипетки, заполненной солевым раствором. Диаметр ее кончика — 0,5 мкм. Крепится такой проводник на тонкой серебряной проволочке толщиной 50 мкм, причем во время взаимодействия между неоднородными мышцами он должен оставаться в клетке миокарда. Кандидат биологических наук Александр Балакин совершил сотни уколов микроэлектродом и лишь в трех случаях зарегистрировал в непрерывном режиме электрическую активность в неоднородных мышцах на всех этапах: в изолированном состоянии, объединенном в дуплет и разъединенном. В результате удалось получить полную картину ее изменений до взаимодействия, во время и после. Важную роль сыграли также исследования сотрудника лаборатории биологической подвижности кандидата биологических наук Олега Лукина, следившего за изменением концентрации и кинетики ионов кальция внутри клеток элементов дуплета, когда мышцы изолированы, при их объединении и после разъединения. Его работа была отмечена премией губернатора Свердловской области для молодых ученых за 2012 г.

В численных экспериментах на моделях и в физиологических опытах специалисты обнаружили: взаимодействие между неоднородными сегментами сердечной мышцы вызывает их деформацию, что в свою очередь приводит к дерепрессии определенных генов. При этом в миокарде появляются новые типы сократительных и контролирующих электрические явления в клетках белков. Так меняется характер сокращения сердечной мышцы, и ее работа приспосабливается к текущим условиям, что свидетельствует о высокой пластичности последней.

И в завершение несколько слов о практической значимости фундаментального результата. Изучение феномена неоднородности миокарда актуально хотя бы потому, что этот эффект возрастает при патологии и существенно снижает насосную функцию главного органа кровеносной системы. Важно и другое: изменение последовательности активации клеток миокарда может приводить к глубоким нарушениям механической и электрической функций сердца. Известны случаи, когда они возникали в результате имплантации кардиостимулятора. Уральские специалисты рекомендовали при подобных операциях располагать электроды в соответствии с физиологической последовательностью активации миокарда.

*Иллюстрации предоставлены
лабораториями математической физиологии
и биологической подвижности
Института иммунологии и физиологии УрО РАН*

ВЕКТОРЫ РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ



Марина ХАЛИЗЕВА, журналист

В июне 2013 г. в Санкт-Петербурге в рамках V Международного промышленного форума «Атомэкспо», организованного госкорпорацией «Росатом», прошла дискуссия по актуальным вопросам развития атомной энергии, безопасного использования ядерных технологий, кооперации в топливном цикле и подготовки кадров высшей квалификации для отрасли. Ее участники — свыше 2000 экспертов и специалистов — представляли лидирующие на мировом энергетическом рынке компании и организации 42 государств, в том числе из Австрии, Германии, Венгрии, Чехии, Франции, Китая, Японии, США и др.

Учрежденный пять лет назад как ежегодный, форум практически сразу стал центральной коммуникационной площадкой, где анонсируют стратегию развития мировой атомной индустрии и ключевые приоритеты отрасли. Прежде они проходили в Москве, но на этот раз организаторы изменили традиции, переместив центр тяжести энергетических дискуссий в Санкт-Петербург, в город, ставший колыбелью российской атомной науки и промыш-

ленности. Здесь в 1920-е годы академик Владимир Вернадский* основал Радиевый институт. Тут в 1930-е годы формировал знаменитую физическую школу

*См.: О. Яницкий. Владимир Вернадский: политик, историк, общественный деятель. — Наука в России, 2013, № 3 (прим. ред.).

Открытие V Международного промышленного форума «Атомэкспо» на площадке старейшего выставочного комплекса Санкт-Петербурга — Михайловский манеж.



Пленарная сессия «Атомная энергетика в XXI веке: ответственное партнерство для устойчивого развития» в здании Палас-театра.



академик Абрам Иоффе* и начинали свой творческий путь будущий руководитель советского атомного проекта Игорь Курчатов** и его ближайший сподвижник Юлий Харитон***. Здесь же на знаменитом Балтийском заводе в 1956 г. спустили на воду первый в мире атомный ледокол «Ленин», а сейчас строят первую плавучую атомную теплоэлектростанцию «Академик Ломоносов»****.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ВЕКТОР РАЗВИТИЯ

Пленарная сессия «Атомная энергетика в XXI веке: ответственное партнерство для устойчивого развития», проходившая в первый день форума, собрала под сводами Палас-театра — одного из старейших культурных учреждений города на Неве — беспрецедентное количество международных экспертов, руководителей глобальных компаний и ученых, вовлеченных в обсуждение моделей развития и прогнозирование технологических трендов в ядерной сфере. Надо признать, единства мнений в аудитории не наблюдалось. Тем не менее значительная часть делегатов (34%, как показало интерактивное голосование) связывает будущее атомной энергетики с перспективной технологией реакторов на быстрых нейтронах, так как она дает возможность расширить топливную базу, исполь-

зовать не только применяемый в серийных реакторах достаточно редкий ^{235}U , а весь имеющийся в природе уран и нарабатывать вторичное топливо для применения в других установках, замыкая ядерный топливный цикл. При этом всегда актуальны будут водо-водяные реакторы на медленных нейтронах, свыше 50 лет удерживающие высокий процент в общем мировом энергобалансе. Впрочем, ведущие прогнозисты не противопоставляли эти два вида инновационной и классической атомной энергетики. Дальнейшая программа пятого форума, включающая симпозиум «Актуальные вопросы международного ядерного права» и девять круглых столов, прошедших на площадке старейшего выставочного комплекса Санкт-Петербурга — Михайловский манеж, лишь подтвердила правильность обозначенных экспертами горизонтов.

АТОМНАЯ ГЕНЕРАЦИЯ БУДЕТ РАСТИ

На одном из первых заседаний круглого стола, где обсуждали интегрированный подход к развитию атомной энергетики, участники форума дали понятие: сегодня, спустя два с лишним года после радиационной аварии на японской АЭС «Фукусима-1», на первый план выдвигаются не столько подсчеты потерь (за это время уже удалось произвести модернизацию базовой технологии и систем управления защитой), сколько перспективы роста ядерной генерации.

Очевидность этой тенденции, подчеркивали специалисты, бесспорна. В России, например, не только в профессиональных, но и в политических кругах растет убежденность в том, что повышение доли атомной энергетики в общем энергобалансе страны крайне важно для развития высокотехнологичных отраслей промышленности и роста экономики. Сегодня на отечественных АЭС работают 33 атомных блока, они про-

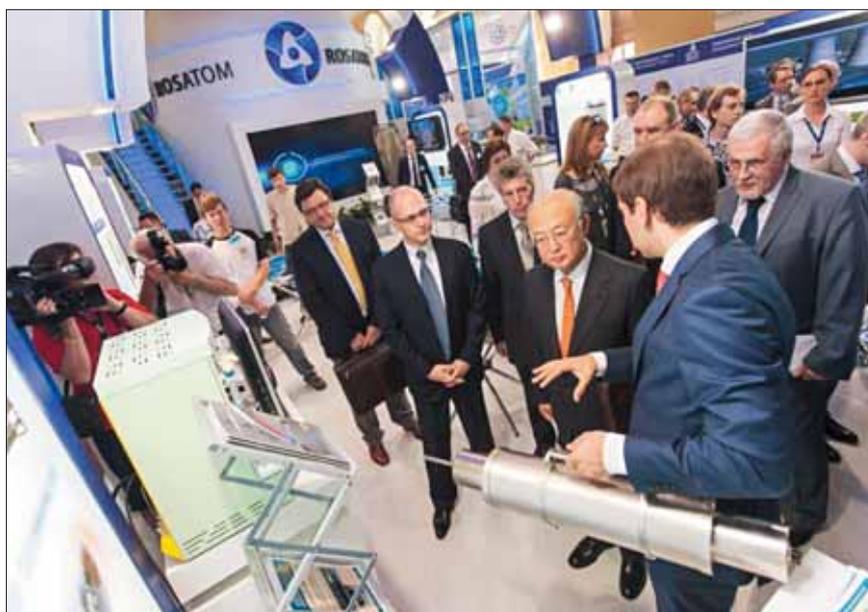
*См.: Б. Дьяков. Физтех во времени и пространстве. — Наука в России, 2003, № 3 (прим. ред.).

**См.: Е. Великов. Гордость российской науки; В. Сидоренко. Зачинатель атомной энергетики Советского Союза; Ю. Сивинцев. Несколько незабываемых встреч; Р. Кузнецова, В. Попов. Научное наследие академика Курчатова. — Наука в России, 2012, № 6 (прим. ред.).

***См.: А. Волошин. В гостях у академика Харитона. — Наука в России, 2009, № 5 (прим. ред.).

****См.: М. Хализева. Электричество и тепло с доставкой потребителю. — Наука в России, 2013, № 4 (прим. ред.).

Генеральный директор МАГАТЭ Юкия Аmano и генеральный директор госкорпорации «Росатом» Сергей Кириенко на выставке в Михайловском манеже.



изводят свыше 16% всей электроэнергии в стране. Планы «Росатома», поддержанные государством, предусматривают доведение к 2030 г. этой доли до 30%, и есть уверенность в их реализации. Сейчас в портфеле заказов госкорпорации 28 блоков АЭС, находящихся на разных стадиях строительства. Девять из них расположены в нашей стране (по два блока на Нововоронежской, Ленинградской, Ростовской АЭС, по одному — на Калининской, Белоярской и Ростовской), 19 — за рубежом. И эти цифры, по словам генерального директора «Росатома» Сергея Кириенко, несмотря на «постфукусимский синдром», будут расти, поскольку в ближайшие 15–20 лет корпорация намерена получить свыше 20% мирового рынка строительства АЭС.

Спикер круглого стола «Интегрированный подход к развитию атомной энергетики» генеральный директор компании «Русатом Оверсиз», созданной для продвижения отечественных ядерных технологий за рубежом, Джомарт Алиев прогнозирует мировой рост атомной генерации к 2030 г. в полтора раза при среднегодовом темпе в 2,5%. По его оценке, энергетические позиции укрепят прежде всего Китай, а также страны Ближнего Востока, Африки и Южной Америки. При этом глава «Русатом Оверсиз» перспективным считает рынок атомных реакторов малой и средней мощности. И Россия, заметил он, готова удовлетворить мировой спрос на их строительство за счет конкурентоспособной стоимости.

ВОЗРАСТАЮЩИЙ СПРОС НА МАНЕВРЕННЫЕ СТАНЦИИ

К малым, согласно классификации Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), относят реакторы мощностью до 300 МВт. Однако сегодня не количественный показатель определяет интерес к ним, а особая — модульная — компоновка. Как правило, в установках такого типа активная зона,

парогенератор, компенсатор давления и другое оборудование находятся в едином корпусе — моноблоке. Его изготавливают на заводе и в собранном виде доставляют на площадку, а по окончании срока службы отправляют на утилизацию, заменяя другим. Компактный реактор имеет увеличенный интервал между перегрузками топлива, а в некоторых проектах «горючее» закладывают на весь жизненный цикл. При этом тепловыделяющие сборки имеют обогащение по урану-235 не более 20%, что соответствует требованиям МАГАТЭ по ограничению распространения ядерного оружия.

Такие станции, считают специалисты, способны изменить качество жизни в любой точке мира, поскольку их основная задача — снабжение энергией и теплом удаленных от центральных сетей городов, крупных промышленных предприятий, газовых и нефтяных платформ в открытом море. При этом их можно использовать для опреснения морской воды, производства водорода и других технологических целей.

Спрос на автономные источники энергии сегодня как никогда велик, отметили участники форума. По прогнозу «Росатома», к 2030 г. мировой объем установленных мощностей реакторов данного типа достигнет 46,5 ГВт. Причем основными заказчиками будут страны, для которых развитие крупномасштабной атомной энергетики, основанной на реакторах мощностью 1000 МВт и более, — непозволительная роскошь. К этой категории относят государства Латинской Америки, Африки и Азии. В России же потребность в ядерных установках модульного типа испытывают прежде всего районы Крайнего Севера и Дальнего Востока, не интегрированные в единый электросетевой комплекс страны, а также энергоемкие производства на крупных объектах добывающей промышленности.



Экспозиция государственного холдинга «Атомэнергомаш», обеспечивающего полный цикл производства в сфере ядерной энергетики — от добычи урана до строительства АЭС и выработки электроэнергии.

Свыше 10 компаний в разных странах (в США, Франции, Великобритании, Китае и Южной Корее) уже располагают проектами мини-реакторов и могут в ближайшее время приступить к их сооружению. Но наибольший объем НИОКР в этой области, по мнению авторитетных экспертов, сосредоточен в России. Выступивший на форуме с подробной презентацией по перспективам развития малых реакторов партнер немецкого консалтингового агентства «Roland Berger Strategy Consultants» Ханс Йохим Копп подчеркнул: именно «Росатом», имеющий ряд коммерчески зрелых технологий малых АЭС, способен занять весомую долю будущего рынка.

Первые действующие атомные электростанции малой мощности, заявил на форуме упомянутый Джомарт Алиев, появятся в мире уже к 2020 г. И скорее всего, это произойдет не за рубежом, а в России. Она выводит на рынок установку мощностью 100

МВт на базе технологии свинцово-висмутового реактора на быстрых нейтронах СВБР-100, спроектированную в ОКБ «Гидропресс» (г. Подольск Московской области). Причем проект, в реализации которого наряду с «Росатомом» участвуют на паритетных началах компания «АКМЭ-инжиниринг» и энергоугольная «Иркутскэнерго», подразумевает не только разработку и ввод в эксплуатацию опытно-промышленного энергоблока, но и серийное производство данной продукции. На 2018 г. в г. Дмитровграде Ульяновской области запланирован физический и энергетический пуск установки, а в 2019–2020 гг. начнется массовый выпуск таких станций с возможностью их компоновки из нескольких реакторов мощностью от 100 до 600 МВт. Модули будут производиться в заводских условиях и доставлять на место установки железнодорожным или автомобильным транспортом, что значительно сократит трудовые затраты и сроки сооружения объ-

екта. Как утверждают в «Росатоме», СВБР-100 может стать первым в мире коммерческим реактором четвертого поколения с теплоносителем на тяжелых металлах и занять 10–15% формирующегося мирового рынка малых АЭС.

ТЕХНОЛОГИЯ ВВЭР ПО-ПРЕЖНЕМУ «В МОДЕ»

Ближайшие же перспективы развития крупномасштабной атомной энергетики России будут базироваться на технологии водо-водяных энергетических реакторов большой мощности. Разработанные еще в середине 1960-х годов, они представляют сегодня самое крупное направление развития ядерных установок в нашей стране. Только на энергоблоках атомных станций с ВВЭР-1000 наработано свыше 130 реакторо-лет, в течение которых подтверждены основные технические характеристики, надежность и безопасность работы систем и оборудования. Инновационным водо-водяным установкам нового поколения был посвящен круглый стол с участием специалистов Санкт-Петербургского научно-исследовательского и проектно-конструкторского института «Атомэнергопроект», подмосковного ОКБ «Гидропресс», Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (Москва) и других организаций.

На данный момент высшей точкой развития технологии ВВЭР, признали специалисты, является проект «ВВЭР-ТОИ» — типовой оптимизированный информатизированный энергоблок электрической мощностью до 1250–1300 МВт, заверченный в 2012 г. Представитель генерального проектировщика управляющий Московским проектно-конструкторским филиалом ОАО «Атомэнергопроект» Александр Шарипов рассказал, чем новый реактор отличается от своих предшественников.

Уже в самой аббревиатуре «ТОИ», подчеркнул он, зашифрованы три основных принципа, заложенных в проектирование атомной станции: типизация принимаемых решений, оптимизация технико-экономических показателей ВВЭР и информационная составляющая. Все это вкуче позволяет значительно сократить сроки строительства АЭС (до 40 месяцев против 6–7 лет по «старым» проектам) и стоимость энергоблока. Цена ВВЭР-ТОИ будет на 16–20% ниже, чем современной установки ВВЭР-1200. Реактор способен выдержать землетрясение до 9 баллов и даже падение самолета массой до 400 т. Благодаря сочетанию различных систем безопасности его активная зона в случае развития тяжелой аварии сохранит свою целостность в течение 72 ч, а новые технические решения гарантируют переход установки в надежное состояние при любых неблагоприятных сценариях, в том числе приводящих к потере всех источников электроснабжения.

Пилотный проект модифицированной технологии ВВЭР предполагают реализовать при возведении Курской АЭС-2, а также АЭС «Аккую» в Турции, аналогичные энергоблоки будут стоять и на двух новых площадках Смоленской и Нижегородской станций.

Россия готова удовлетворить возрастающий на мировом рынке спрос на реакторы средней мощности, оптимальные для стран с развивающимися энергосистемами. Как отметил заместитель главного конструктора ОКБ «Гидропресс» Михаил Никитенко, перспективны в этом смысле разработанные в его конструкторском бюро установки ВВЭР-600 и ВВЭР-640. В последней, подчеркнул он, решена важнейшая экономическая задача — цена кВт•ч электроэнергии сопоставима со стоимостью продукта, производимого станциями большой мощности. При этом технологические решения полностью основаны на пассивных системах безопасности, их работа обусловлена только законами физики, а не действиями техники или оператора. Представитель разработчика сообщил также, что в случае востребованности проект ВВЭР-640 может быть актуализирован за 1,5 года — именно за такой срок его готовы привести в соответствие с действующей нормативной базой и последними техническими решениями по модернизированным АЭС.

МНОГОЦЕЛЕВОЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РЕАКТОР МБИР

На форуме «Атомэкспо» Россия, США и Франция подписали меморандум об использовании возможностей уникального многоцелевого «быстрого» исследовательского реактора (МБИР) мощностью 150 МВт. Его планируют построить в 2019 г. в Научно-исследовательском институте атомных реакторов (НИИАР, г. Димитровград Ульяновской области) для замещения вырабатываемого продленный ресурс опытного реактора на быстрых нейтронах БОР-60, смонтированного в 1969 г. После ввода в эксплуатацию он станет самой мощной исследовательской установкой в мире.

Сегодня на планете, по данным МАГАТЭ, функционируют ~240 реакторов, предназначенных для фундаментальных и прикладных работ в ядерной области. Наибольшее количество сосредоточено в России (62), за ней следуют США (54), Япония (18), Франция (15), Германия (14), Китай (13) и Чехия (2). Универсальным и эффективным среди подобных установок, отмечали эксперты, является быстрый реактор с натриевым теплоносителем. Именно такой предполагают ввести в эксплуатацию в Димитровграде и использовать его для испытаний ядерного топлива, экспериментов в сфере материаловедения, радиохимических исследований, связанных с замкнутым топливным циклом. Причем он может стать центром коллективного пользования с широким международным участием, о чем свидетельствует подписанный меморандум.

«Идея МБИР, — сказал в интервью газете «Страна Росатом» главный инженер НИИАР Михаил Святкин, — скрестить ежа и трепетную лань: взять конструктив и идею топливной части БОР-60 и вставить туда петлевые каналы, которые используются в реакторе МИР*, чтобы создать контуры с теплоносителями, предусмотренными проектом Generation IV**». Его конструкция имеет три ячейки с выводом информации на крышку аппарата для изучения радиационных процессов в режиме реального времени. Кроме того, здесь увеличено число изотопных и материаловедческих сборок, в 2–2,5 раза повышающих мощность новаторской установки по сравнению с БОР-60.

Как будут взаимодействовать международные коллективы — это предмет сегодняшних обсуждений. «Участие каждой страны основано на разных принципах — двухстороннее сотрудничество, межгосударственная структура и т.д., — уточнил Святкин. — У каждой определена доля. В соответствии с этой схемой, например, Чехия в проекте МБИР имеет долю 2%. И значит, на все время существования проекта она претендует на эксперименты, эквивалентные по стоимости своему взносу. Кто-то пополняет общий фонд деньгами, кто-то — оборудованием». К 2019 г., уверяют в НИИАРе, когда смонтируют экспериментальные установки, программа исследований будет утверждена.

РАДИОАКТИВНЫЕ ОТХОДЫ: ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ЗАХОРОНЕНИЯ

Безопасное обращение с радиоактивными отходами (РАО) и отработанным ядерным топливом (ОЯТ) — это проблема, от решения которой в значительной мере зависят масштабы, динамика развития атомной энергетики и дальнейшее внедрение ядерных технологий в повседневную практику. Вот почему в программу «Атомэкспо» ежегодно включают мероприятие, посвященное этой теме. На этот раз в рамках форума состоялся круглый стол «Вывод из эксплуатации и обращение с ОЯТ: сегодняшние задачи и перспективы». В дискуссии участвовали представители госкорпорации «Росатом», Немецкого атомного форума, компаний «NUKEM Technologies» (Германия), EDF (Франция), Токийской энергетической компании (Япония), Агентства по ядерной энергии

Организации экономического сотрудничества и развития, а также Всемирной ядерной ассоциации.

Напомним некоторые факты: по данным МАГАТЭ, в мире уже накоплено свыше 300 тыс. т ОЯТ, и каждый год из действующих на планете 442 реакторов общей мощностью ~ 370 ГВт выгружают еще 10 тыс. т. Однако на переработку, в основном во Францию и Россию, ежегодно поступает менее 2 тыс. т отходов. Большинство стран, занимая выжидательную позицию, хранят ОЯТ на специальных площадках, что требует особых мер защиты.

Но в последнее время возникли новые сложности в сфере обращения с РАО, связанные с исчерпанием срока службы и прекращением эксплуатации гражданских и военных ядерных энергетических установок, созданных в 1960–1970-е годы. Участники круглого стола отметили: в ближайшие 10 лет примерно 300 объектов в странах-владельцах АЭС будут находиться на этапе демонтажа. Переработка такого объема образующихся радиоактивных отходов и их захоронение с учетом требований безопасности представляет серьезнейшую проблему для современного поколения людей. Хотя не стоит и нагнетать. Количество РАО по сравнению с другими техногенными отходами ничтожно мало: по оценкам экспертов, их ежегодный объем составляет ~0,5% от величины всех промышленных отходов. При этом ядерная энергетика — пожалуй, единственная отрасль, уделяющая важной проблеме достаточное внимание.

В нашей стране в 2011 г. принят Федеральный закон «Об обращении с радиоактивными отходами», существенно изменивший положение дел в этой сфере. «Раньше предприятия строили хранилища, срок эксплуатации которых не соответствовал времени потенциальной опасности отходов, — заметил в комментариях к документу один из представителей экспертного сообщества заместитель директора московского Института безопасного развития атомной энергетики РАН Игорь Линге. — Дальнейшая судьба этих отходов была неопределенной. Незавершенность цикла по РАО в нормативном, технологическом и инфраструктурном аспектах приводила к тому, что у предприятий не было стимулов для переработки РАО и условий для их передачи на захоронение. Теперь будет по-другому. Закон — это требования по полному циклу обращения с РАО, включая их переработку, подготовку к захоронению и оплату захоронения. Для производителя реализуется принцип «заплатил и забыл». Но до этого надо привести РАО в состояние, пригодное для захоронения. Захоронением будет заниматься национальный оператор. Основная его задача — создание системы пунктов, прием РАО на захоронение, обеспечение безопасности пунктов захоронения на длительном отрезке времени».

В 2025 г., заверили представители «Росатома», в нашей стране будет создана вся необходимая для пере-

*МИР — тепловой гетерогенный реактор с замедлителем и отражателем из металлического бериллия, построенный в НИИАР свыше 40 лет назад для испытаний опытных твэлов и конструкционных материалов транспортных, энергетических ядерных установок, работающих в разных средах (газ, вода, жидкие металлы, органические соединения). Главная его особенность — наличие в активной зоне 11 петлевых экспериментальных каналов, подключенных к автономным установкам с разными типами теплоносителей (прим. ред.).

**Generation IV — инновационные ядерные системы четвертого поколения, отвечающие четырем основным требованиям: устойчивое развитие, конкурентоспособность в промышленных масштабах, безопасность (надежность) и защита от несанкционированного распространения ядерного оружия (прим. ред.).



Экспозиции научно-исследовательских организаций, входящих в госкорпорацию «Росатом», которые занимаются разработкой новых технологий.



**Экскурсионные туры
в Михайловском манеже.**

работки облученных материалов инфраструктура. А согласно долгосрочным планам к 2070 г. удастся завершить работу по безопасной изоляции 550 млн т РАО, 22 тыс. т отработанного ядерного топлива и выводу из эксплуатации тысячи объектов использования атомной энергии.

Специалисты Европейского ядерного общества и Всемирной ядерной организации представили свои подходы к вопросам вывода из эксплуатации и обращения с РАО и ОЯТ.

ЯДЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НЕЯДЕРНЫХ СФЕРАХ

Среди мероприятий «Атомэспо» на первом месте по посещаемости оказалась международная выставка. В этом году в Михайловском манеже демонстрировали свои достижения свыше 100 ведущих отечественных и зарубежных предприятий атомной промышленности и их партнеры из других отраслей. Генеральный директор МАГАТЭ Юкия Аmano и генеральный директор госкорпорации «Росатом» Сергей Кириенко первыми

сумели оценить инновационные разработки. Иностранного гостя крайне удивил факт масштабного использования технологий атомной энергетики в смежных сферах — прежде всего в медицине, на транспорте, в пищевой и косметической промышленности, производстве материалов для изменения их свойств, геологоразведке и других областях. Примечательно, что спрос на радиационные технологии в неядерных областях постоянно растет, главным образом за счет развивающихся стран, в частности из группы БРИКС (Бразилия, Россия, Индия, Китай, Южно-Африканская Республика), где происходит интенсивное развитие промышленности, увеличение затрат на высокотехнологичную медицину с использованием ядерных разработок, способных изменить качество жизни.

Иллюстрации с сайта V Международного промышленного форума «Атомэспо» и электронного издания AtomInfo.Ru (фото И. Балакина)

ХИМИЯ И МЕТАЛЛУРГИЯ

Академик Леопольд ЛЕОНТЬЕВ,
председатель Научного совета по металлургии
и металловедению РАН,
кандидат технических наук Илья НЕКРАСОВ,
старший научный сотрудник Института металлургии УрО РАН
(Екатеринбург)

Развитие человеческой цивилизации неразрывно связано с металлургией, за много веков прошедшей путь от «алхимической магии» до передовой области знания о способах получения самых востребованных конструкционных материалов. Впрочем, достижения в данной области были бы невозможны без кооперации с химией. И сегодняшняя металлургия, если рассматривать ее не только в экономическом аспекте, т.е. как одну из важнейших отраслей промышленности, но и в научном — это прежде всего высокотемпературная электрохимия. Как же формировался плодотворный союз двух наук?

Вероятно, первой химической технологией в истории человечества было производство металлов путем восстановления из руд в примитивных горнах. Поэтому самый древний металлург был по совместительству еще и химиком. Посколь-

ку самой большой ценностью в древнем мире был огонь, то его берегли. Костры обкладывали камнями, защищавшими пламя от ветра и дождя. Сочетание древесного угля, некоторых пород камней и, конечно, высокой температуры периодически давало



Древний сыродутный горн.

интересный эффект: иногда, выгребая из очага золу, можно было заметить в ней застывшие капли восстановленного металла. Но прошло много времени, прежде чем очаг, предназначенный для обогрева и приготовления пищи, превратился в специализированный химический реактор — сыродутный горн, давний предок современной доменной печи.

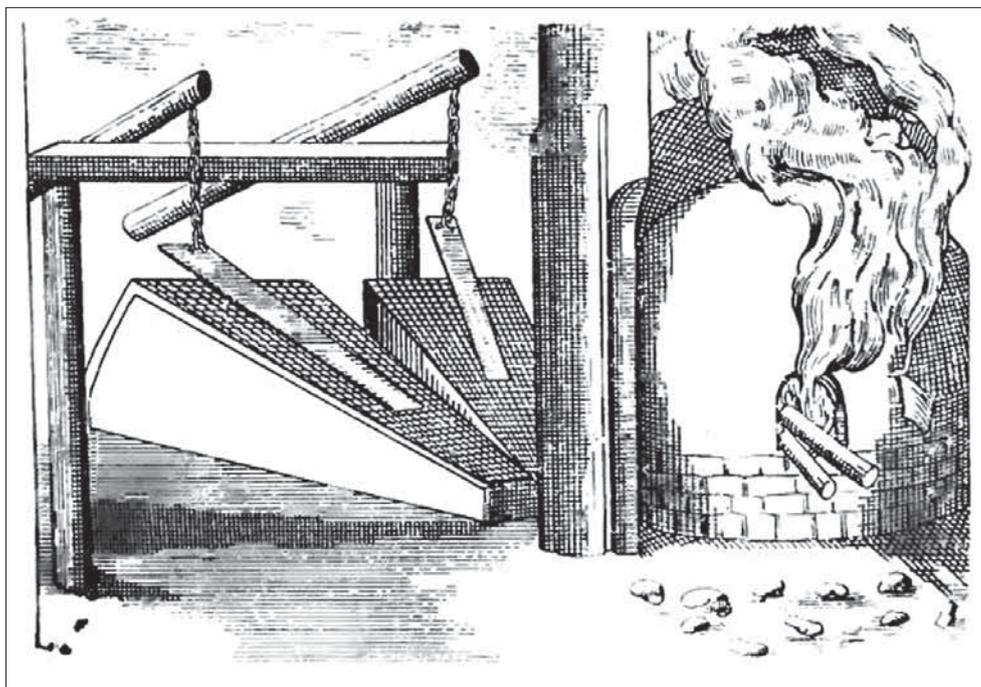
Еще одно доказательство «генетической» связи химии с металлургией можно обнаружить в формулировках задач, которые ставили перед собой первые химики-экспериментаторы — алхимики древности и средневековья. Так, у английского философа и естествоиспытателя XIII в. Роджера Бэкона встречаем такое определение: «Алхимия есть наука о том, как приготовить некий состав, или эликсир, который, если его прибавить к металлам неблагородным, превратит их в совершенные металлы». Как видно, в формулировке заложены вполне практические цели, связанные с получением металлов через изобретение «философского камня». Не вдаваясь в подробности наследия алхимии, можно отметить ее вклад в науку. Прежде всего он обусловлен приобретением навыков экспериментальной химии, расширением ее технических возможностей, что и подготовило состоявшийся позднее разрыв практики и магии.

Именно из алхимии на последнем этапе ее развития выделилась техническая химия, тесно связанная с металлургией. Это событие ознаменовалось выходом энциклопедических трудов, обобщавших опыт металлургических и химических технологий: «De la Pirotechnia» (1540 г., 10 томов) итальянского ал-

химика и архитектора Ванноччо Бирингуччо и «De Re Metallica» (1556 г., 12 томов) немецкого ученого Георга Агриколы.

Со временем техническая химия превратилась в точную науку, основанную не только на наблюдении, но и на измерении. На смену качественным зависимостям стали приходить количественные законы — свидетельство того, что идея атомов древнегреческого философа Демокрита (ок. 460 — ок. 360 г. до н.э.) окончательно вытеснила метафизику «философского камня» и начала приносить практические плоды.

После преодоления алхимии, т.е. с конца XVI в., формируются основы химии как науки. Один из основных ее законов — постоянства состава — открыт в начале XIX в. французским химиком Жозефом Луи Прустом. Суть его в том, что любое определенное химически чистое соединение независимо от способа его получения состоит из одних и тех же химических элементов, причем отношения их масс постоянны, а относительные числа их атомов выражаются целыми числами. Тогда же английский естествоиспытатель Джон Дальтон открыл закон кратных отношений, ввел понятие атомного веса, рассчитал его для ряда элементов, составил первую таблицу атомных весов, заложив тем самым теорию атомного строения вещества. Чуть раньше немецкий химик Иеремия Вениамин Рихтер (член-корреспондент Петербургской АН с 1800 г.) в своих работах впервые привел количественные уравнения реакций и показал, что при образовании соединений элементы вступают во взаимодействие в строго



Плавильная печь XIII–XVIII вв. — все тот же горн древних, но усовершенствованный путем увеличения размеров и интенсификации дутья, что привело к росту температуры в рабочем пространстве (прообраз современной доменной печи). Гравюра из книги М.В. Ломоносова «Первые основания металлургии или рудных дел» (1763 г.).

определенных соотношениях, впоследствии названных эквивалентами. Отметим, что на этих открытиях базируется теория металлургических процессов, а в конечном итоге и практическая сторона металлургии как отрасли современной промышленности.

Считается, что основы физической химии были заложены нашим великим естествоиспытателем Михаилом Ломоносовым* в 40-е годы XVIII в., когда он попытался объяснить химические явления на основе законов физики и теории строения вещества. По его определению, «физическая химия есть наука, объясняющая на основании положений и опытов физики то, что происходит в смешанных телах при химических операциях».

Нельзя не отметить, что Ломоносов также занимался металлургией как отраслью промышленности. В работах, посвященных ей, а также горному делу — «Первые основания металлургии или рудных дел» и «О слоях земных», — он дал понятие о рудных жилах, их возрасте и причинах происхождения. Описал известные способы получения ряда металлов и их свойства. Вместе с тем внес целый ряд оригинальных предложений, в частности, первым высказал идею извлекать металлы из руд действием растворов химических реагентов — именно этот подход лежит в основе современного гидрометаллургии.

Важную роль в создании теории энергетики химических реакций сыграл отечественный химик

Герман Гесс (академик Петербургской АН с 1830 г.), автор основного закона термохимии — «постоянства теплоты». Он преподавал в Горном институте Петербурга — первом высшем техническом образовательном учреждении России (ныне Национальный минерально-сырьевой университет «Горный») и считается одним из основателей российских химической и металлургической учебно-научных школ.

Становлению химии как науки и теории металлургических процессов в немалой степени способствовали формирование понятия о химическом равновесии, а также разработка методов оценки скорости и направления развития реакций. Здесь мы выделим некоторых ученых, внесших значительный вклад в данные области знаний. Так, норвежский физико-химик Като Гульдберг и его соотечественник химик Петер Вааге в 1864–1867 гг. открыли закон действующих масс, лежащий в основе теории химического равновесия. А вот физик-теоретик, один из основоположников термодинамики и статистической механики Джозайя Уиллард Гиббс (США) получил признание за теоретическое рассмотрение химического равновесия. Его работы, посвященные равновесию гетерогенных систем, рассматриваются как одно из величайших научных достижений XIX в. Шведский физикохимик Сванте Аррениус (нобелевский лауреат 1903 г.) внес значительный вклад в формальную кинетику, а также теорию растворов.

Среди ученых того времени следует также отметить тех, без пионерских работ которых было бы

*См.: Э. Тропп. На пути к универсальному знанию. — Наука в России, 2011, № 5 (прим. ред.).



Современная доменная печь — один из самых совершенных и мощных металлургических агрегатов.

невозможно появление электрометаллургии, технологий электролиза. Например, английскому физико-экспериментатору и химику Майклу Фарадею (иностраннй почетный член Петербургской АН с 1830 г.) принадлежат фундаментальные труды в области электролиза и индукции. Кроме того, он проводил опыты по выплавке стали с никелем и открыл нержавеющую сталь. Итальянский физик, химик и физиолог Алессандро Вольта в 1803 г. изобрел первый химический источник тока, так называемый «вольтов столб». В том же году русскому физико-академику Петербургской АН Василию Петрову удалось создать самый мощный на то время «вольтов столб». Годом раньше он же открыл электрическую дугу и доказал ее применимость для плавки и сварки, восстановления металлов из руд.

Отметим также французских химиков Клода Бертолле и Гаспара Монжа, которые еще в конце XVIII в.

в своих работах «Различные состояния железа» и «Наставление о выделке стали» сделали вывод о том, что различие между железом, чугуном и сталью в первую очередь определяется содержанием углерода. Высказанные ими представления о роли этого элемента в сплавах железа, развитые впоследствии другими учеными, способствовали развитию металлургии как самостоятельной отрасли знаний.

Отдельно необходимо остановиться на наследии русского ученого Дмитрия Менделеева*. Открытие им в 1869 г. Периодической системы элементов — одно из самых важных событий в истории науки. Главная особенность периодического закона — его «предсказательность». Иными словами, он позволяет описывать свойства элементов, которые еще не открыты. Без развития идей о связи атомных весов

*См.: М. Савченко, Гордость и слава России. — Наука в России, 2004, № 1 (прим. ред.).



Современная электродуговая сталеплавильная печь, в которой осуществляется переплав стального лома – полный рециклинг важнейшего конструкционного материала.

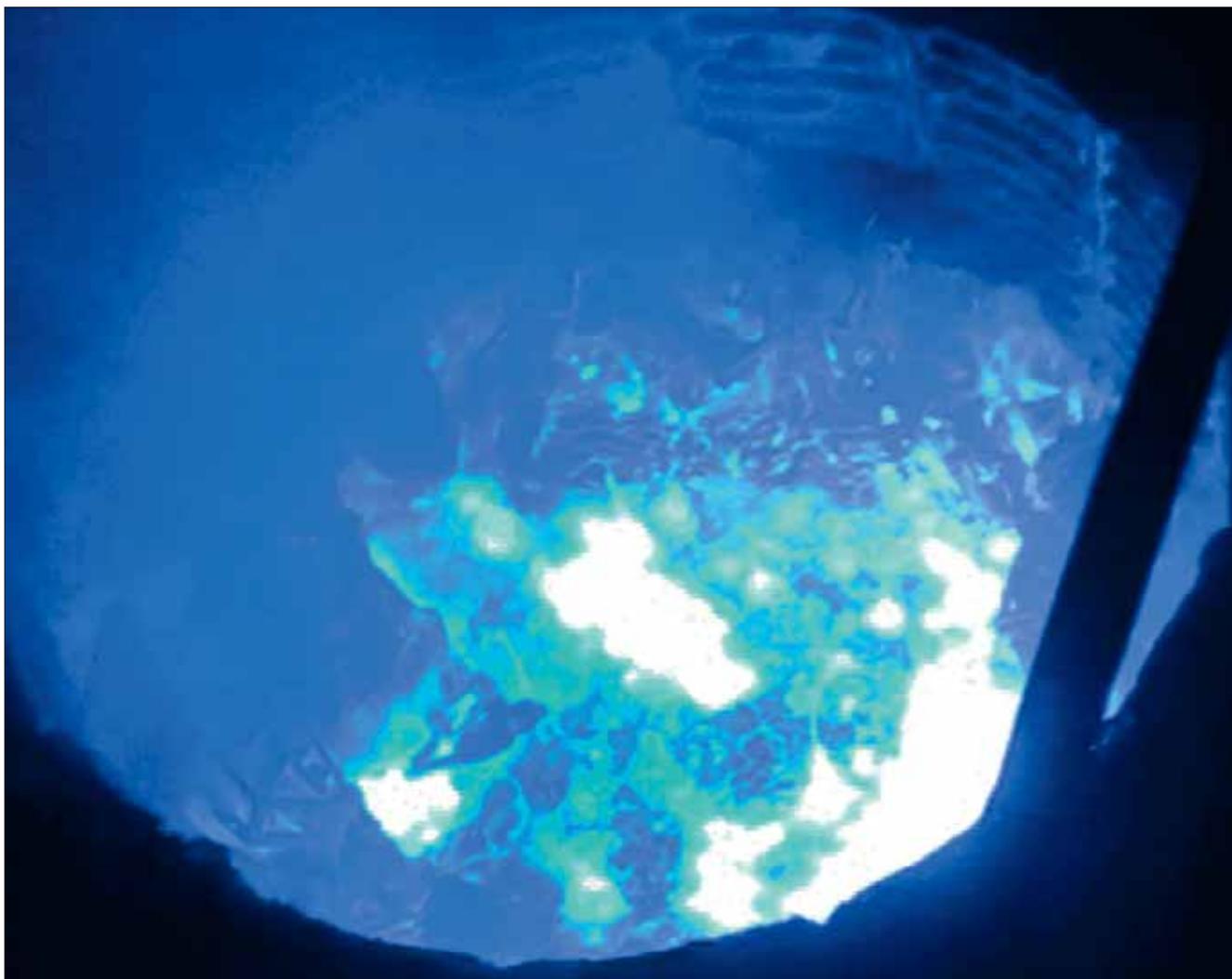
с физическими и химическими характеристиками были бы невозможны современные наука и технологии. Этим достижением человечество доказало, что оно все больше и больше осваивается в мире атомов Демокрита.

Значительная часть деятельности Менделеева была посвящена технико-экономическим исследованиям в области освоения рудных и угольных месторождений России и организации, говоря современным языком, «промышленных кластеров», прежде всего в Сибири и на Урале. Менделееву также принадлежит постановка фундаментальной проблемы «прямого получения железа и стали из руды, обходя чугуна», решению которой отводится много внимания и в настоящее время.

Развитие металлургии как науки в XIX в. связано с именами ряда отечественных ученых. Так, Павел Аносов, будучи крупным организатором горнозаводской промышленности, предложил технологию производства булатной стали, Дмитрий Чернов в своих трудах заложил основы металловедения и теории

термической обработки стали. Академик Михаил Павлов, чья деятельность протекала в конце XIX — первой половине XX в., еще в 1894 г. опубликовал в горном журнале первое в России теоретическое исследование теплового баланса доменных печей, работающих на древесном угле.

Как же сами специалисты оценивали роль химии в становлении металлургической науки? Приведем мнение Ивана Соколова, являвшегося, по признанию современников, отцом российской и советской школы теории металлургических процессов. Создавая ее основы, Соколов, по его словам, широко использовал фундаментальные труды французского физика и химика Анри Ле Шателье, немецкого химика Вальтера Нернста (нобелевский лауреат 1920 г.), голландского химика Якоба Вант-Гоффа (нобелевский лауреат 1901 г.) по химическому равновесию и термодинамике. Такого же мнения по поводу роли работ этих ученых придерживался и другой известный ученый-металлург член-корреспондент АН СССР (с 1927 г.) Владимир Грум-Гржимайло.



Расплавляемый металлолом в ванне электродуговой печи с водоохлаждаемыми панелями рабочего пространства.

Интересна в этой связи судьба самого Ивана Соколова. В 1891 г. он закончил физико-математический факультет Петербургского университета и последующие семь лет преподавал математику в гимназиях Выборга и Архангельска. Как он писал позднее, жизнь в северных районах пробудила в нем интерес к геологии и он оставил преподавательскую деятельность, поступив в Петербургский горный институт. Придя в металлургию, стал, в первую очередь, химиком, о чем свидетельствуют его работы «О восстановимости железных руд» (1909 г.), «Химическая термодинамика и теория металлургических процессов» (1933 г.), «Термодинамика доменного процесса» (1933 г.). Соколов считал, что «металлургия — это химия высоких температур». Осуществляя руководство реконструкцией уральских заводов, особое внимание он уделял вопросам доменного производства и подготовки сырья. Многие годы ученый преподавал в высших учебных заведениях

Екатеринбурга и Томска, слушателями его курсов были Олег Есин (впоследствии — основоположник уральской физико-химической школы металлургов, доктор технических наук) и Григорий Чуфаров (будущий автор трудов по физикохимии металлургических процессов, член-корреспондент АН СССР).

Вероятно, следующим качественным скачком стало понимание специалистами, что металлургия — не просто химия высоких температур, а высокотемпературная электрохимия. И в данном контексте нельзя не упомянуть о роли в становлении теории этого нового направления академика Александра Фрумкина (1895—1976). Его работы в основном были связаны с электрохимией водных сред, но в то же время они затрагивали фундаментальные вопросы поверхностных явлений, взаимодействия на межфазных границах и поэтому являлись основополагающими для всей электрохимической науки (в том числе и для электрохимии расплавов — ионных жидкостей).

Идеи Фрумкина оказали значительное влияние на развитие уральских электрохимических школ, занимавшихся проблемами металлургии начиная с 20-х годов прошлого века, в том числе члена-корреспондента АН СССР Сергея Карпачева, доктора химических наук Армина Стромберга, уже упоминавшихся Олега Есина и Григория Чуфарова.

Сергею Карпачеву принадлежат пионерские работы по электрохимическим свойствам ионных расплавов. Его работы, посвященные изучению технологических процессов получения магния и алюминия, способствовали решению ряда теоретических и практических задач. Ему принадлежит создание методики измерения вязкости оксидных расплавов, им также достигнуты важные результаты в изучении вязкости многих оксидных систем, в том числе доменных шлаков.

Карпачев считается основоположником Уральской школы электрохимии, внесшей большой вклад в разработку и совершенствование технологий получения тугоплавких и редких металлов, в первую очередь стратегически важных. За большие заслуги в развитии науки и оборонной техники, в решении проблем, связанных с созданием ядерного щита СССР, ученый дважды удостоен Государственной премии.

Одним из сотрудников лаборатории электрохимии расплавленных солей, организованной в 1932 г. Карпачевым, был Армин Стромберг. В совместных исследованиях им удалось установить значения потенциалов нулевого заряда десяти жидких металлов и экспериментально доказать некоторые теоретические выводы академика Фрумкина. Позднее Стромберг получил известность как один из создателей нового высокочувствительного электрохимического метода анализа — инверсионной вольтамперометрии, успешно развиваемой в наши дни его учениками и последователями.

Олег Есин впервые применил законы электрохимии к анализу процессов взаимодействия основных металлургических фаз — металла и шлака. Таким образом, им было создано новое научное направление — электрохимическая теория взаимодействия металла и шлака (расплавленного электролита). Мировое признание Есину принесли исследования по совместному разряду ионов при электролизе и работы по теории двойного электрического слоя на границе «металл-шлак». Им впервые высказана точка зрения о том, что расплавленные шлаки (силикаты) представляют собой полианионные жидкости и являются микрон неоднородными системами. Именно эти идеи лежат в основе теорий строения шлаковых расплавов, развивающихся в России и за рубежом. Есин также внес неоценимый вклад в развитие

школы ученых-металлургов в Уральском политехническом институте.

Соавтором Олега Есина по фундаментальному двухтомному труду «Физическая химия пирометаллургических процессов» является Павел Гельд (член-корреспондент АН СССР с 1970 г.). Его основные исследования посвящены проблемам пирометаллургии. Он способствовал развитию теории высокотемпературного восстановления и обнаружил ступенчатый характер восстановления кремнезема. Изучал связь физических свойств твердых и жидких сплавов и соединений переменного состава, теплофизические характеристики переходных металлов и сплавов на их основе, а также параметры, характеризующие поведение в них водорода. Исследовал и обобщил данные по атомной и электронной структуре боридов, карбидов, нитридов, силицидов и гидридов переходных металлов.

Григорий Чуфаров внес значительный вклад в изучение термодинамики, кинетики и механизма гетерогенных окислительно-восстановительных процессов в системах, содержащих оксиды металлов. Его научные идеи использованы в промышленных технологиях переработки железных, кобальтовых и ниобиевых руд, обезуглероживания и травления трансформаторного листа, в создании смазок для процессов прокатки металла и др.

Итак, десятилетия развития химии и металлургии не только как наук, но и как отраслей промышленности вывели ученых и технологов еще в середине XX в. на атомарный уровень строения материи (термин «нано» тогда еще не употреблялся) — без таких исследований и разработок получение сплавов с феноменальными свойствами для нужд обороны, авиации, кораблестроения вряд ли оказалось бы возможным. Средневековые алхимики увидели бы в этом магию. Но мы-то знаем, что успехи эти — результат коллективных усилий нескольких поколений ученых, всегда сознававших ответственность перед будущим.

Иллюстрации предоставлены авторами

ШУНГИТОВЫЕ ПОРОДЫ: ГОРИЗОНТЫ НАУЧНОГО ПОИСКА

Доктор технических наук Юрий КАЛИНИН,
генеральный директор Научно-производственного комплекса
«Карбон-Шунгит»,

доктор геолого-минералогических наук
Владимир КОВАЛЕВСКИЙ, заведующий лабораторией шунгитов
Института геологии Карельского научного центра РАН
(г. Петрозаводск, Республика Карелия)

**Древние углеродсодержащие формации Карелии —
уникальные природные образования
протерозойского возраста (около 2 млрд лет), не имеющие аналогов
в геологической истории Земли.**

**В их составе распространены породы с широким диапазоном
включения углеродистого вещества — от рассеянного
с долей процента до соответствующих по концентрации углям.**

Речь идет прежде всего о шунгитах.

**На протяжении пятидесяти с лишним лет
их изучают во всех аспектах с использованием современных
методов исследований на родине материала —
в Карельском научном центре РАН.**

**За эти годы минерал открыл свои тайны, стал известен в мире,
заинтересовал людей широкими возможностями и в то же время остался
во многом непознанным и обещающим новые прорывы.**

Шунгитовые породы* привлекают внимание специалистов уже более двух столетий. Первые отрывочные сведения о «черных землях» в Олонецком крае опубликовал в 1792 г. известный

*См.: Ю. Калинин. Экологический потенциал шунгита. — Наука в России, 2008, № 6 (прим. ред.).

русский естествоиспытатель, член Петербургской АН Николай Озерецковский. Полвека спустя, в 1848 г., это сделал штабс-капитан корпуса горных инженеров Николай Комаров, обнаруживший в районе одного из самых древних поселений Заонежья — в поселке Шуньга Медвежьегорского района — крупные ско-



Действующий карьер Научно-производственного комплекса «Карбон-Шунгит» на Зажогинском месторождении (поселок Толвуя Медвежьегорского района Карелии).

пления «смолистой горной породы». Начало же систематическому изучению древних углеродистых соединений положил в 1879 г. профессор Санкт-Петербургского университета Александр Иностранцев. Он и предложил назвать этот минерал по месту первой находки шунгитом и определил его как крайний член в ряду природных некристаллических углеродов, не являющийся каменным углем. В 1928—1937 гг. в процессе геологического и технологического исследования в рамках государственного треста «Шунгит» удалось получить ценную информацию о составе и свойствах породы, а также показать: данное углеродсодержащее сырье может быть полезным ископаемым для различных отраслей народного хозяйства.

В 1956 г. разработку шунгитовой проблемы в секторе геологии Карело-Финской базы АН СССР (впоследствии Карельский филиал АН СССР, ныне Карельский научный центр РАН) возглавил выдающийся петрограф, доктор геолого-минералогических наук Петр Борисов. В 1962 г. через год после образования в филиале Института геологии под его научным руководством была создана лаборатория нерудного сырья (с 1975 г. лаборатория шунгитов), в сферу первоочередных задач которой входило изучение углеродистых сланцев Нигозерского месторождения

(г. Кондопога). Уже в первом отчете (1962 г.) специалисты показали: данные породы пригодны для получения легкого заполнителя типа керамзит, названного впоследствии шунгизитом. Эта работа дала толчок к освоению Нигозерского месторождения. Вблизи залежей появился Кондопожский шунгитовый завод по выпуску щебня, поставлявшегося на предприятия Северо-Западного, Центрального, Прибалтийского и других экономических районов СССР для производства шунгизита. Изначально гравий широко использовали в качестве пористого заполнителя бетонов для изготовления несущих конструкций, деталей сборного домостроя и теплоизоляционных засыпок. И хотя вскоре развитие технологий производства новых эффективных утеплителей вызвало падение спроса на данный материал, его применение тогда было экономически оправданным и важным этапом в развитии жилищного и промышленного строительства на северо-западе нашей страны.

В 1960-х годах началось широкое апробирование шунгитовых пород в технологиях по использованию в качестве минерального пигмента (1965 г.), сырья для получения карбида кремния и металлического кремния (1967 г.), наполнителя материалов, стойких в производствах фосфора, фосфорной, серной и других кислот (1970 г.). В 1971 г. в справке «Шунгиты —



*Погрузка шунгитовой породы,
добытой на предприятии
«Карбон-Шунгит».*



**Шунгизит —
наполнитель легких бетонов.**

новое комплексное сырье» впервые была дана технологическая классификация минерала и названы возможные сферы его применения: в изготовлении фосфора, штучных термокислотоупоров, в литейном производстве как заменитель графита, в строительной отрасли как пигмент, наполнитель кислотоупоров, облицовочный материал, легкий заполнитель (шунгизит), поделочный и пробирный камень. При этом авторы отмечали: «Перечисленные направления... не охватывают всех возможных сфер использования, а отражают лишь результаты начального этапа работ по внедрению в народное хозяйство этих уникальных пород».

Принципиально важным для развития стал выход в 1972 г. постановления Совета Министров СССР, где речь шла о «необходимости комплексного исследования углеродсодержащих нерудных полезных ископаемых Карелии — шунгитов, прогнозные запасы которых достигают сотен миллионов тонн». К этой работе

были привлечены многочисленные организации Карелии и Советского Союза: государственное предприятие «Росортгехстром», Ленинградский горный, Днепропетровский металлургический и Петрозаводский проектно-конструкторско-технологический институты, УралНИИСтромпроект (Челябинск), НИИ бетона и железобетона им. А.А. Гвоздева (Москва), Специальное конструкторско-технологическое бюро «Дезинтегратор» (Таллин, Эстония), НИИ мостов Ленинградского института инженеров железнодорожного транспорта, Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций им. В.А. Кучеренко (Москва), Инженерно-строительный институт (Ленинград), Ленинградский технологический институт им. Ленсовета, Петрозаводский государственный университет и, конечно же, подразделения Карельского филиала АН СССР — Институты геологии, биологии, леса, экономики, водных проблем Севера, при этом первый был опре-



Использование шунгитовой породы как заменителя кокса и кварцита в металлургических процессах.

делен головной организацией в области комплексного исследования шунгитов.

С постановки этой темы в лаборатории Института геологии начался второй этап изучения шунгитовых пород. Тогда, в начале 1970-х годов, была выработана геолого-промышленная классификация минерала, определен состав твердой фазы и летучих соединений, проведены структурные исследования с помощью электронной микроскопии и дериватографии*, изучены его основные свойства — плотность, тепловое расширение и термическая стойкость, теплотворная способность, адсорбция, взаимодействие с кислотами и щелочами. Одновременно специалисты лаборатории показали: шунгитовые породы могут быть использованы в производстве ферросплавов, футеровки алюминиевых электролизеров и в литейных технологиях. В обосновании этих выводов участвовали также сотрудники Всесоюзного алюмо-магниевого института (Ленинград). Для решения экспериментальных задач в поселке Толвуя (Медвежьегорский район) вблизи залежей шунгита появилась геолого-технологическая база. Она и стала тем полигоном, где прошли апробацию многие разработки по применению углеродсодержащих пород.

В 1980-х годах под руководством Юрия Калинина, возглавившего лабораторию в 1964 г., начался поиск новых областей практического использования шунгитовых пород. В частности, тогда установили: высокоуглеродистые соединения являются эффективными адсорбентами для процессов водоподготовки,

способными поглощать фенолы, гумины и нефтепродукты, а материалы на их основе проявляют высокую каталитическую активность в процессах органического синтеза циклических углеводов, разложения перекиси водорода, что важно для создания экологически чистых химических производств. Большой практический выход сулило также их использование в качестве активного наполнителя широкого класса композиционных материалов для придания им новых качеств: повышенной износостойкости, химической стойкости и электропроводности.

Кроме того, исследователи выявили радиоэкранирующие свойства шунгитовых пород, что инициировало разработку технологии получения конструкционных материалов, обеспечивающих защиту человека от техногенных электромагнитных излучений. Эти особенности нерудных полезных ископаемых привлекли внимание ряда отечественных министерств — радиоэлектронной и авиационной промышленности, среднего машиностроения и обороны. Центральное конструкторское бюро радиоматериалов (Москва), представляющее интересы данных ведомств, заключило с лабораторией шунгитов договор на разработку промышленных технологий радиоэкранирующих материалов (РЭМ), строительство экспериментальных сооружений и их радиотехнические испытания. Опытная партия РЭМ, выпущенная на Петрозаводском заводе силикатного кирпича, получила признание в оборонных ведомствах. Из кирпичей с шунгитовым наполнителем были построены экранированные помещения в Петрозаводске, Москве, Ленинграде, Пензе, Куйбышеве, а также за рубежом — в Болгарии.

*Дериватография — метод исследования химических и физико-химических процессов, происходящих в веществе в условиях изменения температурного режима. Основан на сочетании дифференциального термического анализа с термогравиметрией (прим. ред.).



**Водоочистные сооружения
с использованием шунгитовой породы
в г. Пушкино (Московская область).**

В конце 1980-х годов Министерство промышленности строительных материалов СССР, планируя широкомасштабное производство РЭМ, выдало задание на геологическую разведку Зажогинского месторождения шунгитовых пород, расположенного в Медвежьегорском районе в 5 км от судоходной губы Онежского озера, где сосредоточена значительная часть ресурсного потенциала высокоуглеродистых формаций Карелии — свыше 30 млн т. Однако отсутствие промышленной цепочки по разработке месторождения, добыче сырья, его первичной подготовке (дробление и разделение по фракциям), складированию и отгрузке потребителю сдерживало применение полезного ископаемого. Именно для создания такого цикла и освоения Зажогинского месторождения один из авторов этой статьи ушел из Института геологии и в 1991 г. создал компанию «Карбон-Шунгит», а руководство лабораторией передал кандидату химических наук Евгению Дюккиеву (с 1995 г. коллективом руководит доктор геолого-минералогических наук Владимир Ковалевский).

В 1990-х годах, когда отсутствовало стабильное финансирование, интересы лаборатории были направлены только на изучение структуры и электрофизических свойств шунгитового углерода. И в этот период ученые получили данные, кардинально меняющие представления о минерале, его свойствах и генезисе (происхождении).

Согласно современным представлениям шунгит — неграфитирующееся углеродистое вещество, основной структурной единицей которого является глобула — фуллереноподобное образование размером ~10 нм, состоящее из фрагментов трехмерных замкнутых оболочек или плавно изогнутых пакетов

углеродных слоев, охватывающих наноразмерную пору. С молекулярной точки зрения шунгит — графитоподобная структура, искаженная как в плоскости слоя, так и перпендикулярно ему, причем таким образом, что его гексагональная симметрия понижается до тригональной. Причем нарушения периодичности в графеновых слоях могут быть вызваны неуглеродными включениями и наличием негексагональных углеродных колец. В рассматриваемых породах выявлены высшие фуллерены, а также фуллереноподобные структуры, обособленные или связанные с минералами. Углерод, подобный шунгиту, обнаружен не только в Карелии. Он встречается, например, в выходе пиробитумов ударного кратера Садбери (Канада), сформировавшегося в результате падения кометы диаметром 10 км 1,85 млрд лет назад, и на некоторых золоторудных месторождениях — крупнейшего на территории России Советского (Енисейский кряж) и Эриксон (Канада). Но именно карельское месторождение уникально по форме проявлений и гигантским промышленным запасам.

Шунгит — один из наиболее интригующих типов свободного углерода, вызвавших появление разнообразных точек зрения на происхождение минерала. Их можно разделить на две большие группы — биогенную и абиогенную. По мнению одних исследователей (в частности, Иностранцева), он не является каменным углем, а по заключениям других (например, профессора Ленинградского государственного университета Владимира Тимофеева), напротив, представляет собой битуминозный каменный уголь и даже демонстрирует признаки древесного каменного угля. Сторонники биогенного направления сопоставляют шунгит с керогеном (полимерные органи-



**Очистные сооружения стоков
на берегу реки Яуза
(Московская кольцевая автодорога).**

ческие материалы, одна из форм нетрадиционной нефти) докембрийского возраста из хлоритовой зоны, пиробитумом и антраксолитом. Согласно абиогенным представлениям он мог появиться в результате карбонизации углеводородов или продуктов активной мантийной дегазации, а также вследствие глубинных процессов горения или преобразования ванадиевой нефти. Но существуют и иные мнения. Скажем, один из наиболее крупных в России специалистов в области геохимии осадочных пород доктор геолого-минералогических наук Яков Юдович считает: шунгит мог сформироваться в результате наложения биогенных и абиогенных процессов. Более того, некоторые ученые предполагают возможность импактного (ударного) воздействия на процесс его образования.

С нашей точки зрения, шунгитовый углерод устойчив против перехода в графит и сохраняет стабильность фуллереноподобной структуры в течение 2 млрд лет. Не обнаружены геологические факторы и для превращения представителей графитоподобного углерода в шунгит. Эти обстоятельства свидетельствуют: данное соединение относится к самостоятельному семейству углерода наравне с графитовым и алмазным. Его образование не могло произойти путем трансформации из членов графитового семейства в поверхностных зонах Земли.

Шунгитовая порода имеет специфичное строение. Входящий в ее состав углерод создает матрицу с равномерно распределенными минеральными образованиями среднего размера (~1 мкм). Среди осадочных пород аналогов таким структурам ни по высокой дисперсности силикатов, ни по форме распределения углерода нет. Подобные образования можно

найти, пожалуй, среди технических продуктов — стеклокристаллических материалов, полученных при кристаллизации высоковязких гомогенных стекол. Есть основания полагать, что шунгитовые породы сформированы аналогичным образом из вязких хемогенных магм. В таком очаге в присутствии S и Cl между составляющим его основу базитом (продукт кристаллизации расплавов) и шунгитом происходят разнообразные химические (в том числе окислительно-восстановительные) реакции и ликвационные (расслоение, распад) процессы, в ходе которых образуются новые продукты — шунгиты разнообразного состава от предельно насыщенных углеродом (70%) до базитов с составом шунгитовой золы, карбонатные породы, сульфиды, соли. Перечисленный набор соединений позволяет рассматривать, по мнению одного из авторов статьи Юрия Калинина, шунгиты и породы загогинской свиты в целом как продукты хемогенных карбонатитовых (магматических) толщ. Это новый взгляд на генезис и к нему следует присмотреться, поскольку карбонатиты — природная кладовая многих полезных ископаемых и в этой толще уже обнаружены необычные находки.

Уникальные свойства соединения определяются его специфической структурой. Благодаря шунгитовой матрице контактная поверхность между входящими в его состав углеродом и силикатами достигает 20 м²/г. Вследствие этого окислительно-восстановительные реакции между ними протекают исключительно интенсивно, причем при более низких температурах по сравнению с традиционными процессами и высокими КПД. Скажем, при выплавке литейного чугуна в доменных печах для синтеза кремния 1 кг шунгитового углерода эквивалентен по эффекту 3—

4 кг коксового. Или другой пример: получение карбида кремния в традиционной шихте обычно происходит при температурах 1600–2500 °С. С использованием в качестве сырья неграфитирующегося углерода эти цифры будут на 300–500°С ниже.

Шунгитовые породы, если их сравнивать с графитом, обладают большей химической стойкостью в агрессивных средах, например, в расплавах алюминиевых электролизеров. Они также проявляют высокие сорбционные свойства, иногда превосходящие активированные угли. Это зафиксировано, в частности, при очистке питьевой воды от свободных радикалов и нефтепродуктов. При этом повышенная восстановительная реакция соединений определяет антиоксидантные качества водных настоев. Кроме того, они обладают способностью к саморегенерации сорбционных свойств.

Новейший этап исследований связан в первую очередь с проблемой изучения и использования продуктов глубокой модификации шунгитовых пород, базирующейся на современных фундаментальных знаниях о структуре и свойствах минерала. Речь идет прежде всего о температурной обработке, изменении окислительно-восстановительного потенциала среды, инициировании каталитических процессов преобразования углерода и роста неуглеродных аутоморфов.

В последние годы в ходе изучения процессов термических и барических преобразований шунгитовых пород разработан способ их наноструктурирования, приводящий к слиянию полых глобул в более крупные частицы и росту нановолокнистых карбидов кремния, разрывающих в свою очередь монолит шунгитовой породы на отдельные наноразмерные компоненты. Он лег в основу технологии, оформленной в 2008 г. в патент (авторы Владимир Ковалевский и Александр Сафронов), позволяющей получать принципиально новый продукт — шунгитон, содержащий гиперфуллереновые углеродные структуры и нановолокнистые карбиды кремния. По экспертному заключению ЗАО «Инновации ленинградских институтов и предприятий» (Санкт-Петербург) он не имеет прямых аналогов в мировой практике. Совместные работы с ООО «БуммашТехнолог» (Петрозаводск) показали: при введении 10% наполнителя прочность терморезистивных композитов повышается на 45% при значительном увеличении износостойкости (свыше 20%). В НИИ шинной промышленности (Москва), где был опробован новый продукт, подтвердили его перспективность для использования в составе шинных резин. Доказано также (совместно с московским Институтом металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН и пермским Научно-техническим центром ООО «Новомет») влияние углеродсодержащих наполнителей на структуру и свойства алюминия и нержавеющей стали. В 2010 г.

коммерческая реализации разработки шунгитона была включена в десятку перспективных инновационных проектов Республики Карелия.

Сейчас шунгиты масштабно используют в металлургии, в частности в доменной выплавке литейных чугунов. Его применяют здесь в качестве сырья для синтеза металлического кремния, т.е. он выполняет роль легирующей добавки. Получение Si из карельского минерала происходит значительно эффективнее, чем по традиционной технологии. При выплавке передельного чугуна шунгит участвует в доменном процессе для наведения SiC, который садится на стенки домы, создавая своего рода защитную оболочку для нее. Такой способ «лечения» печей действует сегодня практически на всех металлургических комбинатах нашей страны и в Германии.

Основные перспективы практического использования ценного сырья связаны с решением экологических проблем. Радиоэкранирующие материалы из него находят применение в здравоохранении. В Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова (Санкт-Петербург), где построены две палаты для шунгитовой терапии, проходили лечение ликвидаторы аварии на Чернобыльской АЭС, работники атомных станций и нефтеперерабатывающих заводов, больные с сердечно-сосудистой патологией. Заключение: адаптационный эффект электромагнитной депривации (изоляция) пациентов в шунгитовой палате проявляется в значительном сокращении сроков реабилитации после отравлений и острых заболеваний. Экранирование от электромагнитного смога активизирует систему иммунной защиты. Такие лечебные комнаты построены в санаториях Петрозаводска, Пятигорска, Сочи, Нижнего Новгорода и других городах.

Шунгит, способный глубоко очистить воду от различных органических и некоторых неорганических веществ, активно внедряют в процесс подготовки питьевой воды. В г. Пушкино (Московская область) на этом материале работают фильтры городского водозабора. Широко используют его в бытовых приборах, фильтрах по очистке сточных вод от нефтепродуктов, в сельском хозяйстве как удобрение, повышающее урожайность и стойкость культур к заболеваниям, и как кормовая добавка к пище пушных зверей, свиней и птицы.

ЦЕНТР ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЭТНОЛОГИИ И АНТРОПОЛОГИИ

Академик Валерий ТИШКОВ,
директор Института этнологии и антропологии РАН,
кандидат исторических наук Елена ПИВНЕВА,
ученый секретарь того же института

В 2013 г. Институту этнологии и антропологии (ИЭА) РАН исполняется 80 лет.

За эти годы он завоевал высокий авторитет в мировом научном сообществе, стал ведущим в России исследовательским центром в области этнологии, социально-культурной и физической антропологии. Библиография трудов сотрудников института только за период 1992–2012 гг. содержит более 1000 названий и представляет собой впечатляющую картину исследований как по широте тематики, так и по конкретным результатам.

Фундаментальные и прикладные исследования охватывают и традиционные историко-этнографические проблемы, и изучение современности: от базовых норм поведения, обрядовой жизни и религиозных верований до межэтнических отношений, конфликтов и государственной этнополитики. Изучение этого этнокультурного разнообразия России и мира в целом имеет особую значимость в условиях трансформирующегося российского общества, взаимопроникновения культур и глобализации.



*X Конгресс этнографов
и антропологов России,
г. Москва. 2013 г.*

Сразу отметим, что ИЭА РАН имеет один из самых высоких рейтингов среди научно-исследовательских институтов страны, огромную популярность среди многонационального российского народа и широкую известность в мире. Благодаря высоким научным стандартам и непреходящей значимости тематики, созданные его сотрудниками за многие десятилетия труды не утратили своей важности и сегодня. У нынешнего юбиляра замечательная история, восходящая к временам Петровской Кунсткамеры. Из нее, кстати, вышел институт вместе со всей Российской академией наук.

Постановлением Президиума АН СССР от 15 февраля 1933 г. в Ленинграде был создан Институт антропологии, археологии и этнографии АН СССР, из которого позднее сложился московский Институт этнографии АН СССР, переименованный впоследствии в Институт этнологии и антропологии РАН. Сегодня — Федеральное государственное бюджетное учреждение науки ордена Дружбы народов Институт этнологии и антропологии им. Н.Н. Миклухо-Маклая РАН.

С ИЭА РАН связаны имена многих выдающихся ученых, прежде всего его директоров члена-корреспондента РАН Сергея Толстова (1942–1965 гг.) и академика Юлиана Бромляя (1965–1989 гг.). В разное время в институте работали известные этнографы и антропологи Сергей Токарев, Николай Чебоксаров, Марк Косвен, Павел Кушнер, Максим Левин, Виктор Бунак, Георгий Дебец, Валерий Алексеев, Игорь Кон и др. Сегодня в штате института свыше 140 научных сотрудников, в том числе академик Валерий Тишков, члены-корреспонденты РАН Сергей Арутюнов и Юрик Арутюнян, более 120 докторов

и кандидатов наук. Наша деятельность всегда имела высокую научную и общественную значимость. Правительственная награда — орден Дружбы народов, который институт получил в 1983 г., была свидетельством выдающихся заслуг нашего коллектива.

Ведущими направлениями деятельности остаются изучение истории и этнографии русского народа, малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока, народов Кавказа, этнических меньшинств России и мира, проблем русскоязычного населения за рубежом. Несколько изданий выдержал коллективный труд под редакцией Ирины Власовой и Валерия Тишкова «Русские: история и этнография» (М.: АСТ, Олимп, 2008) — наиболее полное историко-этнографическое описание самого многочисленного народа нашей страны. Как возник и что есть русский народ? В чем его отличие от других народов? Какие особенности характера и быта помогли русским освоить огромные территории Евразийского материка и внести крупный вклад в развитие человеческой цивилизации? Эти и многие другие актуальные вопросы являются предметом пристального внимания ученых. Интерес исследователей привлекают механизмы формирования исторического самосознания русского народа и культурной памяти о крупнейших событиях и героях нашей национальной истории. Выполнены крупные исследования в области народной православной культуры. На радость отечественным дизайнерам-модельерам и музейным работникам вышел труд «Русская народная одежда. Историко-этнографические очерки» (М.: Индрик, 2011), где представлено богатство и разнообразие русской народной одежды. Опубликованы книги по



Сотрудники ИЭА РАН во время поездки в г. Углич.

обрядовой и праздничной культуре русских, хлебе, напитках и пищевых традициях, о феномене русской бани. Большое образовательное значение имеют работы о народных знаниях, художественных промыслах и ремеслах, а также об опыте хозяйствования в разных природных условиях. Достойный образец регионального исследования — труд о русских Рязанского края в 2 томах (М.: Индрик, 2009), который стал итогом многолетних экспедиций, музейных и архивных изысканий.

Ценный материал о разнообразии и богатстве культуры народов России, содержат публикации в серии «Этнографический альбом». В последние годы изданы книги по традиционному искусству русских Европейского Севера, народам Западной и Северо-Восточной Сибири и других регионов. Научной сенсацией стала публикация в этой же серии фотографий (со стеклянных негативов XIX в.) материалов этнографических экспедиций графа Алексея Бобринского и фотографа Николая Богоявленского в Среднюю Азию и Персию. Эта коллекция была утеряна и опубликована впервые.

Среди институтских традиций можно отметить историко-этнографические и энциклопедические

издания — «Народы России», «Народы и религии мира» (за этот цикл работ коллективу ученых была присуждена Государственная премия РФ в области науки и техники за 2001 г.), «Народы России. Атлас культур и религий». С начала 1990-х годов ведется работа над многотомной историко-этнографической серией «Народы и культуры». За последние пять лет серию пополнили десять томов («Тюркские народы Восточной Сибири», 2008; «Калмыки», 2010; «Молдаване», 2010; «Народы Северо-Востока Сибири», 2010; «Гагаузы», 2011; «Узбеки», 2011; «Армяне», 2012; «Осетины», 2012; «Чеченцы», 2012; «Якуты», 2012). Публикации представляют собой полный свод знаний о той или иной этнической общности, а основными авторами текстов выступают ученые из представителей этих народов. Это академическое издание по своей форме доступно для восприятия самых разных социальных слоев. Поэтому оно пользуется большой популярностью среди интеллигенции и учащихся, особенно в российских республиках и среди малочисленных народов. Книги серии стали лауреатами многих книжных выставок и международных призов. Объемные монографии об отдельных народах публикуются и вне серии.



Директор ИЭА РАН академик Валерий Тишков поздравляет с юбилеем ведущего северооведа Зою Соколову. 2010 г.

В последние два десятилетия институт вышел за пределы чисто этнографической проблематики. Сегодня развиваются гендерные исследования, медицинская антропология, аудиовизуальная антропология. Сотрудниками сектора кросскультурной психологии* успешно разрабатывается новое направление эволюционной антропологии — этология человека, связанная с поиском универсалий человеческого поведения. Развиваются также физическая (биологическая) антропология, политическая и юридическая антропология, конфликтология. Заметно обновилась теоретико-методологическая база исследований. Была пересмотрена господствующая в отечественном общественнонаучном этносе и ее политические воздействия, предложена новая трактовка феномена этничности, выдвинут ряд фундаментальных концептуальных положений и теоретических новаций о природе этничности, основах устройства многоэтничных держав, государственного устройства России, стратегии и механизмах национальной политики.

Впервые в отечественной науке был проведен анализ феномена национализма, его политического значения и символической роли в современных обществах. Новаторским направлением стало изучение физиологических составляющих постконфликтного поведения. Культурные различия в агрессивном и постконфликтном поведении исследованы на примере ряда культур (русские, осетины, армяне, татары, хадза, датого). В условиях высокого уровня

*Область психологии, занимающаяся изучением закономерностей развития и функционирования психики в контексте обусловленности ее формирования социальными, культурными и экологическими факторами (*прим. ред.*).

миграционной активности населения выявление фундаментальных причин этнической нетерпимости и общественных конфликтов на почве ксенофобии имеет не только научное, но и важное общественное значение.

В институте под руководством Валерия Тишкова действует одна из ведущих научных школ РФ по разработке новых методов и подходов в области социально-культурной антропологии. В числе важнейших достижений фундаментальных исследований в рамках этой школы — пересмотр и обогащение понимания феномена идентичности и перенос новых концептуальных подходов в сферу политической стратегии и образования. Вопросу практической реализации научных разработок, связанных с потребностями российского общества и государства, уделяется особое внимание. Ведутся работы по заказу государственных министерств и ведомств, разработка проектов нормативных правовых документов федерального уровня, этнологическая экспертиза.

Экспертными материалами и научными трудами институт оказывает содействие деятельности Администрации Президента РФ, Федерального собрания РФ, ряда федеральных министерств и ведомств, Совета безопасности РФ, правительства Москвы и других региональных органов власти. Выполнены крупные разработки для Минрегиона (Атлас культур и религий, Этническая карта России), Минкультуры (проект национального доклада по сохранению историко-культурного наследия народов РФ), Росстата (подготовка и проведение переписей населения в 2002 и 2010 гг.), правительства Москвы (по молодежным субкультурам, улучшению межнацио-



**Член-корреспондент
Сергей Арутюнов во время
IX Конгресса этнографов
и антропологов России,
г. Петрозаводск. 2011 г.**

нальных отношений и противодействию ксенофобии). Наши ученые приняли участие в подготовке школьных стандартов второго поколения и курса «Основы религиозных культур и светской этики».

С 1993 г. на базе ИЭА РАН действует Сеть этнологического мониторинга, освещающая состояние этноконфессиональных проблем в 40 субъектах РФ. Институт активизировал инновационную деятельность в сфере использования результатов этнологических и антропологических исследований. Он стал учредителем сопутствующей структуры этнологического консалтинга и разработал информационный пакет возможных услуг по вопросам противодействия экстремизму и терроризму, этноконфессионального мониторинга, предотвращения конфликтов, поддержки и использования народных традиций, ритуально-обрядовой стороны жизни, освещения межнациональных вопросов в средствах массовой информации.

Работа по целевым научным программам и крупным проектам — важнейшая тенденция в организации научно-исследовательской деятельности последних десятилетий. Так, в качестве координатора институт участвовал в программах фундаментальных исследований Президиума РАН: «Этнокультурное взаимодействие в Евразии» (2003–2005), «Адаптация народов и культур к изменениям природной среды, социальным и техногенным трансформациям» (2006–2008), «Историко-культурное наследие и духовные ценности России» (2009–2011), а также «Традиции и инновации в истории и культуре» (2012–2014). Мы выступили инициаторами научного синтеза и общественно значимых обобщений в ито-

говых фундаментальных публикациях по этим программам.

Осуществляемое ИЭА РАН компаративное, сравнительно с Россией, изучение современных тенденций в динамике этнокультурного облика населения в разных частях света под воздействием интеграционных процессов, глобализации и миграции населения, рассмотрение этнокультурного многообразия мира позволяет по-новому структурировать массив знаний о мировой культуре, выявить специфику и тенденции развития различных регионов. Одним из важных результатов полевых изысканий социально-антропологического характера в различных регионах Европы, многочисленных интервью, анализа юридических актов и статистических данных стал 3-томный сборник «Европейская интеграция и культурное многообразие».

Фундаментальную основу для научных трудов института составляют материалы, собранные в результате полевых работ, которые ведутся во многих регионах России и за рубежом (ежегодно наши ученые предпринимают около 70 экспедиционных коллективных и индивидуальных выездов). Этнографический метод полевых исследований дополняет изучение археологического, антропологического, исторического материалов и современных источников информации. Применяются новейшие методы научного анализа в области физической антропологии, этнологии, визуальной и медицинской антропологии.

Ученые всего мира признают приоритет российской школы антропологической реконструкции Михаила Герасимова. В настоящее время программа



Труды сотрудников Института этнологии и антропологии РАН.

краниофациального соответствия* используется сотрудниками лаборатории антропологической реконструкции для создания графических и скульптурных портретов с целью идентификации личности и для пополнения уникальной экспозиции музея лаборатории. Проводятся исследования и экспертизы по восстановлению внешнего облика на основе черепа. Разработана уникальная программа «Словесный портрет по черепу», которая позволяет получить прижизненные характеристики лица на основе черепа для представителей различных антропологических типов. Использование этой программы в следственной практике повышает показатели идентификации неопознанных лиц по костным останкам.

ИЭА РАН располагает хорошей ресурсной базой — научный архив, фото- и видеотека. Архивные материалы включают фонды Общества любителей естествознания, антропологии и этнографии при Московском университете 1870–1920-х годов, собрание материалов Николая Миклухо-Маклая, фонды Николая Чебоксарова, Сергея Токарева, Максима Левина, Юлии Петровой-Аверкиевой и др. Уникальные этнографические, археологические и антропологические коллекции содержатся в музейных подразделениях. Институт обладает богатым собра-

нием портретов-реконструкций, дающих наглядное представление об антропологическом типе людей прошлых исторических эпох, а также другими материалами по антропологии древнего и современного населения России и мира.

Музейные и архивные коллекции используются и в экспозиционной работе. Так, в 2012 г. они были представлены на выставке «Познание прошлого — понимание будущего: вклад Академии наук», посвященной Году российской истории. Экспозиция ИЭА РАН включала коллекции из фондов этнографического кабинета-музея им. Николая Чебоксарова, иллюстрирующие культуру населения российских регионов конца XIX — начала XXI в.; образцы гончарного искусства древних мастеров Восточного Приаралья, собранные в ходе Хорезмской археолого-этнографической экспедиции; экспонаты лаборатории антропологической реконструкции, а также фотографии и рисунки из фотоархива института (Памирские, Северно-Великорусская, Среднеазиатская, Северная и Мордовская этнографические экспедиции).

Институт участвует в организации Московского международного фестиваля визуальной антропологии «Камера-посредник», цель которого — показать многообразие культур народов мира и познакомить зрителя с повседневной жизнью людей в самых отдаленных уголках земного шара. Так, этнографический

*Краниофациальное соответствие — соответствие размеров и признаков лица размерам и признакам подлежащих структур черепа (прим. ред.).



Академическая группа во время поездки в Форт-Росс. 2012 г.

фильм режиссера Алексея Вахрушева «Книга тундры» получил в 2012 г. одну из высших кинематографических наград России — «Нику». С нашим участием проходит много международных научных мероприятий. Из масштабных можно назвать международный конгресс «Двадцать лет спустя (1991–2011): реорганизация пространства и идентичности». Этот конгресс имел огромное значение для укрепления и консолидации этнологического сообщества в интересах развития социальных наук, изучения проблем национальностей, межэтнических отношений и предотвращения конфликтов на этнической почве. Еще отметим торжества по случаю 200-летия основания Форта Росс — первого русского поселения в Калифорнии. На конгрессе состоялась презентация сборника архивных документов по истории русской колонизации в Америке, подготовленного сотрудниками института.

Своеобразными смотрами состояния нашей науки в масштабах всей страны являются конгрессы этнологов и антропологов России, которые проходят один раз в два года. На X конгрессе, который состоялся в Москве летом 2013-го, юбилейного для института года, сегодняшняя научная жизнь ИЭА РАН получила признание и поддержку научного сообщества.

Иллюстрации предоставлены авторами

«СТАРЫЙ ГОСУДАРЕВ ДВОР»



Ольга БАЗАНОВА, журналист

В 2013 г., к 400-летию восшествия на престол первого представителя рода Романовых, в одном из филиалов Государственного Исторического музея — Палатах бояр Романовых — открылась обновленная экспозиция, единственная в нашей стране, рассказывающая о патриархальном быте предков русских царей.

Здесь воссозданы богато убранные хоромы столичной знати и представлены уникальные документы, книги, высокохудожественные предметы декоративно-прикладного искусства XVII в. — серебряная и расписанная эмалью стеклянная посуда, мебель, ткани и т.д.

Старинный район в центре нашей столицы, вблизи Кремля, получивший в XVI в. название «Зарядье», поскольку находился за торговыми рядами, — настоящее созвездие памятников древнерусского зодчества. Здесь, вдоль улицы Варварки, стоят храмы Георгия Победоносца на Псковской горке 1658 г. (колокольня и трапезная — 1818 г.), Максима Блаженного 1698–1699 гг., святой великомученицы Варвары

1796–1804 гг., а также знакомое нашим читателям Английское подворье XVI–XVII вв.* Рядом основан-

*См.: А. Сотин. Английский двор и его обитатели. — Наука в России, 2010, № 4; О. Борисова. «Россия вошла в Европу, как спущенный корабль...» — Наука в России, 2013, № 3 (прим. ред.).

Палаты бояр Романовых.



Корпус служб (администрация музея).

ный в 1629–1631 гг. Знаменский монастырь: собор иконы Божией Матери «Знамение» (в честь образа Богородицы, особо почитаемого Романовыми) 1679–1682 гг., братский корпус 1675–1678 гг., колокольня с келейным корпусом 1784–1789 гг.

В ансамбль обители некогда входили и расположенные поблизости Палаты бояр Романовых (с 1932 г. филиал Государственного Исторического музея*). Дело в том, что в XVI в. сами они и окружающая обширная территория с различными хозяйственными постройками принадлежали служившему при дворе государя Ивана IV боярину Никите Романовичу Захарьину-Юрьеву (сыну Романа Юрьевича, от имени которого происходит фамилия царской династии). Именно здесь, по преданию, в 1596 г. появился на свет его внук Михаил Федорович, ставший первым представителем этого рода, взошедшим на престол (1613 г.). Как и полагалось московскому правителю, он поселился в Кремле, а усадьбу предков в Зарядье (которую с тех пор называли «Старый государев двор») пожаловал в 1631 г. Знаменскому монастырю.

По мнению специалистов, романовские палаты, как и соседние, где размещалось Английское подворье, были построены в камне в конце XV в., но огонь и время не пощадили здание. Так, в 1668 г. оно настолько сильно пострадало от пожара, что пришлось разобрать стены до белокаменного подклета, и через четыре года зодчий Мелетий Алексеев возвел на нем двухэтажные хоромы (их нижняя, кирпичная, часть сохранилась до наших дней). Однако ничто не вечно, и к середине XIX в. они сильно обветшали, что не мог не отметить посетивший Москву в 1856 г. император Александр II. По его приказу началась первая реставрация усадьбы, ставившая цель воссоздать оставшиеся от нее постройки — жилой дом и корпус служб — в первоизданном виде, тем более что в обществе тогда пробудился большой интерес к род-

ной истории, к русскому стилю в архитектуре и искусстве*.

Жилища богатых людей издавна было принято строить в форме буквы Г («глаголь»), т.е. как бы из двух стоящих под прямым углом частей, образующих внутренний дворик. Именно эта форма, а также традиционный для XVII в. наружный декор (карниз, полуколонны, установленные по углам здания, а также обрамляющие окна и балконы) присущи здешним палатам. В ходе реставрации воспроизвели утраченное крыльцо, существовавший изначально верхний деревянный этаж с высокой четырехскатной шатровой крышей, воссоздали убранство интерьеров, наполнив их подлинными предметами быта и мебелью тех лет. В 1859 г. работы были завершены и организованный там музей (кстати, один из первых в стране) «Дом бояр Романовых» с экспозицией, посвященной повседневной жизни предков русских царей, принял посетителей.

Отметим, все, что сделали в середине XIX в. историки, архитекторы, строители, художники и другие специалисты для возвращения к жизни этого ценнейшего памятника, позволило сохранить его до наших дней. И к 400-летию Дома Романовых, отмечаемому в 2013 г., понадобилась лишь частичная реставрация здания и его интерьеров. Так, для отделки стен трапезной (самой просторной и парадной палаты в доме, где семейство обедало и принимало гостей) в Государственной научно-реставрационной мастерской «Старинные ткани» на ручном ткацком станке изготовили парчу, взяв за образец хранящиеся в Государственном Историческом музее фрагменты материи, созданной в 1850-х годах. Орнамент на обивке выполнен в виде вензелей Михаила Федоровича Романова и силуэтов грифона (фантастического крылатого животного с туловищем льва и головой орла, олицетворяющего власть и силу). Никита Романович Захарьин-Юрьев первым использовал его фигуру в качестве геральдического знака, а в 1856 г. ее включили в герб царской династии.

*См.: В. Егоров. Сокровищница отечественной истории. — Наука в России, 2004, № 5 (прим. ред.).

*См.: Т. Гейдор. Полистилизм в русской архитектуре. — Наука в России, 2009, № 5 (прим. ред.).



В трапезной.

Потолок трапезной покрыт нарядной росписью, воспроизведенной в 1850-х годах по миниатюрам из рукописной «Книги об избрании на царство царя и великого князя Михаила Федоровича» (1672–1673 гг., Музеи Московского Кремля*), запечатлевшей мельчайшие детали костюмов, архитектурного декора, пейзажей, домашней обстановки того времени. На арках сводов художник изобразил поднимающиеся вверх, широко расходящиеся в противоположные стороны симметричные растительные побеги с разнообразными ответвлениями и множеством причудливых завитков. (Такой орнамент с поэтичным названием «травы разметные» был одним из основных в живописи «дивного узорочья»** и вслед за ним русского барокко***.) А в обрамлении этих сказочных листьев и цветов мы видим гербы государства с двуглавыми орлами, монограммы МФР и грифонов.

Всем изображениям присущи яркие, контрастные тона, что было одной из главных черт отечественного декоративно-прикладного искусства того времени, отличавшегося жизнелюбием, пристальным интересом художников к окружающей природе. Их основным приемом было сочетание зеленого, желтого и красного цветов, причем последний (в ходу было более 20 его оттенков) считался «царским», а потому стал излюбленным у состоятельных заказчиков: он преобладал в кремлевских покоях и домах знати в росписи, обивке стен, текстильных изделиях, да и в парадной одежде.

Солнечный свет проникает в трапезную через слюдяные окна в металлических переплетах; вдоль стен,

как в старину во всяком русском доме, стоят лавки; пол выложен дубовым паркетом. В «красном углу», под иконами «Николай поясной», «Троица Ветхозаветная», «Казанской Божией Матери», установлен большой обеденный стол. Примечательно, что рассаживались за ним во время пиришеств согласно родовой традиции: около главы семейства, занимавшего почетное место, — наиболее знатные гости. Рядом принадлежность для мытья рук: кумган (кувшин особой формы для воды) и лохань.

Эта парадная комната, предназначенная для приемов, должна была свидетельствовать о статусе хозяев. Наряду с великолепными росписями и обивкой ее украшают шкаф для дорогой посуды работы отечественных мастеров конца XVII в. со слюдяными створками, расписанный изображениями тюльпанов, и поставец (ящик на ножках), на котором красуются самые ценные и нарядные предметы сервировки. Тут выставлены большие и маленькие серебряные, позолоченные сосуды для питья: братины, чарки, стопы, а также корчички (черпаки) и вилка — «диковинка», начинавшая тогда входить в обиход.

Среди этого великолепия в первую очередь обращает на себя внимание серебряный жалаванный ковш с надписью по краю, гласящей, что подарен он посадскому человеку из города Самары Афанасию Болдырю за прибыль, принесенную государству (такие награды в те времена вручали за воинские и прочие заслуги). Немало в трапезной и предметов иностранного происхождения, что было характерно для богатого русского дома XVII в.: кресла, часы, посуда работы западноевропейских и восточных мастеров, шведское паникадило, турецкие бархатные полавочки (накидки на лавки), немецкая гравюра и пр.

Здесь же можно увидеть копии «Родословной книги» XVII в. (делопроизводственный документ, содержащий поколенные росписи знатных родов) и Евангелия,

*См.: А. Николаева. Музеи Московского Кремля. — Наука в России, 2006, № 5 (прим. ред.).

**Узорочье — стиль, сложившийся в XVII в. в архитектуре и декоративно-прикладном искусстве Московской Руси, характеризовавшийся затейливыми формами, обилием декора, сложностью композиции и живописностью силуэта (прим. ред.).

***См.: И. Терехова. Русское барокко. — Наука в России, 2009, № 2 (прим. ред.).



Евангелие Федора Кошки.

принадлежавшего боярину Федору Кошке — выдающемуся политическому деятелю конца XIV — начала XV в., предку Романовых. Оно представляет собой рукопись на пергаменте, иллюстрированную цветными миниатюрами, украшенную стилизованным растительным, геометрическим и зооморфным орнаментом. Серебряный позолоченный оклад фолианта отделан сканью (ажурным узором из тонкой проволоки), чеканными фигурами ангелов и святых; на его краях можно прочитать имя заказчика и дату изготовления — 1392 г.

Соседнюю комнату, оформленную не столь празднично, но не менее роскошно, причем с преобладанием зеленых тонов, создатели экспозиции назвали «кабинет боярина». Голландская печь здесь выложена муравлеными изразцами (покрытыми глазурью цвета травы-муравы) с рельефными изображениями исторических и сказочных персонажей, бытовых и батальных сцен («Александр Македонский», «Соловей-разбойник», «Борцы борются», «Осада крепости» и т.д.); сукном того же оттенка покрыты лавки, обтянуты две стены. Остальные две обиты золоченой голландской кожей, расписанной ярким растительным узором, считавшейся в то время самой шегольской отделкой.

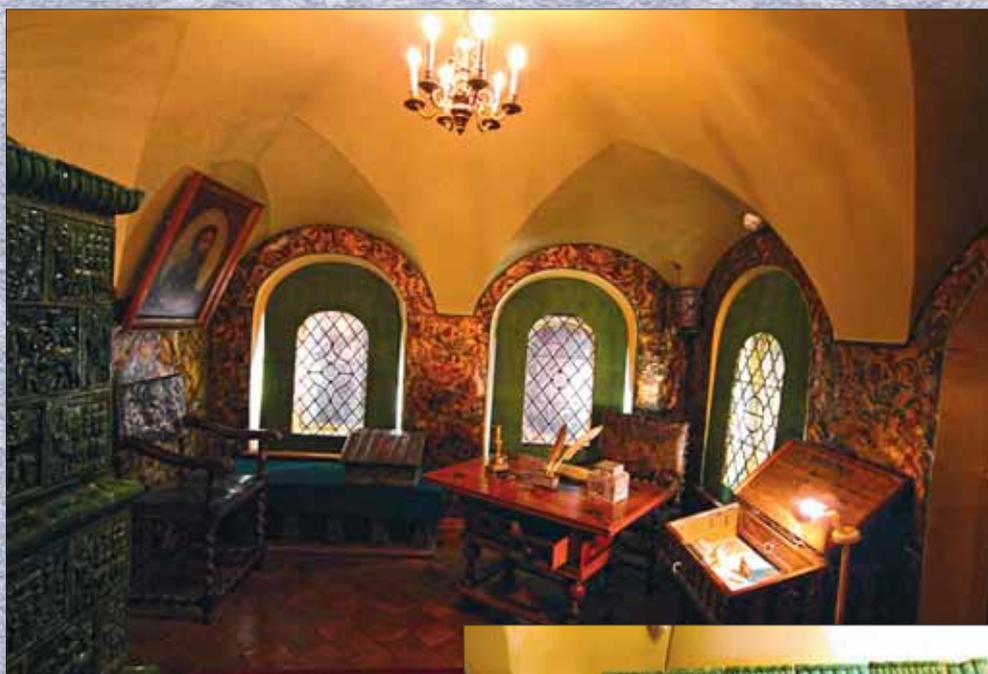
Под иконой видим рабочий стол с письменными принадлежностями — гусяными перьями, ларчиком для ценных бумаг, чернильным прибором, украшенным эмалью; тут же популярное в XVII в. издание «Переписка Ивана Грозного с Андреем Курбским», по свидетельству историков, имевшееся у Никиты Романовича. В сундуке и нише (в то время книги, как весьма дорогостоящие предметы, хранили именно так) представлены фолианты в кожаных переплетах, на стене висит портрет боярина Тихона Никитича Стрешнева — воспитателя юного царя Петра I*.

*См.: Фрагменты из «Истории Петра I» Александра Пушкина. — Наука в России, 2013, № 5 (прим. ред.).

Экспозиция библиотеки, или комнаты отдыха, рассказывает о духовных интересах хозяина дома, развитии печатного дела и просвещения в России в XVII в. Представленная тут литература традиционна для частных отечественных библиотек того времени. Это прежде всего издания религиозного содержания — «Евангелие», богослужебные книги «Апостол», «Минея праздничная», «Минея служебная». Рядом красочно иллюстрированная «Пасхалия зрячая», наряду с таблицей для определения даты Пасхи и других переходящих церковных праздников, содержащая статьи по медицине и астрономии; переведенный на русский язык популярный в Европе рыцарский роман «Повесть о царице и львице»; написанная по-латыни одна из частей Ветхого завета «*Annales Ecclesiastici*» и пр.

Комната старших сыновей — небольшое помещение строгого убранства, со стенами, обтянутыми бирюзовым холстом, предназначенное для мальчиков начиная с 5–6 лет (в более раннем возрасте они жили с матерью на женской половине дома). Ее обстановка дает представление о получаемом в XVII в. боярскими детьми широком домашнем образовании, готовившем их к государственной службе. Здесь немало учебной литературы тех лет: в раскрытом сундуке — первый русский печатный букварь Карiona Истомина с гравюрами Ивана Бунина, «Риторика», «Летописец», книга для чтения «Часослов», на столе — «Арифметика», «Александрия» (жизнеописание великого греческого полководца Александра Македонского), компас с часами, географическая карта, угломер. Интересна реконструкция глобуса работы итальянца Винченцо Коронелли, самого известного в Европе конца XVII в. изготовителя подобных изделий и картографа.

Согласно древней славянской традиции женщины и дети жили в тереме — на втором, деревянном, этаже дома. Мужчины же занимали первый и в случае нападения врагов всегда могли защитить своих жен и доче-



Кабинет боярина.

рей. Еще одним «рубежом обороны» была узкая круглая лестница, ведущая в верхние покои: обороняющиеся имели возможность столкнуть вниз незваных гостей. Первое помещение этой части палат — сени — играло роль прихожей и кладовки, где стояли сундуки с множеством необходимых в хозяйстве вещей.

Здесь в витринах представлены телогрея (вид женской одежды) XVII в. из китайского шелка, зеркало, парчовые туфельки, золоченые пуговицы, серебряные серьги с полудрагоценными камнями, ножницы в виде птицы, уют, нарядный девичий кокошник, утканый речным жемчугом, и т.д. А вот и «Домострой» — составленная в Великом Новгороде в XV в.

«энциклопедия» семейной жизни, название которой впоследствии стало нарицательным как олицетворение патриархального домашнего уклада и безраздельной власти мужчины. Между тем она включает много полезных сведений, правил, советов по общественным, семейным, хозяйственным, религиозным вопросам, написана живым языком, насыщена пословицами и поговорками.

Из сеней можно попасть в два просторных помещения — покои боярыни и светлицу. Оба освещены несколькими большими окнами, деревянные стены и потолки золотистого оттенка, украшенные тонкой искусной резьбой, драпировки в красных тонах, дет-



Комната старших сыновей.

ские игрушки на персидском ковре создают ощущение тепла, уюта, незаблемости домашнего очага. Первая из этих комнат опоясана по периметру традиционными лавками, покрытыми сукном, есть тут и кресло, резной стул, шкаф, нарядная печь, украшенная полихромными изразцами, немало книг. На столе — зеркало, ларцы для украшений, коробочки для косметики и, конечно, неперменные ключи от подвалов, погребов и сундуков, находившиеся исключительно в ведении хозяйки дома.

До замужества, т.е. до 12–15 лет, девочки жили с матерью. К этому времени у них уже было приданое (одежда, постельные принадлежности, ювелирные изделия, головные уборы и т.д.), хранившееся в сундуках и записанное в специальную «сговорную» грамотку. Шили все для него боярские дочери в мастерской — светлице — и трудились наравне с помогавшими им служанками. Здесь мы видим множество предметов, необходимых для рукоделия: клубок шерсти, будто бы только что оставленный вязальщицей, лари с готовыми изделиями, шкатулки с жемчугом, кораллами, драгоценными камнями, которыми отделявали праздничные наряды. У одного из окон стоит прялка, у другого — деревянный ткацкий станок, построенный без единого гвоздя, к тому же щедро украшенный резьбой: забавные фигурки животных, стилизованные цветы, узорчатые бордюры покрывают его сверху донизу.

Жилая часть русского дома в старину называлась клетью, а находящаяся в цоколе — подклетом. В нем размещались поварня, или стряпушная, с русской печью и запасами продовольствия, кладовые, где хранились сундуки с одеждой, оружие, сельскохозяйственный инвентарь. В романовских палатах в этом заглубленном помещении, освещенном узкими окнами под самым потолком, находятся два подвала. Один

из них, кирпичный, хорошо сохранился со времен постройки (начало XVI в.). Хотя, разумеется, с тех пор уцелели не все кирпичи, и при ремонтных работах середины XIX в. утраченные заменили новыми, созданными по образцам тех лет, причем на отдельных видно клеймо «1856 г.» — дата начала реставрации. Сегодня здесь представлены старинные вилы, коса, серп, коробка, кадки, металлическая посуда, ступа с пестом и т.д. — обширное боярское городское хозяйство мало чем отличалось от сельского.

Самое древнее помещение палат и одно из немногих в Москве, сохранившихся с конца XV в., — белокаменный подвал, где собраны предметы, связанные с первым владельцем усадьбы из рода Романовых Никитой Захарьиным-Юрьевым. В частности, очень интересны редкие ливонские монеты 1573 г. с изображением грифона — по-видимому, именно с них боярин, служивший в тех землях наместником, скопировал свой символ. В сундуке-«сейфе» с потайным замком он держал «казну» — деньги и прочие ценности, полукруглый баул, обтянутый кожей нерпы, брал с собой в дальние поездки.

Здесь же хранится холодное оружие: древковое (копья, боевой топор, бердыши с искривленным наподобие полумесяца лезвием, совни с изогнутым однолезвийным наконечником), ударно-раздробляющее (пернач — булава, «оперенная» несколькими приваренными к головке металлическими пластинами) и т.д. Из огнестрельного представлены мушкет, карабин, пушки XVI–XVII вв. На дуле одной из них читаем: «Слита пищаль при царе Михаиле Федоровиче Всея Руси лета 7126 (1618 г. — *Прим. ред.*). Мастер Григорий Наумов». Рядом бахтерец (кольчуга), щит, шлем, «берендейка» (ремень, носимый через плечо, с прикрепленными к нему патронами, сумкой для пуль,



Комната боярыни.



В светлице.

запасом фитиля и пороховницей), конская упряжь и другое военное снаряжение.

В 2013 г., к 400-летию Дома Романовых, коллекцию белокаменного подвала пополнили прапором Никиты Романовича — шелковым походным знаменем, принадлежностью знатных военачальников. Реконструировали его специалисты Государственного научно-исследовательского института реставрации*, используя хранящееся в Оружейной палате** Московского

*См.: О. Фирсова, Л. Шестопалова. Спасая шедевры. — Наука в России, 2008, № 1 (прим. ред.).

**См.: А. Саввина. Сокровищница русских царей. — Наука в России, 2006, № 5 (прим. ред.).

Кремля его описание XVII в. и дошедшие до наших дней аналоги. Полотнище парадного стяга боярина представляет собой прямоугольник длиной 2,82 м, конец которого раздваивается, образуя длинные откосы, в центре — фигура грифона, древко завершается копьём.

Кроме того, в юбилейный год в экспозиции создали раздел, посвященный сыновьям Никиты Захарьина-Юрьева (в их числе был и отец будущего государя), обвиненным в заговоре против царя Бориса Годунова. Действительно ли они злоумышляли против самодержца или нет, доподлинно неизвестно, и мнения историков расходятся; однако он счел за благо удалить

Кирпичный подвал.



Белокаменный подвал.

влиятельных бояр как можно дальше от себя. Посетители музея могут увидеть карту с отмеченными местами ссылки всех пятерых, где трое из них погибли. Российский государственный архив древних актов предоставил само «уголовное дело» Романовых, донесения приставов, «Новый летописец», составленный после 1613 г. при участии патриарха Филарета (Федора Никитича Романова, отца царя Михаила Федоровича) и представляющий собой официальную версию российской истории конца XVI — начала XVII в.

Среди новинок экспозиции также очень интересны переписка первого царя Романова с родителями, в которой обсуждаются политические и семейные про-

блемы, ранее неизвестный портрет его матери инокини Марфы (в миру Ксении Ивановны) уже в пожилом возрасте, написанный безымянным автором в первой половине XVIII в. Все эти подробности помогают гостям музея ближе познакомиться с семьей, давшей стране несколько поколений монархов, с деятельностью ее представителей, связанной с важнейшими событиями в жизни государства, а стало быть, лучше узнать нашу историю.

Иллюстрации предоставлены автором

«СЛАВНЫЙ БЫЛИННЫЙ БОГАТЫРЬ»



Доктор исторических наук Сергей БАЗАНОВ,
Институт российской истории РАН (Москва)

В начале XX в. Дом Романовых насчитывал более 60 человек. Каждый из них, осознавая свой долг и предназначение, служил Отечеству: мужчины – главным образом в армии, женщины занимались благотворительностью, а в грозные для Родины дни создавали санитарные поезда, госпитали, где работали сестрами милосердия.

Одним из ярких представителей царствующей династии был великий князь Николай Николаевич-младший (1856–1929), в годы Первой мировой войны, 100 лет с начала которой исполнится в 2014 г., назначенный Верховным главнокомандующим русской армии.

Великий князь Николай Николаевич-младший. Фото 1914 г.

**Бывший дворец великого князя
Николая Николаевича-младшего.
Санкт-Петербург.**

Николая Николаевича как личность, обладавшую достоинствами и недостатками, очень выразительно охарактеризовал его современник, духовный писатель, автор мемуаров, протопресвитер (главный священник) военного и морского духовенства Георгий Шавельский. «За последнее царствование в России, — вспоминал он, — не было человека, имя которого было бы окружено таким ореолом, и который во всей стране, особенно в низших народных слоях, пользовался бы большей известностью и популярностью, чем этот великий князь. Его популярность была легендарна...

Рассказы близких к великому князю лиц, его бывших сослуживцев и подчиненных, согласно свидетельствам, что в годы молодости и до женитьбы великий князь Николай Николаевич отличался большой невыдержанностью, безудержностью, по временам — грубостью и даже жестокостью... После же женитьбы... от прежнего стремительного или, как многие говорили, бешеного характера великого князя остались лишь быстрота и смелость в принятии самых решительных мер, раз они признавались им нужными для дела...

Что он признавал для государственного дела полезным, а для совести не противным, то он проводил решительно, круто и даже временами беспощадно. Но все это делалось великим князем спокойно... Спокойствие не покидало великого князя и в такие минуты, когда очень трудно было сохранить его...

Действительно, он смелее всех других говорил царю правду; смелее других он карал и миловал; смелее других принимал ответственность на себя... хотя нельзя и не признать, что ему, как старейшему и выше всех поставленному великому князю, легче всего было быть решительным. При внимательном же наблюдении за ним нельзя было не заметить, что его решительность пропадала там, где ему начинала угрожать серьезная опасность... он ни за что не принял бы участия ни в каком перевороте или противодействии, если бы предприятие угрожало его жизни и не имело абсолютных шансов на успех; при больших несчастьях он или впадал в панику или бросался плыть по течению, как это не раз случалось во время войны и в начале революции.

У великого князя было много патриотического восторга, но ему не хватало патриотической жертвенности. Поэтому он не оправдал и своих собственных надежд, что ему удастся привести к славе Родину, и надежд народа, желавшего видеть в нем действительного вождя...».

Николай Николаевич-младший — сын генерал-фельдмаршала Николая Николаевича-старшего, внук императора Николая I и двоюродный дядя Николая II — с ранних лет избрал военную карьеру. В 1873 г. он окончил Николаевское инженерное училище, а год спустя поступил в Николаевскую академию Генерального штаба. Будучи ответственным, дисци-



плинированным и прилежным слушателем, великий князь по завершении в 1876 г. курса наук был удостоен за отличие в учебе серебряной медали, занесения имени на мраморную доску академию и досрочно произведен в капитаны.

Когда разразилась Русско-турецкая война 1877–1878 гг., молодой офицер состоял адъютантом для особых поручений при своем отце — главнокомандующем действующей армией. В ходе боевых действий на территории Румынии вместе с сослуживцами Николай Николаевич блестяще выполнил рекогносцировку берегов для выбора места переправы, что было весьма важно для предстоящего форсирования Дуная русскими войсками, вошедшего в историю как Систовское сражение. Операция была непростой, проводилась под перекрестным огнем противника, но закончилась победой нашей армии, открыв дорогу на Болгарию. Великий князь проявил себя как храбрый воин, возглавив одну из колонн и призвав солдат смело идти вперед: «Ребята! Что кланяться, что не кланяться пулям, кому жить — не тронет, кому нет — не простит!».

Надо сказать, что боевыми наставниками Николая Николаевича были выдающиеся полководцы генералы Михаил Драгомиров — ученый и педагог, ставивший во главу угла теоретическое наследие генералиссимуса Александра Суворова*, и Михаил Скобелев, прославившийся как талантливый военачальник и стратег. Под их началом великий князь участвовал также в последующих сражениях кампании, в том числе взятия Шипкинского перевала, позволившем изолировать друг от друга турецкие армии. За отличие он был награжден орденом Святого Георгия 4-й

*См.: А. Богданов. «Меч России». — Наука в России, 2011, № 1 (прим. ред.).



Переправа русской армии через Дунай у Зимницы 15 июня 1877 года.
Художник Николай Дмитриев-Оренбургский. 1883 г. Военно-исторический музей артиллерии, инженерных войск и войск связи. Санкт-Петербург.

степени, затем золотым Георгиевским оружием — шпагой с надписью «За храбрость» — и досрочно произведен в полковники.

По окончании Русско-турецкой войны Николай Николаевич служил в лейб-гвардии Гусарском его величества полку, затем в чине генерал-майора возглавил 2-ю гвардейскую кавалерийскую дивизию, а в 1895 г. получил (по наследству от отца, как водилось в императорском семействе) должность генерал-инспектора кавалерии. Во время пребывания на этом посту он, сам прекрасный наездник, в частности, внедрил в отечественную практику систему управления лошадей, выработанную видным специалистом по верховой езде англичанином Джеймсом Филлисом (в 1898–1909 гг. работавшим в России), доминировавшую, кстати, в нашей стране вплоть до упразднения конницы в 1956 г.

По воспоминаниям одного из кавалерийских офицеров, «великий князь выглядел на коне весьма эффектно. Несмотря на то что он обладал огромнейшим ростом и чрезмерно длинными ногами, у него была та идеальная, несколько кокетливая «николаевская» посадка кавалериста старой школы, посадка, которая так красила всадника, сливая его с конем в одно нераздельное и гармоничное целое... Это было совсем особенное лицо очень большого начальника-вождя — властное, строгое, открытое, решительное и вместе с тем гордое лицо. Взгляд его глаз был пристальный, хищный, как бы всевидящий и ничего не прощающий. Движения уверенные и непринужден-

ные, голос резкий, громкий, немного гортанный, привыкший командовать, и выкрикивающий слова с какой-то полупрезрительной небрежностью. Николай Николаевич был гвардеец с ног до головы, гвардеец до мозга костей... Престиж его в то время был огромен. Все трепетали перед ним, а угодить ему на учениях было нелегко».

Действительно, Николай Николаевич нередко проводил инспекторские смотры, особое значение придавая быстроте езды всадников. Причем со свойственной ему прямоотой мог грубо отругать показавшего недостаточно высокую скорость, удалить весь полк или даже дивизию с маневров, а в другой раз, напротив, извиниться за резкость и публично признать свою неправоту. Уделил великий князь внимание и реорганизации Офицерской кавалерийской школы, в которой в 1883–1906 гг. служил один из талантливейших русских полководцев Алексей Брусиллов*. В целом, по мнению офицеров — подчиненных великого князя, вверенная ему конница действовала слаженно, хорошо владела холодным оружием, хотя недостаточно была подготовлена для боя в пешем строю.

В 1905 г. по предложению Николая Николаевича для управления всеми вооруженными силами был создан Совет государственной обороны. В его состав вошли военный и морской министры, начальники Генерального штаба, Главного штаба и Главного мор-

*См.: С. Базанов. Жизнь и звездный час генерала Брусилова. — Наука в России, 2006, № 4 (прим. ред.).

*Русская артиллерия на позициях
при Корабии (Румыния).
Фото 1877–1878 гг.*



*Передвижной госпиталь
при русской армии. Фото 1877–1878 гг.*

ского штаба, генералы-инспекторы всех родов войск (по традиции, великие князья), возглавил же новую структуру сам инициатор ее учреждения. Одной из важнейших задач Совета стала кадровая, в частности замена посредственных генералов, показавших свою профессиональную несостоятельность на полях Русско-японской войны 1904–1905 гг., кандидатурами, рекомендованными специально сформированной Высшей аттестационной комиссией.

В том же году Николай Николаевич стал главнокомандующим войсками Петербургского военного округа и Гвардии, что позволило ему перевести в нее способных армейских офицеров, отличившихся в сражениях Русско-японской войны. По воспоминаниям сослуживцев, великий князь стремился вне-

дрять новые методы военного обучения, высоко ценил боевой опыт и был весьма требовательным начальником, за что некоторые «сначала недолюбливали его. И только через несколько лет, когда проведенные им реформы повысили боеспособность полков и внутреннюю дисциплину, отношения эти резко изменились». В то время великий князь, один из старших в роду, пользовался в армии, да и в стране огромным авторитетом.

Именно это обстоятельство, по-видимому, позволило Николаю Николаевичу сделать то, что посмел бы далеко не каждый. Во время революционных событий 1905–1907 гг., когда перед властью встал вопрос, пойти на уступки восставшему народу или ввести диктатуру, он, выхватив револьвер, угрожал



Николай II и Николай Николаевич-младший на параде.
 Фото «отца российского фоторепортажа» Карла Буллы. 1913 г.

Император Николай II. Фото 1914 г.

царю самоубийством, если тот не подпишет документ, составленный под руководством председателя Комитета министров Сергея Витте. Речь шла о законодательном акте, учреждавшем Государственную думу, провозгласившем политические права и свободы, — Высочайшем Манифесте об усовершенствовании государственного порядка, опубликованном 17 октября 1905 г.

В 1914 г., с началом Великой войны, как тогда называли Первую мировую*, Николай Николаевич был назначен Верховным главнокомандующим. По мнению генерала Брусилова, лучшей кандидатуры «найти было нельзя... Это человек, несомненно, всецело преданный военному делу и теоретически и практически знавший и любивший военное ремесло... Назначение его Верховным главнокомандующим вызвало глубокое удовлетворение в армии. Войска верили в него... Николай Николаевич требовал строгой и справедливой дисциплины в войсках, заботился о нуждах солдата, усиленно следя за тем, чтобы не было засилья штабов над строевым элементом, не жалел наград для строевых работников, был скуп относительно наградений штабных и тыловых деятелей...».

*Первая мировая война 1914–1918 гг. — одна из крупнейших в мировой истории; участники — Четверной союз (Германия, Австро-Венгрия, Турция, Болгария) и страны Антанты (Россия, Великобритания, Франция, США и т.д.) (прим. ред.).

Между тем первая для нашей армии в этой войне Восточно-Прусская операция Северо-Западного фронта (август 1914 г.) закончилась поражением. Причины его — по сей день предмет дискуссий историков, но бесспорны такие факты, как успешность предпринятого наступления (по просьбе союзной Франции, активно атакуемой германцами), несогласованность действий русского командования, перехват его радиogramм немецкой разведкой. Однако несмотря на неудачное начало кампании, противник вынужден был перейти к боевым действиям на два фронта и лишился иллюзии молниеносной войны. Впрочем, и в штабах стран Антанты грешили недооценкой боевой мощи германского блока и надеялись на скорую победу над ним.

Николай Николаевич проанализировал допущенные в ходе операции ошибки и принял меры по их исправлению, в частности провел кадровые перестановки (прежде всего главнокомандующим армиями Северо-Западного фронта вместо генерала от кавалерии Якова Жилинского назначил генерала от инфантерии Николая Рузского), как показал дальнейший ход войны оказавшиеся весьма целесообразными.

На юго-западном направлении, главным для русской армии, положение в 1914 г. складывалось значительно благополучнее, чем на северо-западном. Наши войска одержали важную победу в Галицийской битве



*Русские солдаты
в окопах
под Опатовом (Польша).
Фото 1914–1915 гг.*



*На передовых позициях
(снято в 100 шагах
от германских окопов).
Фото 1915 г.*

(6 августа—13 сентября), одной из наиболее масштабных в первом глобальном конфликте XX в. Затем великий князь сосредоточил внимание на Варшавском и Краковском направлениях, верно определив, что неприятель постарается нанести удар именно оттуда, и направил в район средней Вислы основные силы Юго-Западного и часть войск Северо-Западного фронтов (почти половину всей русской действующей армии). Это наступление, именуемое Варшавско-Ивангородской операцией (15 сентября — 26 октября) и ставшее успешным для наших войск, вошло в число крупнейших битв Великой войны и развеяло миф о непобедимости германской армии.

Завершился 1914 г. также принесшей победу России Лодзинской операцией (29 октября—6 декабря), в итоге кампания первого года войны в целом была выиграна нашими войсками, несомненно во многом благодаря умелому руководству со стороны Николая Николаевича. «Популярность его росла с каждым днем, — отмечал генерал-квартирмейстер Ставки Верховного главнокомандующего Юрий Данилов. — Его имя стало достоянием не только армии, но и всего русского народа..., великий князь непременно рисовался защитником солдата и восстановителем в армии правды и законности».

Итоги 1914 г. заставили Германский блок в следующем году сконцентрировать усилия на Восточном (Русском) фронте, что весьма усложнило ситуацию для нашей армии, начавшей терпеть неудачи. Лишь взятие в марте крепости Перемышль (ныне Польша)

со 120-тысячным гарнизоном стало светлым пятном на фоне мрачной обстановки на театре военных действий. Эта победа принесла Николаю Николаевичу орден Святого Георгия 2-й степени (за годы Первой мировой войны им наградили, помимо великого князя, только троих полководцев, а 1-й степени — ни одного).

В апреле 1915 г. неприятель начал широкомасштабное наступление и к осени вытеснил наши войска из Галиции, Литвы, Польши. Однако, как отмечал тогда командующий германской армией на Восточном фронте генерал-фельдмаршал Пауль фон Гинденбург, «операция... не привела к уничтожению противника. Русские, как и нужно было ожидать, вырвались из клещей и добились фронтального отхода в желательном для них направлении», в чем, конечно, была немалая заслуга Николая Николаевича.

Однако именно в те дни по ряду причин (в том числе из-за интриг «царского друга» Григория Распутина и по просьбе попавшей под его влияние императрицы Александры Федоровны) государь отстранил великого князя от должности Верховного главнокомандующего и занял ее сам. Современники сочли это решение ошибочным и несправедливым. Как писал впоследствии в воспоминаниях генерал Брусилов, «в армии знали, что великий князь неповинен в тяжком положении армии, и верили в него как в полководца. В искусство же и знание военного дела Николаем II никто... не верил... Впечатление в войсках от этой замены было самое тяжелое, можно сказать, удручаю-



Трапезунд, занятый нашими войсками. Фото 1916 г.



Император Николай II с сыном Алексеем и дочерью Марией. Фото 1916 г.

шее». Впрочем, авторитет Николая Николаевича мало пострадал от такого перемещения, а Земский съезд 1915 г. (форум представителей всех сословий) даже титуловал его «славным былинным богатырем».

В сентябре того же года царь назначил своего дядю наместником Кавказа, главнокомандующим Кавказским фронтом и войсковым наказным атаманом Кавказских казачьих войск. В ту пору в Персии (Иране) активную деятельность развернула немецко-турецкая агентура, перед которой стояла задача втянуть страну в войну на стороне Германского блока. Чтобы пресечь происки противника, Николай Николаевич подготовил план Хамаданской операции, поручив ее детальную проработку командующему Кавказской армией талантливому полководцу генералу от инфантерии Николаю Юденичу. Успех сопутствовал великому князю и здесь: его армия овладела городами Хамадан, Кум и др., что укрепило позиции России на южном направлении, открыло возможность оказания помощи англичанам в Месопотамии (Ирак). А в 1916 г. русские войска заняли турецкие города Эрзерум, Трапезунд и Эрзинджан.

Во время Февральской революции 1917 г. Николай Николаевич, как и остальные главнокомандующие фронтами, поддержал выдвинутую Временным комитетом Государственной думы идею отречения царя от престола. Не видя иного выхода из сложившейся в стране политической ситуации, император принял соответствующее решение. Но прежде чем совершить этот акт, одним из своих последних указов он вновь

назначил великого князя Верховным главнокомандующим, что офицерский корпус встретил с радостью и надеждой. Однако пришедшее к власти в марте 1917 г. Временное правительство отменило этот приказ, сославшись на «негативное отношение народа к династии Романовых», на что глубоко уязвленный полководец ответил: «рад вновь доказать мою любовь к Родине, в чем Россия до сих пор не сомневалась».

Сначала Николай Николаевич отправился с семьей в свое имение Чаир (Крым), а через два года вместе с братом Петром Николаевичем отбыл в Италию, затем, в 1921 г., — во Францию. Среди русской эмиграции он пользовался огромной популярностью, однако ни на какие должности и титулы не претендовал, а после самопровозглашения великого князя Кирилла Владимировича императором всероссийским заявил, что вопрос о наследнике престола может решать только русский народ.

Свои дни Николай Николаевич закончил в 1929 г. в городке Кап-д'Антиб на юге Франции. В некрополе близ православного храма Святого Михаила Архангела, находящегося в Каннах на проспекте Александра III, можно увидеть мраморное надгробие с надписью: «Верховному главнокомандующему русской армией, Его Императорскому высочеству Великому князю Николаю Николаевичу от российского зарубежного воинства».

Иллюстрации предоставлены автором

ЧУЖЕРОДНЫЕ ВИДЫ: ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УГРОЗА

Академик Юрий ДГЕБУАДЗЕ,
заместитель директора по науке
Института проблем экологии и эволюции
им. А.Н. Северцова РАН

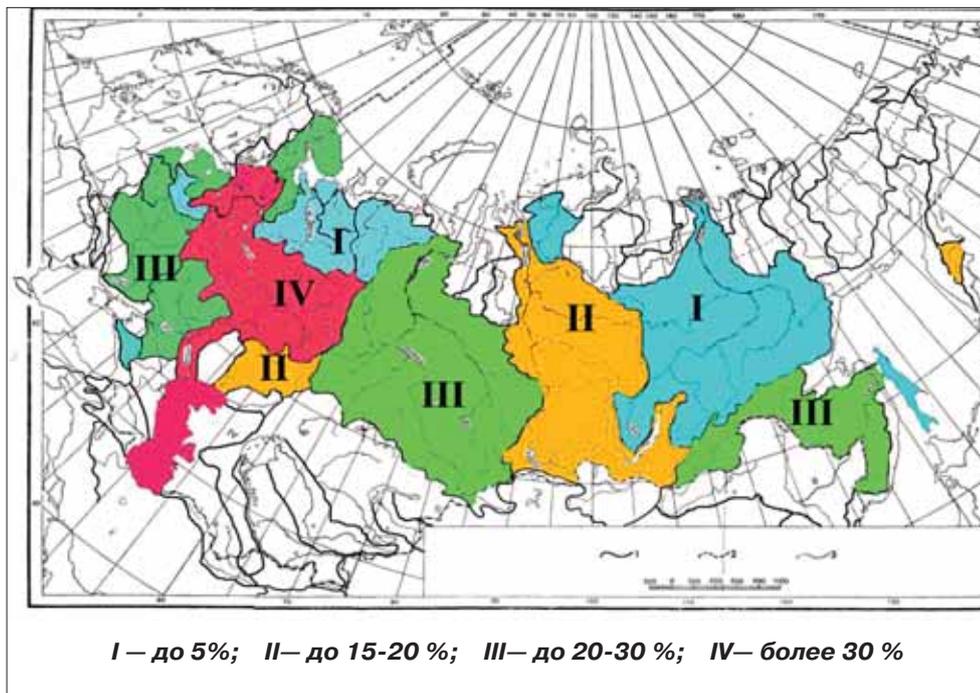
Проникновение живых организмов в экосистемы, расположенные за пределами их естественного ареала, или биологические инвазии чужеродных видов сегодня глобальная проблема. Пришельцы с другого континента – будь то вирусы, бактерии, грибы, водоросли, мхи, папоротники, высшие растения, беспозвоночные, рыбы, рептилии, птицы, млекопитающие – способны разрушить целую экосистему и нанести существенный ущерб сложившимся аборигенным видам.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИНВАЗИИ В РОССИИ СЕГОДНЯ

Инвазии чужеродных видов (или видов-вселенцев) происходили всегда, но если ранее растения и животные переселялись по естественным причинам, связанным, прежде всего, с глобальными геологическими и климатическими преобразованиями Земли, то последние 400–500 лет они в основном прямо или косвенно обусловлены деятельностью человека. При рассмотрении естественных биологических инвазий общеизвестен пример обмена представителями наземной фауны между Евразией и Америкой через Берингию, непосредственно касающийся территории современной России. Происходили в прошлом и наблюдаются сейчас процессы в водных экосистемах

в районах водоразделов крупных речных систем, которые существенно различаются по генезису и составу животного населения. В частности, сходство ихтиофаун верховьев рек Алтая, юга Сибири и Монголии свидетельствует о контактах водных бассейнов Тихого и Северного Ледовитого океанов и Центрально-Азиатского бессточного бассейна. Тем не менее к началу серьезной научной инвентаризации фауны и флоры России в XVIII в. большая часть естественных ареалов видов уже сформировалась. Однако примерно тогда же начался процесс антропогенных изменений условий жизни и численности аборигенных видов и вселение чужеродных.

Несмотря на то, что большая часть нашей страны находится в зоне умеренного и холодного климата, а



Распределение чужеродных видов рыб по бассейнам рек России (% к общему числу видов).

проведенные исследования показывают, что виды-вселенцы с наибольшей интенсивностью внедряются в южные регионы, целый ряд обстоятельств способствует инвазионному процессу и в России. К ним относится, прежде всего, обширная территория, покрывающая несколько биогеографических подразделенностей. Кроме того, в стране отсутствует надлежащий контроль за перемещениями живых организмов, повсеместно идут интенсивные грузоперевозки, длительное время и в большом объеме в СССР — России осуществлялась (и теперь в небольшом объеме) политика по преднамеренной интродукции («акклиматизации») организмов с целью повышения продуктивности экосистем и увеличения ассортимента получаемых из них продуктов, а также слабо развито соответствующее законодательство.

Анализ периодических изданий АН СССР и РАН, проведенный в конце 1990-х годов, показал: на территории РФ обнаружено свыше 500 видов чужеродных животных. Но, безусловно, реально их гораздо больше, если принять во внимание общее снижение интенсивности полевых исследований биоразнообразия, которое наметилось в конце XX в.

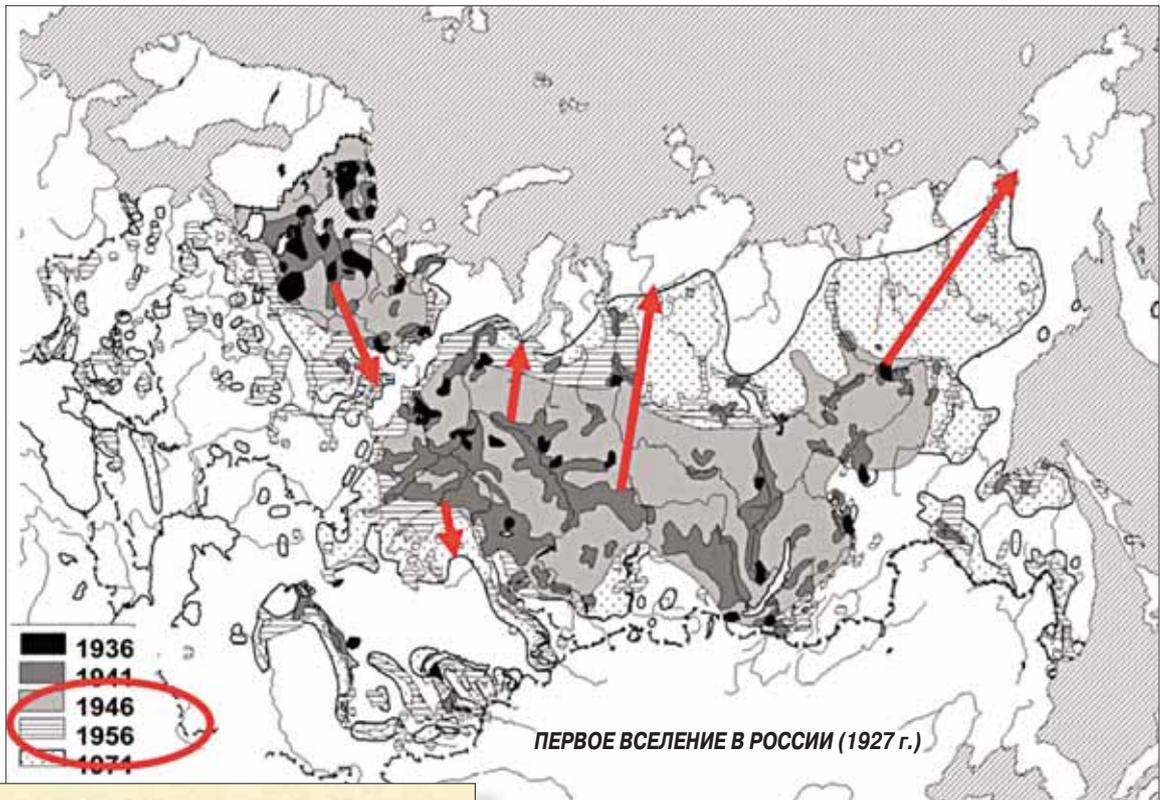
Многолетняя активность государственных организаций и частных лиц по преднамеренной интродукции организмов имела серьезные последствия для естественного разнообразия. Это проникновение вселенцев привело к тому, что только в европейской части России теперь встречается 1150 чужеродных видов растений (причем все они ранее обитали за границами региона, а не расширяли свой ареал в его пределах), 191 вид растительноядных насекомых

(абсолютное большинство из них — вредители сельского, лесного и паркового хозяйства), 59 видов рыб, 62 — млекопитающих.

К концу XX в. на территории России сформировалось несколько инвазионных коридоров, по которым с большой скоростью стали расселяться чужеродные виды. Для наземных организмов (прежде всего растений и насекомых) это связано с путями перевозок сельскохозяйственной продукции и древесины, а для водных — с бассейнами крупных рек, интенсивным гидростроительством и судоходством. В последнем случае особую роль играют построенные каналы, часто соединяющие эти бассейны между собой. На расселение гидробионтов по инвазионным коридорам влияет и создание водохранилищ, которые позволяют лимнофильным организмам (приспособленным к обитанию в стоячих водоемах озерного типа) поэтапно распространяться на значительные расстояния.

В настоящее время можно с уверенностью говорить о наличии на территории нашей страны четырех крупных трансконтинентальных водных инвазионных коридоров: черноморско-каспийско-волжском, обь-иртышском, байкало-енисейском и амурском. Характерно, что в них фауна чужеродных видов составляет не менее 20%, что хорошо видно на примере рыб.

Учитывая, что большинство крупных рек течет у нас с севера на юг (Волга) или с юга на север (Обь, Енисей, Лена), известную роль в экспансии чужеродных видов гидробионтов играли глобальные климатические изменения (потепление) последних

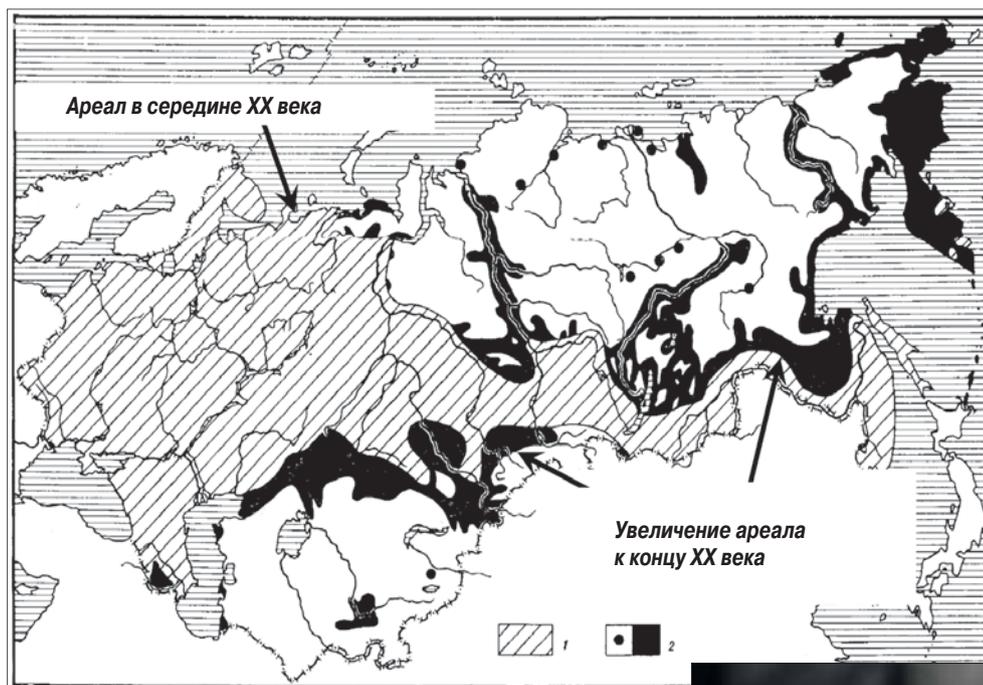


Стрелками указано перемещение границы ареала во второй половине XX в. (Из книги В.В. Боброва, А.А. Варшавского, Л.А. Хляпа «Чужеродные виды млекопитающих в экосистемах России», 2008).

Изменение ареала ондатры.

десятилетий. В Волжском бассейне период создания водохранилищ сопровождался активными мероприятиями по интродукции гидробионтов. На протяжении 1940–1980-х годов предпринимались попытки интродуцировать в бассейн Волги 18 видов рыб — сиговых с северо-запада РФ, карповых из Амура, икталуровых, катастомид и карпозубых из Северной Америки. После создания водохранилищ и их эвтрофирования инвазионный процесс резко усилился и за счет саморасселения гидробионтов. В 1940–1970-х

годах по большинству водохранилищ Волги самораселились типичные обитатели озер северо-запада России — ряпушка и корюшка. Позднее, в конце XX в., в связи с глобальным потеплением с юга, из Азовского (через Волго-Донской канал) и Каспийского морей по Волге начали продвигаться 7 видов бычков, черноморская пухлощекая игла-рыба и черноморско-каспийская тюлька. При этом относительно молодые водохранилища оказались более уязвимыми для чужеродных видов.



Изменение ареала серой крысы в XX в. (по Кучеруку, 1990).



Климатический фактор явно стимулирует инвазии и наземных животных. Например, интродуцированная в нашу страну в начале прошлого века ондатра, видимо, в основном по причине потепления продолжала расширять свой ареал на север. И хотя ее вселение в качестве охотничьего вида не оправдалось, она стала существенно менять растительный покров (водный и околоводный) и оказывать большое давление на двусторчатых моллюсков, которые она потребляет. В ряде мест ондатра является «резервуаром» и переносчиком болезней.

Если продолжить рассматривать инвазии млекопитающих, то проблема чужеродных видов здесь встает особенно остро еще и потому, что часть из них — это синантропные животные (живущие вместе с человеком) и местами, куда они вселяются, являются не только населенные пункты и агроценозы, но и естественные аборигенные экосистемы. К примеру, серая крыса из Китая, очень давно распространившаяся по

всему миру, и в конце XX в. расширяла свой ареал, что в основном связано с поселениями человека. В свое время крысы разнесли по земному шару пандемическую чуму, названную «черной смертью», и к тому же каждый год разрушают и уничтожают до 20% мировых запасов продовольствия.

Далее. На протяжении многих лет в нашей стране проводили работы по интродукции домашнего и дикого северного оленей в северо-восточные районы. В начале 1920-х годов прошлого столетия их завезли и на остров Врангеля. Здесь они хорошо прижились, стали вести полуволевой образ жизни. Однако остров Врангеля — единственное место гнездовий белого гуся, редкого исчезающего вида. И через несколько лет после вселения сюда оленей стало наблюдаться уменьшение количества гнездящихся белых гусей. Только с 1960 по 1973 г. их численность снизилась с 400 тыс. до 6 тыс. пар, при этом основной причиной стал вид-вселенец —

северный олень, нанесший серьезный ущерб местам гнездовий.

К сожалению, этот и другие печальные результаты вселения млекопитающих ничему не научили любителей «улучшать» природу. В 2003 г. черношапочного сурка вселили на остров Парамушир, а северного оленя завезли в 2005 г. на остров Шумшу Большой Курильской гряды. Следует напомнить, в соответствии со статьей 8(h) Конвенции о биологическом разнообразии, подписанной Россией в 1992 г. в Рио-де-Жанейро, страны-участники «должны предотвращать интродукции, контролировать или уничтожать те чужеродные виды, которые угрожают экосистемам, местам обитания или видам». Ведь специалистам хорошо известно, что островные экосистемы особенно уязвимы к любым воздействиям, включая инвазии чужеродных видов. Принимая во внимание это обстоятельство, а также то, что упомянутые острова практически не заселены человеком, мероприятия по интродукции млекопитающих вряд ли можно считать разумными.

Следует понимать, что вселение чужеродного вида — серьезное вмешательство в природу, исправить неблагоприятные последствия которого, как правило, невозможно. Во многих случаях виды-вселенцы, вступая в контакты с популяциями аборигенных видов, существенно преобразуют структуру биоценозов, что приводит к крупномасштабным экологическим, экономическим и социальным последствиям.

Отметим, что отечественные ученые неоднократно указывали на необходимость осторожного подхода к вселению новых видов. Но несмотря на появление в начале 1960-х годов обстоятельного объективного обзора результатов так называемых «акклиматизационных» (так в нашей стране неудачно именуют преднамеренную интродукцию) работ, показавшего бесполезность и даже вредность многих из них, ряд специалистов продолжали пропагандировать расселение животных. В то же время ученые уже тогда начали «бить тревогу». Так, анализируя результаты многочисленных вселений охотничьих животных на территорию СССР, профессор МГУ им. М.В. Ломоносова Владимир Гептнер пришел к выводу, «что большинство из них было неудачно или мало удачно и дало небольшой или сомнительный экономический эффект». Весьма разумные мысли в отношении интродукции животных высказывал и известный зоолог Андрей Насимович: «Лучше восстанавливать местные виды, чем продвигать в эти районы животных, хотя бы и того же вида, но из районов, резко отличных по природным условиям».

В течение длительного времени в ряде стран существует точка зрения, что при экстенсивном ведении хозяйства (в частности, при эксплуатации рыбных

ресурсов) в природных системах можно существенно повысить выход продукции путем проведения интродукции чужеродных видов. В соответствии с данным подходом многие годы в нашей стране проводилось широкомасштабное расселение водных организмов.

Тем не менее, даже беглое рассмотрение результатов этих мероприятий показывает: подавляющее большинство преднамеренных вселений чужеродных организмов следует признать неудачными. Несмотря на предварительный анализ природной ситуации в районах, где планировали произвести вселение, а также на подготовку специальных научных обоснований для интродукции, новые виды или не приживаются, или оказывают влияние на экосистему в неожиданном для акклиматизаторов направлении. Например, анализ данных по акклиматизации рыб на территории России-СССР за период с 1763 по 1957 г., проведенный биологом Евгением Бурмакиным, показал: несмотря на большие усилия (вселения осуществляли в 1398 водоемах), результаты трудно отнести к категории удачных — биологический эффект наблюдался лишь в 12% зарыбленных водоемов, выживаемость посадочного материала установлена в 15% водоемов, в 32% случаев получен отрицательный итог, в 41% случаев его вообще не выявили. В конце XX в. многолетние работы по вселению рыб в водохранилища страны также не принесли ожидаемого промыслового эффекта и часто приводили к неконтролируемому расселению рыб в соседние водоемы.

В последние годы особое место в инвазионном процессе заняли транспортные перевозки, прежде всего морские. Скажем, анализ балластных вод судов, выполненный во многих портах мира, показал: ежедневно с водами перевозят более 7 тыс. живых организмов. Благодаря таким случайным перевозкам, например, в Азово-Черноморском бассейне теперь встречается свыше 150 чужеродных видов, а в Каспийском море — около 60. Многие из них сильнее всего повлияли на экосистемы наших южных морей. К примеру, один из старых морских вселенцев — брюхоногий моллюск рапана. Все, кто отдыхал на Черном море, видели эту симпатичную ракушку. Но она уже имела два пика численности после своего вселения 50 лет назад и уничтожила большое количество мидий и устриц, являющихся объектами промысла и важными компонентами природных сообществ.

Другой страшной инвазией стало вселение гребневика мнемипсиса. Это небольшое желетелое беспозвоночное животное длиной всего 10–12 см попало в начале 1980-х годов в Азово-Черноморский бассейн предположительно с балластными водами. Родина его — Северная Америка. Довольно быстро, к концу 80-х годов, мнемипсис достиг огромной численности. Биомасса его в пробах на 1 м³ составля-



Гребневик Mnemiopsis leidyi.
Фото О.В. Савинкина

ла до 12–13 кг. Значительная площадь моря была буквально заполнена им. Он потребляет водных беспозвоночных, планктонных организмов, при этом сам находится в планктоне, т.е. живет в толще воды. Диапазон размеров этих организмов очень большой — от 10 мк до 1,5 см. Довольно быстро этот гребневик уничтожил всю кормовую базу пелагических рыб, питающихся рачками. Кроме того, он уничтожил и снизил численность моллюсков, чья подвижная стадия также обитает в пелагиали. В результате после вселения мнемииопсиса в Черном море уловы рыб упали в 6 раз. Это коснулось наших килек, составлявших тогда основу промысла, и рыбаки понесли гигантские экономические и социальные потери. По ряду оценок, ущерб от вселения этого гребневика в Черном море составлял до 250 млн дол. в год. В 1999 г. мнемииопсис был обнаружен в Каспийском море, куда, видимо, тоже был перенесен случайно с балластными водами. В итоге и здесь уловы рыб стремительно упали в несколько раз.

ИССЛЕДОВАНИЯ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ В РОССИИ

Российскими биологами проблема чужеродных видов в современном ее понимании стала интенсивно обсуждаться и разрабатываться сравнительно недавно, в 1990-х годах, хотя в несколько иных аспектах инвазионные процессы исследуются в нашей стране уже более ста лет.

Первоначально научные работы вели в направлении поиска полезных для человека живых организмов, которые можно было бы привезти из отдаленных регионов и натурализовать в новых местах. При этом изучали как виды, способные, казалось бы,

повысить продуктивность аборигенных экосистем и увеличить ассортимент ресурсов, используемых человеком, так и способные помочь людям бороться с вредителями сельского хозяйства. Не обсуждая целесообразность подобных мероприятий, можно с уверенностью сказать, что полученные научные результаты очень много дали для понимания хода инвазионного процесса, в особенности для оценки возможностей вселенцев адаптироваться к абиотическим факторам среды. Кроме того, в ходе этих исследований подробно описаны этапы и определены сроки натурализации чужеродных видов после их преднамеренной интродукции. Следующим этапом изучения стал анализ результатов многолетних работ по интродукции и создание сводок по ряду видов-вселенцев.

Были опубликованы монографии по колорадскому жуку, дрейссене, ондатре, пеляди, овцебыку и ряду других чужеродных видов, расселившихся по территории СССР и России. В некоторых работах авторы предприняли попытки оценить воздействия видов-вселенцев на экосистемы-реципиенты.

Конец XX — начало XXI в. ознаменовались интенсификацией инвазионного процесса в России. Активизировались и научные изыскания в этой области. Стали появляться работы, подробно описывающие процессы инвазии, воздействие конкретного чужеродного вида на аборигенные виды и экосистемы. Такие работы, в частности, выполнены для элодеи канадской, за сто лет распространившейся почти по всей территории России, гребневика, рачков церкопагиса и акартии и полихеты маранцеллярии, освоивших Балтийское море, байкальской амфиподы, вселенной в пресные водоемы северо-запада России,

камчатского краба, вселенного в Баренцево море, рыбы ротана, самораспространившегося после единичных выпусков в водоемы европейской части России, Западной Сибири и озера Байкал, черноморско-каспийской тюльки, расселившейся по волжским водохранилищам, корюшке, вселившейся в ряд озер и водохранилищ северо-запада страны, речному бобру, реинтродуцированному и саморасселяющемуся по всей территории России.

В итоге этих исследований было установлено, что более уязвимы к инвазиям нарушенные экосистемы. Чаще всего такие нарушения вызваны хозяйственной деятельностью человека, вследствие чего происходит ликвидация или преобразование местообитаний, переэксплуатация отдельных видов биологических ресурсов. Была обозначена и роль глобальных климатических изменений в инвазионном процессе.

Важным итогом работ последних лет стало выявление основных транзитных путей инвазионного процесса. Наибольшие успехи достигнуты в определении способов проникновения в Россию сорных растений и насекомых-вредителей. Большинство этих путей связано с потоками сельскохозяйственных грузов. Возросшее в последние 20–30 лет расселение водных организмов вызвано строительством каналов, плотин и интенсификацией транспортных перевозок. Начаты работы по мониторингу чужеродных видов гидробионтов по важнейшему для европейской части России черноморско-каспийско-волжскому транзитному пути, а также организмов, попадающих к нам с балластными водами судов.

Из других безусловных достижений российской науки об инвазиях следует отметить многолетние комплексные исследования карельского Сязозера, показавшие, что появление лишь одного нового вида рыб (корюшки) может трансформировать схему потока энергии по пищевым цепям водной экосистемы. Наблюдаемые в Сязозере преобразования связаны с тем, что вселенная корюшка стала в экосистеме-реципиенте ключевым видом.

Большое воздействие на экосистемы происходит в результате средообразующей деятельности другого ключевого вида — речного бобра. К началу XX в. он был почти уничтожен на территории России. Однако после интенсивной реинтродукции, начатой в СССР в 1920-е годы, и саморасселения это животное во многих районах достигло сравнительно высокой численности. В настоящее время ему вернули первоначальный ареал. В случае с речным бобром, учитывая большие масштабы преобразований экосистем, произошедших в результате климатических и антропогенных воздействий, а также то, что многие из этих преобразований необратимы, следует признать, что реинтродукции (восстановление ранее исчезнув-

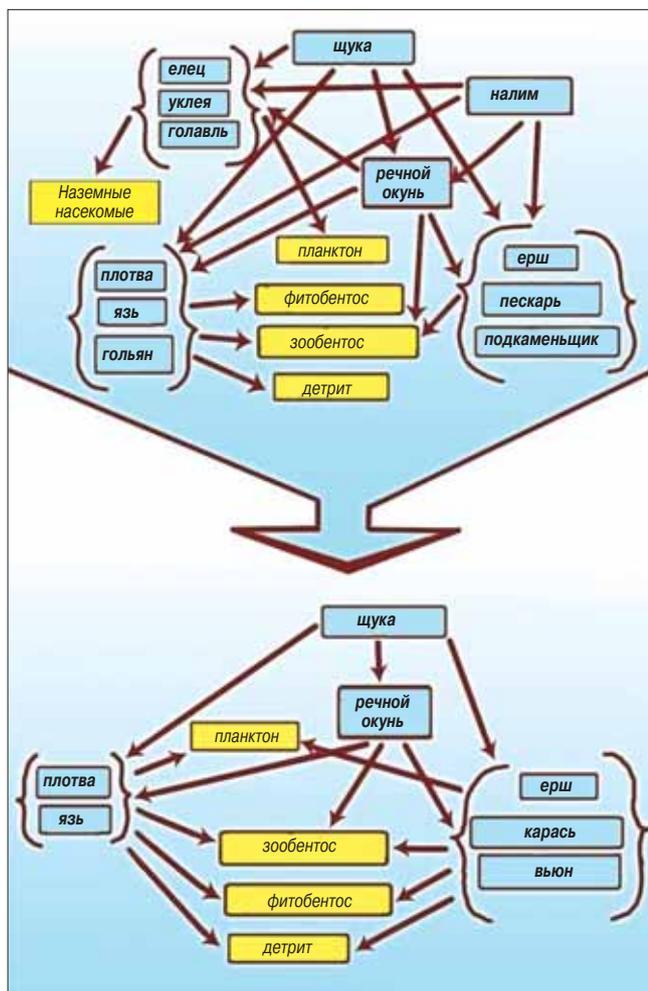
ших популяций в местах их естественного обитания) фактически являются инвазиями. «Старый» вид оканчивается чужеродным в ранее родной, но теперь измененной экосистеме. Расселение речного бобра привело к серьезным изменениям в пищевых сетях малых рек, что хорошо показано для бассейна верховьев Волги.

Происходившее с речным бобром указывает на то, что эта деятельность требует соблюдения особой осторожности, ибо, как правило, экосистемы, в которые вселяется реакклиматизант, сильно трансформированы, и последствия появления «пришельцев из прошлого» могут быть непредсказуемыми.

Значительный прогресс в последние годы достигнут и в области моделирования инвазионного процесса. При использовании в качестве прототипа зоопланктонных сообществ и конкретных параметров реальных видов удалось показать: предсказание успеха внедрения чужеродных видов возможно только при учете наиболее важных факторов (наличия избыточного пищевого ресурса, хищничества и эксплуатационной конкуренции), влияющих на исход конкуренции между аборигенными видами и вселенцами. Модели свидетельствуют, что простой зависимости биоразнообразия сообщества и его устойчивости к вселениям не существует, а предсказание результата инвазионного процесса требует в каждом конкретном случае проведения тщательного биологического и математического анализа ситуации.

В последние годы сделаны первые шаги по инвентаризации чужеродных видов России с представлением результатов в доступной для исследователей и представителей регулирующих организаций форме. Созданы базы данных по основным группам организмов и для регионов (европейская часть России, бассейны Балтийского и дальневосточных морей, Волги). Из общедоступных интернет-ресурсов по проблеме чужеродных видов следует отметить создание проблемно-ориентированного портала «Чужеродные виды на территории России» (сайт Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН <http://www.sevin.ru>). Основные его цели и задачи включают: информирование населения, законодательных органов и научного сообщества о проблемах инвазий чужеродных организмов; координацию деятельности различных специалистов и организаций в рамках одного из научных центров по изучению инвазий; создание единого информационного пространства по проблеме инвазий чужеродных видов на территории и акватории России.

В результате активности прежде всего специалистов РАН, вузов, ряда отраслевых институтов проблеме вселения чужеродных видов на территорию



РФ уделяется все большее внимание. За короткий срок в рамках ряда проектов (включая программы Президиума РАН, Российского фонда фундаментальных исследований и Министерства образования и науки РФ) удалось выявить основные транзитные пути инвазий, создать базы данных по чужеродным видам, оценить их воздействие на аборигенные экосистемы, разработать систему мониторинга и, что особенно важно, создать сеть станций наблюдения на основных инвазионных путях.

Изменения в пищевых сетях малых рек бассейна Волги после вселения бобров.

Большую роль в развитии исследований по биологическим инвазиям чужеродных видов сыграли все-российские и международные конференции, организованные в последние годы. Многие из них завершились изданием тематических сборников и монографий. С 2008 г. выходит электронный «Российский журнал биологических инвазий», в последние годы и на английском языке.

Однако многое еще предстоит сделать, так как поле для исследований инвазионного процесса постоянно расширяется. В связи с этим можно определить следующие перспективные работы по инвазиям чужеродных видов: исследование адаптаций видов-вселенцев и видов-аборигенов, подвергшихся инвазиям; изучение уязвимости экосистем к инвазиям чужеродных видов; изучение экологических параметров видов, ставших успешными вселенцами; экспериментальные и модельные исследования трофических отношений (конкуренция, взаимоотношение хищник-жертва, паразит-хозяин) вида-вселенца в экосистеме-реципиенте; мультидисциплинарный подход к исследованиям экологических последствий вселения чужеродных видов.

В настоящее время остро стоит задача координации всех исследовательских групп, занимающихся проблемами инвазий чужеродных видов как в рамках организаций РАН, так и других ведомств. Определенную роль в процессе такой координации может сыграть секция «Инвазий чужеродных видов» Комиссии РАН по сохранению биоразнообразия, созданная в 2002 г. За годы работы членами Секции организованы три международных конференции и один круглый стол; издано два сборника научных статей. Начата публикация книг серии «Чужеродные виды России», уже выпущено пять: В.А. Чашухин «Ондатра: причины и следствия биологической инвазии», В.А. Чашухин «Норка американская», В.В. Бобров, А.А. Варшавский, Л.А. Хляп «Чужеродные виды млекопитающих в экосистемах России», Ю.К. Виноградова, С.Р. Майоров, Л.В. Хорун «Черная книга России», В.Ю. Масляков, С.С. Ижевский «Инвазии растительноядных насекомых в европейскую часть России».

Будем надеяться, что научные разработки найдут применение в реализации мероприятий по прогнозированию, контролю и предотвращению последствий инвазий чужеродных видов. Без этого экологическая безопасность страны остается под серьезной угрозой.

Иллюстрации предоставлены автором

«ЖИВЫЕ» КАМНИ ПОЛУОСТРОВА КРАББЕ

Кандидат геолого-минералогических наук Владимир ПОПОВ,
ведущий научный сотрудник
лаборатории петрологии вулканических формаций
Дальневосточного геологического института ДВО РАН
(г. Владивосток)

Побережье Хасанского района южного Приморья – уникальная экосистема, значительная часть которой относится к Дальневосточному морскому биосферному государственному заповеднику ДВО РАН и природному парку Хасанский.

Этот регион, в конце XIX – первой половине XX в. с любовью воспетый знаменитыми путешественниками и натуралистами Николаем Пржевальским, Владимиром Арсеньевым, Юрием и Валерием Янковскими, писателем Михаилом Пришвиным, сегодня становится центром международного экологического и научного туризма на дальневосточной окраине России, в связи с чем особое значение приобретают его изучение и сохранение.

Расположенные здесь геологические объекты (к ним в первую очередь относится полуостров Краббе и его составная часть – полуостров Новгородский) представляют собой естественный минералогический музей с древними вулканами, прекратившими активную деятельность 30 млн лет назад, и месторождениями декоративных поделочных камней – опалов, халцедонов и агатов.

Своеобразное строение полуостровов Краббе и Новгородский и их роль в развитии геологической науки впервые отметили известный исследователь природных ресурсов Востока нашей страны Эдуард Анерт, описавший в 1928 г. флору третичных отложений района, и Георгий Власов, составивший в 1945 г. в ходе съемочных работ на Хасанском буровугольном месторождении детальную стратиграфическую схему кайнозойских образований Краскинской впадины, не потерявшую актуальность до сих пор.

Детальное изучение здешних вулканических образований проводил также в конце 1990-х и в последующие годы автор статьи. По результатам полевых исследований и палеовулканологических реконструкций, в частности, удалось установить несколько центров извержений в районе поселка Краскино и деревни Зайсановка, а также на полуостровах Новгородском и Краббе. Базальты и андезиты (горные породы основного и среднего состава, состоящие из плагиоклаза, оливина, пироксена и вулканического стекла), как



Карта морского побережья на юге Приморья, где расположен полуостров Краббе.

Мархинин образно называл магму в виде огненных потоков, раскаленного пепла, шлаков и палящих туч «живым» камнем. «Вулкан как человек: рождается, переживает юность, зрелый возраст и старость, и умирает, когда его жизненная сила — магма — перестает его питать, — писал он. — «Душа» покидает камень в виде облачков сизого газа, выделяющегося из лавовых потоков или лавовых куполов. После этого лава превращается в обычный камень». Такие породы и слагают полуостров Краббе, они могут многое рассказать о рождении и жизни бушевавших здесь в прошлом вулканов. Их геохронологическое датирование, проведенное специалистами, указывает: в данной местности извержения происходили в позднем эоцене — 38–32 млн лет назад.

Протяженность полуострова от мыса Дегера на юго-востоке до Астафьева на северо-западе составляет чуть более 10 км, а максимальная ширина от мыса Клыкова до Конечного — 5 км. Узким полукилометровым перешейком, представляющим древнюю намывную косу, он соединяется с материком. Его северо-западные пологие и крутые скалистые юго-западные берега омывают воды бухт Новгородская и Рейд Паллада. В центральную часть глубоко вдается бухта Миноносок, вместе с соседней Крейсерок они входят в состав морского заповедника. Западная часть полуострова оканчивается обрывающимся в море мысом Астафьева. Относительно пологий водораздельный хребет в центре венчают несколько вершин. Самая высокая из них — гора Новгородская — достигает 179,5 м над уровнем моря. Если смотреть на полуостров с перешейка или с ближайшей к нему точки — вершины небольшого вулкана Хребет Динозавра, отчетливо виден своеобразный ступенчатый рельеф его склонов. Пологие боковые гребни образуют гряды, наклоненные в сторону открытого залива Посьета. Со стороны бухты Новгородской они обрываются крутыми уступами-ступенями. Такой рельеф называют куэстовым (от англ. *cuesta* — откос, склон горы). Как правило, он создается при залегании пластов осадочных, реже покровов вулканических пород, имеющих неоднородное строение.

В километре от мыса Астафьева находится длинная (свыше 4 км) намывная песчаная коса Назимова (Чурхадо). Ее северо-западное окончание венчает живописная андезитовая скала. Между двумя вдающимися в море участками суши расположен небольшой безымянный островок — останец андезитовых лав. Севернее — небольшой полуостров Новгородский, где еще в 1859 г. первыми русскими мореплавателями было открыто месторождение бурого угля (сейчас здесь обосновался поселок Посьет).

Перечисленные прибрежные ландшафты полуострова Краббе — «живые» страницы каменной летописи прошедших вулканических событий, важнейший на юге Приморья объект для развития познава-

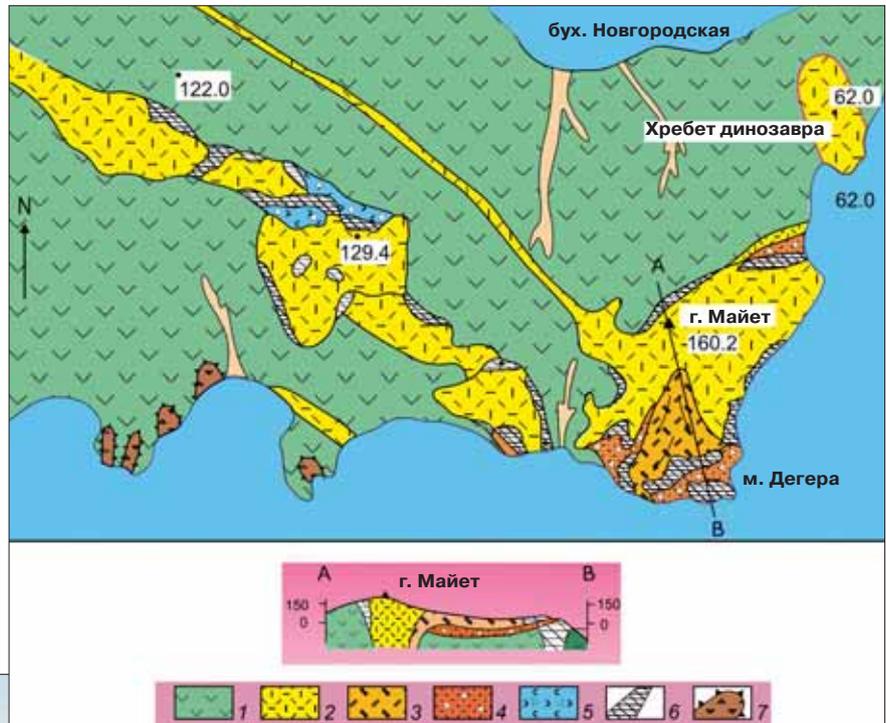
выяснилось, слагают руины стратовулканов*, а риолиты и дациты (горные породы кислого состава, состоящие из кварца, калиево-натриевого полевого шпата и биотита) — экструзивно-лавовые постройки с пирокластическими (обломочными) отложениями, наиболее отчетливо выраженные в рельефе полуострова Краббе. Разнообразие фациальных и петрографических типов его вулканических пород, хорошая обнаженность и четкая морфологическая выраженность геологических тел, легко «читаемые» разрезы в береговых обрывах, включающие коренные проявления цеолитов, опала, халцедона, кварца, выделяют данный объект в разряд уникальных.

Проявления вулканизма — один из характерных и важных геологических процессов, имеющих огромное значение в формировании земной коры. Ни одна поверхность на нашей планете — будь то континент или океаническая впадина, складчатая область или платформа — не формировалась без лавовых излияний. Один из виднейших вулканологов нашей страны доктор геолого-минералогических наук Евгений

*Стратовулкан — вулкан, сложенный неоднократно переслаивающимися рыхлыми отложениями и сплошными потоками лав (прим. ред.).

Схематическая геологическая карта юго-восточной части полуострова Краббе:

- 1 – андезиты;
- 2 – экструзивные тела риолитов;
- 3 – лавовый поток риолитов вулкана горы Майет;
- 4 – туфы и ксенотуфы риолитов;
- 5 – стекловатые туфы риолитов;
- 6 – вулканические стекла (перлиты);
- 7 – эксплозивные тела и жерловые брекчии андезитов.



Куэстовый грядовый рельеф полуострова Краббе.
Фото Е. Кравцовой

тельного и научного геотуризма. Полуостров назван в 1863 г. в честь вице-адмирала Николая Краббе (1814–1876) экспедицией подполковника Василия Бабкина, проводившего здесь на учебном корвете «Калевала» гидрографические работы. Сам Краббе плавал на военных судах в Черном, Каспийском и Белом морях. В 1860 г. был назначен управляющим Морским министерством. На Дальнем Востоке не служил, но оказывал содействие генерал-губернатору Восточной Сибири (1847–1861 гг.) Николаю Муравьеву-Амурскому в усилении местной флотилии и исследовании морей региона.

Полуостров Краббе — запрокинутый в результате обрушения блок стратовулкана, в настоящее время

возвышающийся над более молодыми тектоническими впадинами (бухты Экспедиция, Новгородская, залив Посыета) — по условиям образования аналогичен острову Самосир на озере Тоба (Индонезия), возникшему около 73 тыс. лет назад в результате катастрофического извержения, вызвавшего глобальные климатические изменения. Некоторые археологи и антропологи считают, что именно это привело к резкому сокращению на Земле популяции вида *Homo sapiens*. В основании Самосира, как и на дальневосточном полуострове, можно увидеть обнаженные древние породы фундамента вулкана.

На останце приморского стратовулкана сохранилось большое количество жерловин, трубок взрыва,



**Памятник природы –
вулкан Хребет Динозавра.**

**Экструзив рассечен
многочисленными трещинами
и полостями, возникшими
при внедрении на поверхность
кислой магмы.
Фото Е. Кравцовой**



**Крутозалегающие горизонты
туфов риолитов подняты при экструзии
вулканических стекол.
Породы содержат обломки
вулканической постройки,
а также фундамента (ксенолитов),
сцементированных пепловой массой.**

Разнообразные скульптурные фигуры и арки на полуострове Краббе сложены вулканическими стеклами.



Эксплозивные брекчии сложены обломками серых андезитов и окисленной цементирующей массой того же состава.

экструзивных куполов* — центров извержения более мелких (дочерних) вулканов и отходящих от них лавовых потоков риолитов и вулканических стекол. Наиболее крупная из таких построек — гора Майет — возвышается на 160 м над уровнем моря. Расположенная в 2 км к северо-западу от нее вершина с отметкой 129,4 м также является самостоятельным экструзивным куполом. Благодаря процессам эрозии они хорошо выражены в рельефе полуострова и образуют характерные геоморфологические формы (лавовые потоки, купола, дайковые** тела), а в береговых обнажениях видно их строение в вертикальном разрезе. Изверженные породы представлены эксплозивными брекчиями, пирокластическими отложениями (вулканическими туфами) и лавами — по химическому составу это базальты, андезиты и риолиты.

К наиболее интересным типам слагающих полуостров пород относятся туффзиты. Имеющие облик обычных туфов, они залегают не в виде покрывающих склоны вулкана и его окрестности отложений, а

*Экструзия — магматическое тело, возникающее в результате выжимания вязкой лавы на земную поверхность в виде куполов (прим. ред.).

**Дайка — плитообразное вертикальное или крутопадающее тело, ограниченное параллельными плоскостями и секущее вмещающие породы; образуется путем заполнения трещин магматическим расплавом (эндогенные) или осадочным материалом (экзогенные) (прим. ред.).

в трещинах, по ним в форме суспензии (подобно кимберлитам) внедрялась магма, состоящая из дацитов и риолитов. Ее извержения, кроме того, сопровождались излиянием лав флюидальных риолитов и водосодержащих вулканических стекол (перлитов), во время остывания которых происходило отделение гидротермальных растворов. Циркулирование богатых кремнеземом составов приводило к вторичной гидратации (насыщению водой) аморфного вулканического стекла и появлению в нем минералов цеолитовой группы*. Они и заполняли трещины и пустоты в породах, где происходило выпадение из раствора кремнезема в форме различных модификаций — опала, халцедона и кварца.

Вулканизм полуострова Краббе, отражающий глобальные геологические события, происходившие в кайнозойский период (текущая эра геологической истории Земли) на границе Азиатского континента и Тихого океана, совпадает с начальной стадией формирования котловины (впадины) Японского моря. Он проявлялся в пределах проседания частей земной коры, возникавшего при перемещениях по тектоническим разломам — сдвигам. Такие бассейны (грабены), названные геологами «пулл апарт» (от англ. pull

*Цеолит — природный минерал, обладающий свойством поглощать и прочно удерживать в структуре частицы различных веществ (прим. ред.).



На кромке берегового обрыва мыса Дегера на потоке флюидальных риолитовых лав растет только на самом юге Приморья рододендрон Шлиппенбаха (*Rhododendron schlippenbachii* Maxim.).

В вулканических стеклах, обрамляющих купол высотой 129,4 м, образовались литофизы, выполненные разноцветными агрегатами опала.



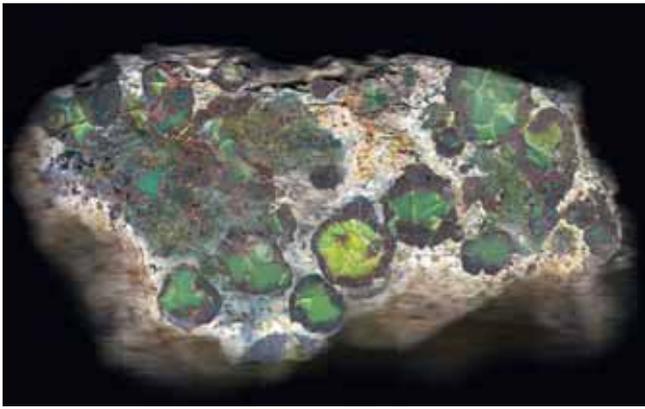
apart basin), по природе являются рифтогенными (горизонтально растягивающимися). Ограничивающие их разломы глубинны и могут проникать до зоны, где происходит зарождение магм. Поэтому при опускании они быстро заполняются своеобразной вулканогенной молассой — толщей обломочных пород, базальтовыми, андезитовыми и риолитовыми лавами, пирокластическими покровами, а в периоды затухания процесса извержения — вулканогенно-осадочными и терригенными (образовавшимися из продуктов выветривания горных пород) угленосными отложениями.

На юге Приморья таковой является Краскинская впадина, протянувшаяся на 50 км в северо-западном направлении шириной 3–12 км. Ее юго-западный борт ограничен системой крутых сбросов. Глубина дна здесь достигает более 900 м. Главную роль в ее тектоническом развитии сыграли левосторонние сдвиги, определившие современную конфигурацию в виде смещенных относительно друг друга блоков некогда единой вулканической постройки полуостровов Новгородский и Краббе.

В эоцене Японское море еще не существовало, а его нынешние острова были частью континентальной окраины. Краскинская впадина располагалась на значительном удалении от побережья. Вулканизмом был охвачен ее юго-восточный фланг. В районе поселков Краскино, Посъет и полуострова Краббе выделяются несколько центров извержений лав базальт-андезитового и дацит-риолитового составов, слагающих руины стратовулканов. Геологи допускают, что мощные эксплозивные извержения кислых магм привели к формированию крупной кальдеры (чашеобразной впадины), на месте которой в настоящее время находится бухта Рейд Паллада. Образование Японского моря произошло в миоцене (22–15 млн лет назад).

Последующие молодые тектонические процессы окончательно раздробили некогда единый вулканический массив на ряд поднятых и опущенных блоков. Повышение уровня моря в послеледниковый период голоцена (12–10 тыс. лет назад) привело к формированию на месте опусканий мелководных бухт Новгородской и Экспедиции, а также глубоководного залива Посъета и современного рельефа морского побережья. Полуостров Краббе — наиболее крупный останец исчезающего вулкана, поэтому в его породах запечатлена история формирования всей Краскинской впадины.

В начальную стадию вулканизма происходило излияние базальтовых лав на древние (палеозойские) породы, составляющие днище котловины. Это хорошо видно на северо-восточных склонах Краббе со стороны бухты Новгородской, где базальты перекрывают фундамент вулканической постройки и слагают основание конуса стратовулкана. Позднее на склоны стали изливаться более вязкие андезитовые лавы, чередующиеся с горизонтами пирокластических пород — продуктов взрывов. На завершающей стадии происходило формирование экструзивных куполов. Примечатель-



Наряду с опалом на полуострове Краббе можно встретить литофизы, выполненные агатом.
Фото Е. Кравцовой

Опал в поперечном срезе.



но, что далеко от здешних мест, на Камчатке, есть современный аналог Краббе — действующие огнедышащие исполины Шивелуч и Безымянный.

Базальт-андезитовый вулканизм в дальнейшем сменился извержением кислых магматических расплавов — они и привели к формированию еще одной группы вулканов. Этот процесс сопровождался выбросом огромного количества пирокластического (пеплово-пемзового) материала. Его горизонты переслаивались с осадочно-угленосными породами. Эти пласты содержат многочисленные отпечатки растений и водных животных (домики личинок ручейников, скелетов рыб). Например, в широко известном среди палеоботаников Краскинском карьере, расположенном недалеко от поселка Краскино, вскрыты флороносные отложения, позволяющие восстановить виды наземных растений, произраставших здесь в олигоценовый период. Данный разрез стал эталонным для характеристики флоры дальневосточного юга в ту эпоху.

Интересен в геологическом плане вулкан Хребет Динозавра — острый скалистый выступ (самый высокий его пик — 62 м над уровнем моря), простирающийся с юго-востока на северо-запад и словно охраняющий вход на полуостров со стороны перешейка. В высоких вертикальных стенках береговых обнажений со стороны бухты Рейд Паллада «вскрыты» корневые зоны вулканической постройки горы Майет. Здесь можно увидеть различные типы пород — ксенотуфы, флюидалные лавы риолитов, покровные и экструзивные тела вулканических стекол с литофизами (полыми сферическими камерами) опала, халцедона и кварца, заключенные в них громадные блоки ксенолитов, интрузивные туфы и брекчии — так называемые туффизиты, представляющие удивительную группу изверженных пород. К слову, этот термин впервые ввел в 1941 г. немецкий геолог Ганс Клоос. Так он выделил обломочные породы, слагающие жерла вулканов и залегающие в

виде жил, даек и силлов (пластовых образований). В последние годы интерес к их изучению, обусловленный необычностью состава и происхождения, значительно вырос. В 2000 г. уральские геологи Ирина Голубева и Лев Махлаев даже предложили выделять их в самостоятельный классификационный таксон.

Выходы туффизитов на полуострове Краббе образуют особые формы рельефа — вулканогенные куэсты, создающие неповторимый горно-степной ландшафт водораздельного хребта. Обычно он характерен для областей, сложенных осадочными породами неоднородного состава. Его можно наблюдать, например, в Крыму. В Приморье же куэсты сформированы по вулканическим породам — устойчивым к выветриванию лавам андезитов, переслаивающихся с более рыхлыми межпластовыми туффизитами риолитового состава, образующими дугообразные тела от 3 до 15 м протяженностью 5–7 км. Их выходы на поверхность зафиксированы в основании куэстовых ступеней. Туффизиты имеют замысловатое внутреннее строение. Их центральные зоны сложены преимущественно риолитами, промежуточные — своеобразными туфогравелитами и конгломератами, краевые — эксплозивными брекчиями с ответвлениями в форме жил и нитевидных прожилков, заполненных тончайшим материалом ярко зеленого цвета — магматической эмульсионной суспензией.

Значительный интерес представляют удивительные по образованию и составу пирокластические породы — ксенотуфы — продукты взрывного газовойзрывного извержения риолитового вулкана — горы Майет, залегающие в фундаменте постройки. Это интрузивные (граниты, диориты, габбро) и метаморфические (кристаллические сланцы, гнейсы) горные породы рифейского (1570–600 млн лет) и палеозойского (570–230 млн лет) возраста. В береговых обнажениях отчетливо видно слоистое строение туфовой толщи. Каждый ее пласт — результат очередного извержения и отложения на склоне вулкани-



На берегу бухты Флюидальных Лав недалеко от мыса Дегера преобладают прекрасно препарированные гальки риолитов и других декоративных камней.



На полуострове Краббе вулканические стекла (передний план) пространственно ассоциируют с флюидальными риолитами (на заднем плане), образуя зоны закалки в экструзивных телах.

ческой постройки выброшенных обломков, цементировавшихся первичным магматическим материалом, представленным здесь пеплом риолитового состава. В ходе взаимодействия с водными растворами вулканическое стекло замещалось вторичными минералами — цеолитом, опалом и гидрослюдами.

И еще. На полуострове Краббе известны проявления цветных и декоративных камней* — агатов, халцедонов, опалов, флюидально-полосчатых лав и хлоритизированных туфов, красных яшмовидных пород. Их образование связано с вулканическими и поствулканическими гидротермальными процессами. На мысе Дегера и в районе высоты с отметкой 129,4 м можно встретить литофизы размером от 10 до 15 см в поперечнике, внутренние зоны которых выполнены полупрозрачным опалом, имеющим желтую и зеленую окраску, а также риолиты. Последние имеют характерную тонкофлюидальную текстуру, обусловленную чередующимися полосками серого и буровато-зеленого цвета, и могут быть использованы в качестве поделочного камня. Привлекают внимание декоративные окремненные пепловые туфы, содержащие относительно крупные (от 1–2 до 3–4 см)

линзовидные обломки измененного вулканического стекла зелено-фиолетового цвета, что выделяет их на фоне основной массы сиренево-коричневого цвета.

Полуостров Краббе с разнообразием типов вулканических пород, хорошей обнаженностью и выраженностью геологических тел в рельефе служит полигоном для проведения учебных практик студентов Дальневосточного федерального университета — будущих геологов, географов, биологов и экологов. По материалам, полученным учеными Дальневосточного геологического института ДВО РАН* при детальном изучении его природных объектов, подготовлены слайд-фильм и экспозиция для созданного здесь музея с коллекцией типов пород, распространенных на полуострове, схематическими и геологическими картами, космическими снимками, фотографиями ландшафтов и геологических памятников, делающие научно-образовательную экскурсию «Исчезающие вулканы полуострова Краббе» зримой.

*См.: В. Соляник. «Золотой фонд» геологической науки Приморья. — Наука в России, 2013, № 5 (прим. ред.).

*См.: В. Пахомова. Геммология и ее развитие в Сибири и на Дальнем Востоке. — Наука в России, 2012, № 4 (прим. ред.).

Материалы, опубликованные в журнале «НАУКА В РОССИИ» в 2013 г.

ПРОБЛЕМЫ. ПОИСК. РЕШЕНИЯ

Алифанов В., Сеница С.	
«Парк юрского периода» в Забайкалье.....	1
Бабин С. «Случайный» волоконный лазер.....	1
Галимов Э. Челябинский метеорит.....	4
Глунов В., Крюков В., Мартемьянов В., Юрлова Н.	
Многоликий мир паразитов	4
Добрынин В. Загадка свечения Байкальских вод	2
Еричев В.	
Современные подходы к лечению глаукомы	3
Ившина И.	
Роль бесконечно малого бесконечно велика	1
Карев В., Карева О., Мелерзанов А.	
Мезодиэнцефальная модуляция и адаптационная медицина	5
Ковальчук М., Попов В.	
Рентгеновское и синхротронное излучение — путь к познанию структуры биомакромолекул.....	3
Колесников Н., Титов С., Жимулев И.	
МикроРНК в диагностике рака.....	6
Кузьмин М., Ярмолюк Е., Кравчинский В.	
Глубинная геодинамика — основной механизм развития Земли.....	6
Мордвинов В., Фурман Д.	
«Обская болезнь» — недооцененная опасность.....	3
Панин Л.	
Актуальные проблемы арктической медицины.....	6
Пахомова В.	
Геммология и ее развитие в Сибири и на Дальнем Востоке	4
Полещук А.	
Оптика века информационных технологий.....	2
Розанов В., Матвейчук И., Быков В., Сысоев Н.	
«Медицинские профессии» водяной струи	5
Смагин А.	
Настоящее и будущее самой плодородной почвы... ..	1
Шадрин А. Радиохимические технологии в топливном цикле «быстрых» реакторов	6
Язев С. Комплексы активности на Солнце.....	5

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Евдокимова Н. Тайны «третьей планеты».....	5
Смирнова Л.	
Открытия на Большом адронном коллайдере	1

Тарасова Н.

Этический кодекс химиков будущего	3
---	---

ИННОВАЦИИ. НАНОТЕХНОЛОГИИ

Алдошин С.	
Отечественные ноу-хау: время надежд.....	2
Понизовкина Е. Неизвестный миокард	6
Мальгина М.	
Мощный инструмент в руках фтизиатров	6

ТОЧКА ЗРЕНИЯ

Белашев Б., Болондинский В.	
Карельская береза — загадочное дерево Севера	5
Бондаренко А. Лето 2010 года: жара в России и наводнения в Пакистане.....	2
Зуев В.	
Тропические вулканы и климат Арктики.....	5
Мочалова О., Хорева М. Аспекты взаимодействия растений и птиц на берегах Охотского моря.....	6

ТЕХНИКА XXI ВЕКА

Мальгина М.	
Универсальный ледокол для Арктики.....	3
Хализева М. Арктический проект «Севмаша»	2
Хализева М.	
Электричество и тепло с доставкой потребителю	4
Чернышев С. Самолеты будущего.....	4

НАУКА И ОБЩЕСТВО

Бужилова А., Лунькова Ю. Совет музеев	2
Зеленый Л., Есин В., Кокошин А.	
Астероидно-кометная опасность.....	4

С МЕСТА СОБЫТИЙ

Булатов В., Горохова Е. Россия и Голландия	5
Мальгина М. Эффективная инвестиция в науку	4
Сидорова Е.	
Необъятный мир морских млекопитающих	1
Хализева М.	
Векторы развития атомной энергетики	6

ЮБИЛЯРЫ

Белецкая В. Академик Александров: прямая речь... ..	1
Велихов Е. Он не мог жить по-иному.....	1

Гагаринский А., Яцишина Е. От секретной лаборатории к национальному исследовательскому центру	2	Дгебуадзе Ю. Чужеродные виды: экологическая угроза	6
Глубоковский М. Восемь десятилетий научного поиска	5	Колосов П. Природное сокровище на реке Лене	2
Мокульский М. У истоков возрождения отечественной генетики	1	Латыпов Ю. Заповедная акватория в заливе Петра Великого	4
Попов В. Научные труды академика Александра ...	1	Мамаев Е. Экосистемные исследования на границе Азии и Северной Америки	3
Превыше всего — наука	1	Попов В. «Живые» камни полуострова Краббе	6
Рутковский В. Космический олимп академика Петрова	2	400 ЛЕТ ДОМА РОМАНОВЫХ	
Тишков В., Пивнева Е. Центр отечественной этнологии и антропологии	6	Фрагменты из «Истории Петра I» Александра Пушкина	5
Хализева М. Александровский стиль	1	Базанова О. От Земского собора до взятия Азова	5
ВРЕМЕНА И ЛЮДИ		Базанова О. «Старый государев двор»	6
Базанова О. У кромки Сходненской Чаши	1	Базанов С. «Славный былинный богатырь»	6
Базанова О. «Летняя загородная увеселительная резиденция»	2	Мезенцев Е. «Благословенный, великодушный держав восстановитель»	5
Базанова О. Столица Каспия	3	ИЗ ПРОШЛОГО	
Борисова О. «На семи холмах..., на семи ключах...» ..	4	Жилина Н. Древнерусское прикладное искусство в эпоху становления государственности	4
Борисова О. Город мастеров	2	Яновский В. Курортная архитектура Серебряного века	2
Кулаков В. Сторожевые псы в декоративном искусстве викингов	2	ПУТЕШЕСТВИЯ ПО МУЗЕЯМ	
Хализева М. Судьба и магия таланта	3	Базанова О. Страна голубых рек	4
Шатко В., Потапова С., Фролов В. Сад в долине Кулу	1	Борисова О. «Россия вошла в Европу, как спущенный корабль...»	3
ИСТОРИЯ НАУКИ		Соколова И. Из истории вологодской нумизматики ...	3
Вехов Н. Начала отечественной географии	1	Соляник В. «Золотой фонд» геологической науки Приморья	5
Волков В. По страницам дневников Владимира Вернадского. 1943–1944 гг.	2	Удальцова В. Соединение науки и искусства	5
Калинин Ю., Ковалевский В. Шунгитовые породы: горизонты научного поиска ...	6	ПАНОРАМА ПЕЧАТИ	
Леонтьев Л., Некрасов И. Химия и металлургия	6	Межокеанский конвейер	1
Макоско А. Росгидромет — от Москвы до самых до окраин	5	Метаногены со дна алтайских озер	2
Никонов А., Флейфель Л. О землетрясениях в Сибири в конце XVII — начале XVIII вв.	4	«Третье пришествие» на Ямал	2
Толмачева Е. Достижения современной египтологии	1	Чудо-сплавы	3
Фокин С. Традиции Петербургской школы зоологов	3	Метан... под деревьями	3
Чибилёв А. Сохранить острова первозданной природы России	3	Сибирская геохимическая школа	3
Яницкий О. Владимир Вернадский: политик, историк, общественный деятель	2	Прецизионные панели для обсерватории «Миллиметр»	3
НАШ ДОМ — ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ		В глубь материи и... истории	3
Бакиев А., Маленёв А. Черная водяная змея в Европейской России	4	Степень риска	4
Гудым А., Антипин В. Заповедное Водлозерье	4	В поисках жизни на Марсе	4
		Новый препарат регенеративной медицины	4
		Диабет под контролем	5
		И катализатор, и сорбент	5
		Протон против рака	6