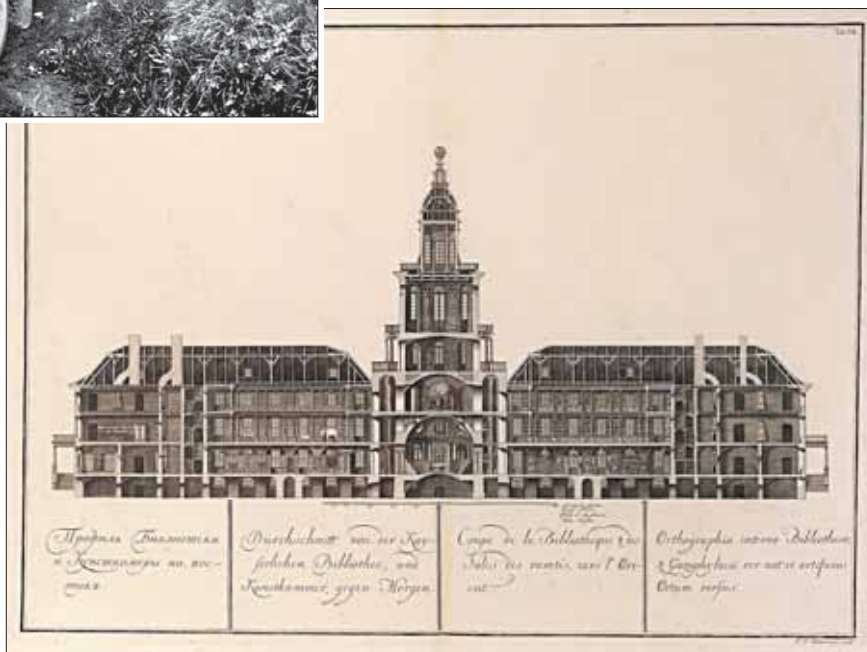


66 Первая мировая война 1914–1918 гг. дала мощный импульс развитию науки и техники во всем мире. Многие проекты, вызванные тогда к жизни необходимостью дать отпор врагу, в том числе отечественных ученых и конструкторов, стали ступенью для новых изобретений и открытий, а также способствовали подъему практически всех отраслей промышленности.

53 Собрание знаменитой Кунсткамеры пополнялось на всем протяжении ее существования. Однако большинство первых экспонатов Музея связано с экспедицией выдающегося ученого Даниила Мессершмидта. Его по праву можно назвать основателем этнографических коллекций Кунсткамеры.



82 Территория Центральной Сибири, сложенная породами разных возрастов — от древнейших до современных, относится к числу уникальных в России. Богатая палитра полезных ископаемых региона, история изучения и освоения его недр широко представлены в Музее геологии г. Красноярска.



На западном берегу Нила в Луксоре, в «Долине вельмож», расположена Фиванская гробница № 23. Ее соорудили для Чаи, писца царской корреспонденции при дворе царя Меренптаха (XIX династия). С 2006 г. Центр египтологических исследований РАН начал длительные работы в Луксоре по расчистке, изучению и консервации данного исторического памятника. К сегодняшнему дню результаты полученных исследований носят пока еще предварительный характер, однако уже уверенно позволяют сделать первичные важные выводы об истории данной гробницы и всего Фиванского некрополя.

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 60х90/8. 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 30.12.2013. Заказ № 1938. Выход в свет 23.01.2014 Тираж 375 экз. Цена свободная

© Российская академия наук, Президиум, «Наука в России», 2014



СОДЕРЖАНИЕ

ПРОБЛЕМЫ. ПОИСК. РЕШЕНИЯ

Коновалов А.

Наноассоциаты — территория непознанного 4

Крикалёв С., Крючков Б., Курицын А.

На пути к Марсу 11

Дядюченко В., Павлюков Ю., Вылегжанин И.

Доплеровские радиолокаторы в России 23

Леонова Г., Бобров В., Богуш А., Мальцев А.

Сапропели: богатства со дна озёр 28

ТОЧКА ЗРЕНИЯ

Барелко В., Дроздов М., Кузнецов М.

Почему взорвался Челябинский метеорит? 36

ИСТОРИЯ НАУКИ

Вехов Н. Первооткрыватель Урала 40

Иевлев А. Академическая миссия на Печоре 46

Терюков А., Салмин А. Основатель этнографических

коллекций Кунсткамеры 53

ВРЕМЕНА И ЛЮДИ

Хализева М. Во всем в жизни — по максимуму 57

Базанов С., Олейников А.

Они ковали «щит» и «меч» русской армии 66

ПУТЕШЕСТВИЯ ПО МУЗЕЯМ

Нишанбаев Т.

Минеральные богатства Ильменских гор 74

Игнатьева Л.

Природное наследие Центральной Сибири 82

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Иванов С. Фиванская гробница Чаи в Луксоре 97

Яковлев Р. Российские энтомологи в Африке 107

ПАНОРАМА ПЕЧАТИ

Уран, торий и энергетика будущего 19

Сланцевый и водорастворенный газ:

технологии добычи 92



2014 г. объявлен в нашей стране Годом культуры,
и одна из его знаменательных дат — 200 лет со дня рождения
великого мастера слова Михаила Лермонтова. Мы расскажем читателям
о некоторых страницах из жизни гениального поэта и прозаика,
за свой короткий век — неполных 27 лет — создавшего множество
выдающихся произведений, проникнутых
высокой гражданственностью, тонким психологическим анализом,
художественной выразительностью,
вошедших в сокровищницу российской литературы.

Автопортрет М.Ю. Лермонтова. 1837–1838 гг.

НАНОАССОЦИАТЫ — ТЕРРИТОРИЯ НЕПОЗНАННОГО

Академик Александр КОНОВАЛОВ,
Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова
Казанского научного центра РАН

Российскими учеными показано, что биологические эффекты, проявляемые высокоразбавленными водными растворами, обусловлены образованием наноразмерных молекулярных ансамблей (наноассоциатов) под влиянием двух эффекторов: растворенного вещества и внешнего электромагнитного поля. Открытие этого явления ставит сложные задачи перед физиками, биологами, химиками и требует дальнейших исследований.

«**Ф**акты, не объяснимые существующими теориями, наиболее дороги для науки, от их разработки следует по преимуществу ожидать ее развития в ближайшем будущем». Мысль, высказанная выдающимся химиком-органиком, действительным членом Петербургской АН Александром Бутлеровым в 1879 г., справедлива и в начале XXI в. Увы, не все ученые следуют этому положению. Уверенность в том, что наши сегодняшние знания всеобъемлющи и достаточны для понимания наблюдаемых явлений природы, приводит к тому, что скорее отрицаются сами факты, чем осуществляется поиск вызывающих их причин. А причины могут крыться в неведомых ранее явлениях. Именно к таким относится обнаруженное нами в ходе исследования, о котором и пойдет речь в данной статье.

Что же послужило его предпосылкой? Сегодня известны тысячи(!) примеров работ, проведенных в различных лабораториях мира и относящихся ко всем уровням биологической организации материи (биомакромолекулы → клетки → органы → организмы → популяции), в которых показано: водные растворы биологически активных веществ (БАВ) способны проявлять биоэффекты (речь идет о каком-то фиксируемом отклике биологической системы) при различных концентрациях таких веществ. От «обычных» уровней разбавлений — 10^{-3} – 10^{-7} М (полученные при этом результаты возражений у специалистов не вызывают) до области высоких — 10^{-12} – 10^{-20} М (вот тут возникают вопросы и сомнения). Между указанными уровнями — «мертвая зона», где биоэффекты отсутствуют (здесь следует отметить, что растворы

Тензиометр Sigma 720 ET (KSV Instruments) — прибор для определения поверхностного натяжения.

для соответствующих наблюдений готовят методом последовательных разбавлений — поэтому и применяется термин «высокоразбавленные растворы», приводимые же значения концентраций — расчетные). В России такие работы ведутся на протяжении последних 30 лет в лаборатории доктора биологических наук Елены Бурлаковой (Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН)*.

Почему же возникают вопросы и сомнения относительно эффектов в области высоких разбавлений? Для этого есть основания. Согласно существующим воззрениям таких эффектов не должно быть. Они как бы «вне закона». Действительно, соотношение между числами молекул растворенного вещества и воды уже при концентрации 10^{-8} М равно один к миллиарду, а при концентрации 10^{-18} М — один к миллиарду миллиардов! При этих условиях о каком биоэффекте может идти речь?! Такие растворы должны обладать свойствами растворителя, в данном случае — воды. На этом построена концепция бесконечно разбавленных растворов: при разбавлении, т.е. уменьшении концентрации присутствующего вещества, их свойства стремятся (и достаточно быстро) к свойствам растворителя. Поэтому большинство исследователей ответственность за такие эффекты в двойной системе «раствор — биообъект» возлагают на последний. Считается, что он каким-то образом (но каким — неизвестно, все на уровне предположений) реагирует на очень низкие концентрации или отдельные молекулы БАВ.

Ну, а если предположить, что ответственность за явление все же несут растворы? Может быть, в них возникают различные состояния, различные молекулярные ансамбли при различных концентрациях (степени разбавления) растворенного вещества, и биообъекты реагируют именно на эти состояния? Иначе как объяснить существование «мертвой зоны»?

Может быть, истинная причина того, что явление не находило объяснения, крылась в недостаточности уровня наших знаний? Результаты работ, проведенных в Институте органической и физической химии им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН автором данной статьи совместно с доктором химических наук Ириной Рыжкиной и кандидатами химических наук Ляйсан Муртазиной и Юлией Киселевой, показали: это действительно так. Впервые было предпринято достаточно масштабное, систематическое, комплексное исследование водных растворов веществ разной химической природы в широком интервале концентраций набором различных физико-химических методов.

*См. В. Пчелякова. Добро и зло сверхмалых доз. — Наука в России, 1995, № 1 (прим. ред.).

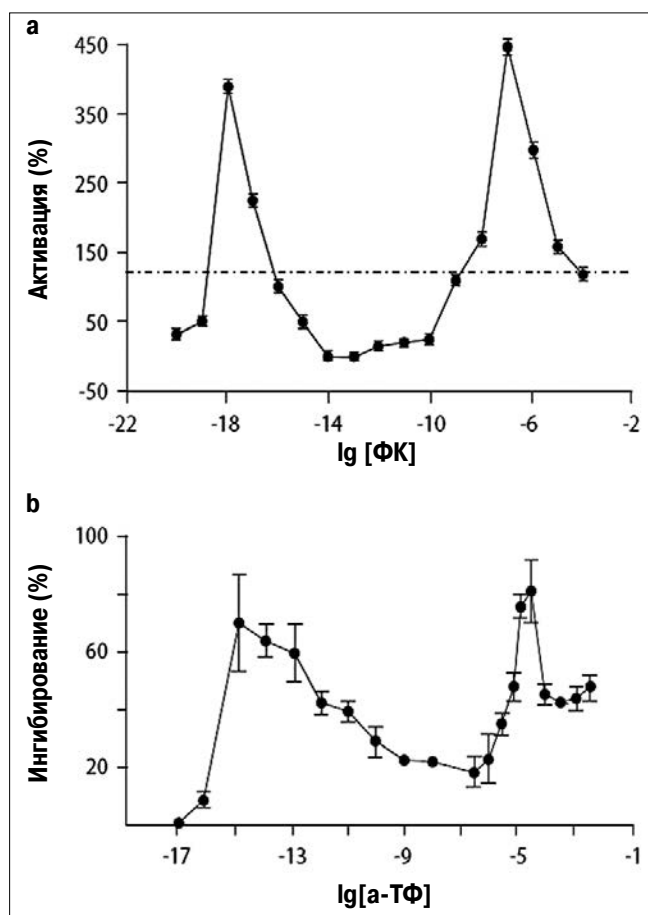


В итоге к настоящему времени изучено около 100 соединений в растворах с концентрациями от 10^{-2} до 10^{-20} М (начальная концентрация получена «по навеске», т.е. по взвешенному образцу анализируемого вещества, все последующие — путем последовательного разбавления растворов). В нашем списке — антиоксиданты, регуляторы роста растений, нейромедиаторы, витамины, транквилизаторы, гормоны, различные лекарства, а также вещества, биологические свойства которых неизвестны. С химической точки зрения в упомянутом перечне представлены соединения различного строения: от простых молекул (например, глицин — простейшая аминокислота) до сложных макроциклических соединений типа порфиринов* или каликсаренов**.

Каковы используемые нами методы и приборная база? Все общепринятое. Правда, техника — новейшая. Никаких сверхмалых данных. Все — далеко за пределами ошибок эксперимента, при соблюдении воспроизводимости результатов. Необычен лишь объект изучения: водные растворы со сверхнизкими концентрациями вещества. Исследовали, как прави-

*Порфирины — природные макрогетероциклические пигменты; к ним относят гемоглобины, хлорофиллы, цитохромы и др. (прим. ред.).

**Каликсарены — макроциклические соединения на основе фенолов, считающиеся с позиций супрамолекулярной химии веществами с почти неограниченными возможностями (прим. авт.).



ло, удельную электропроводность(χ), поверхностное натяжение(σ), pH, в отдельных случаях — диэлектрическую проницаемость, оптическую активность. Все это — свойства растворов. Существенно применение метода динамического светорассеяния (DLS — Dynamic Light Scattering), позволяющего определять размеры нанообъектов, присутствующих в растворах. Без него результаты всех остальных методов повисли бы в воздухе. Следует отметить, что применяемый в работе прибор Zetasizer Nano ZS фирмы Malvern Instruments (Великобритания) для измерения так называемого среднего гидродинамического диаметра нанообъекта (D) дает также возможность определять дзета-потенциал (он характеризует взаимодействие движущегося нанообъекта со средой). Таким образом, в нашем распоряжении были, с одной стороны, параметры растворов, с другой — параметры нанообъектов.

И еще. Опыты проводились как в «обычных» (на лабораторном столе), так и в «гипоэлектромагнитных» условиях. В последних случаях растворы после их приготовления в соответствии с разработанной процедурой выдерживали перед измерением 24 ч, но не на лабораторном столе, а в трехслойном пермаллоевом (на основе сплава железа и никеля) контейнере,

Зависимость степени активации протеинкиназы C от концентрации фенозана (калиевая соль), добавленной к гладкомышечным клеткам аорты крыс, растущим в культуре (a); изменение ингибирования активности протеинкиназы C в зависимости от концентрации α -токоферола (b).

экранирующем его содержимое от действия внешних электромагнитных полей. В частности, индукция геомагнитного поля снижалась более чем в тысячу раз, что является хорошим показателем экранирования.

Каковы же результаты изучения физико-химических свойств растворов? Анализ совокупности полученных данных привел нас к выводу, что концепция бесконечно-разбавленных растворов не универсальна. Растворы одних веществ ей соответствуют, других — нет. Поведение первых (порядка 25% из числа изученных соединений) было названо авторами «классическим», вторых (75%) — «неклассическим».

«Классическое» поведение — это достаточно быстрое достижение свойств растворителя при последовательном разбавлении растворов и никакого дальнейшего изменения их свойств. Было показано, что как поверхностное натяжение, так и удельная электропроводность при концентрациях 10^{-6} – 10^{-7} М достигали значений воды и при дальнейших разбавлениях не изменялись (поверхностное натяжение и удельная электропроводность бидистиллированной воды, применявшейся в экспериментах, составляли соответственно 71–72 мН/м и 1,5–2,0 мкСм/см). Эти показатели характерны для растворов приблизительно 25% изученных соединений. А для оставшихся 75%?

Здесь выявилась неожиданность. Оказывается, свойства растворов изменяются при разбавлении, причем нелинейно. Так, к примеру, для растворов фенозана калия (антиоксидант, синтезированный в Институте химической физики им. Н.Н. Семенова РАН) было показано, что в данном случае поверхностное натяжение при некоторых разбавлениях (концентрациях ниже 10^{-6} – 10^{-7} М) неожиданно снижается на 10–20 мН/м. Удельная электропроводность вдруг достигает 40 мкСм/см и претерпевает дальнейшие изменения. Причем все это за пределами ошибок эксперимента. Сопоставление изменений биоэффектов и физико-химических свойств растворов с разбавлением привело к выводу, что между ними имеется соответствие, т.е. и те, и другие являются результатом «неклассического поведения». У них общие причины. Какие?

Ответ получили с помощью метода динамического светорассеяния. И вывод такой: в высокоразбавленных водных растворах соединений с «неклассическим поведением» образуются наноразмерные молекулярные ансамбли, названные нами наноассоциатами. Их размеры, достигающие в ряде случаев 400 нм, изменяются с разбавлением нелинейно и немонотонно, скорее скачкообразно, в итоге получается картина,

**Концентрационная зависимость
поверхностного натяжения (1)
и удельной электропроводности (2)
разбавленных растворов
фенозана калия, 25°C.**

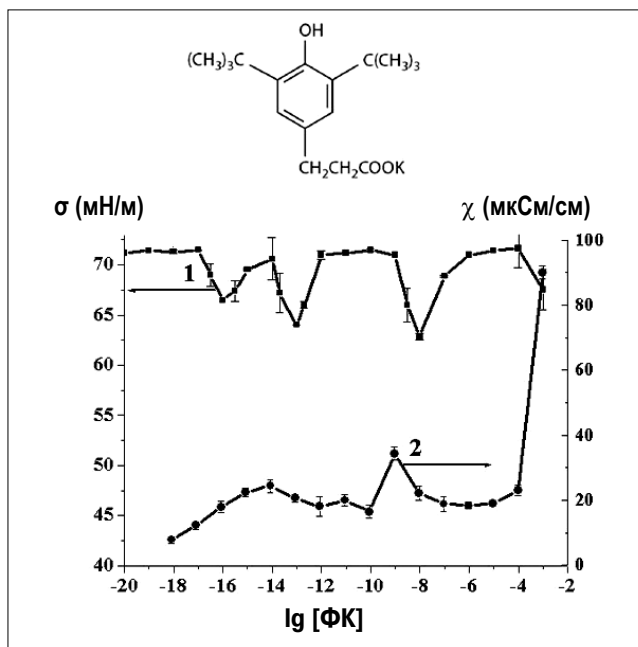
напоминающая зазубренную пилу. Примером здесь вновь могут служить растворы фенозана калия, для которых, как будет показано ниже, такие изменения имеют свое определенное значение. Были определены и дзета-потенциалы — они тоже изменяются нелинейно. Отметим, что в области высоких разбавлений их значения отрицательны.

Сопоставление параметров наноассоциатов, т.е. их размеров и значений дзета-потенциалов, и свойств растворов при изменении степени разбавления показывает: между всеми величинами есть соответствие. Это указывает на закономерный, а не случайный характер такой динамики при определяющей роли параметров наноассоциатов. Значит, именно наноассоциаты «диктуют поведение» разбавленных растворов.

В разбавленных растворах соединений с «классическим» поведением наноассоциаты не образуются. Следовательно, нет наноассоциатов — «классическое» поведение, есть — «неклассическое».

Судя по всему, для образования наноассоциатов необходима определенная структура растворенного вещества. Какая? Сегодня это не установлено. Однако существенно то, что такое вещество требуется обязательно. В «холостых» экспериментах (т.е. без растворенного вещества), в которых была воспроизведена система последовательных разбавлений (воду разбавляли водой), образование наноассоциатов не зафиксировано. Раз нет растворенного вещества — нет и эффекта. Следовательно, оно — эффектор образования наноассоциатов, но, как выяснилось, — только один из них.

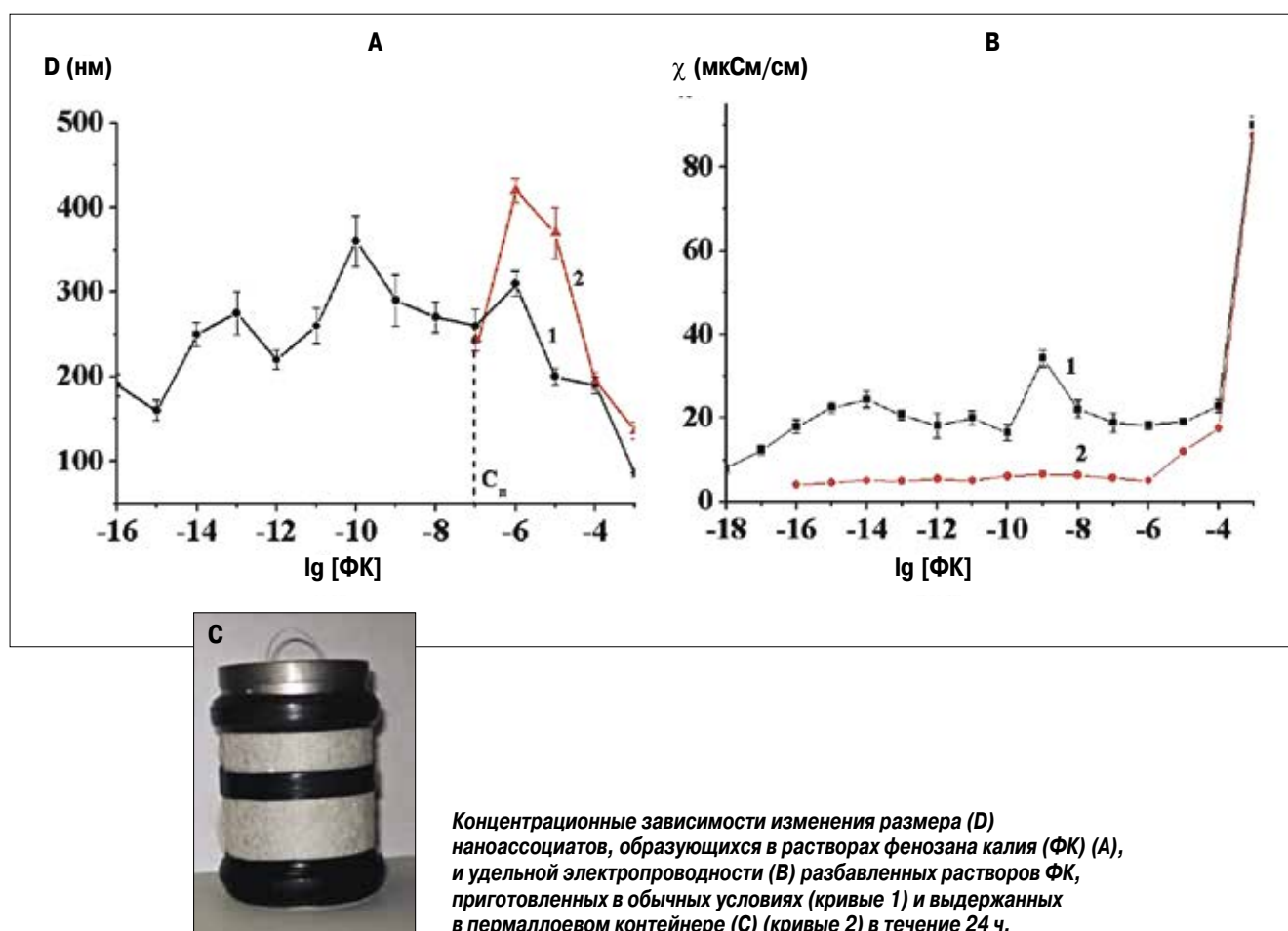
Другим эффектором образования оказались внешние электромагнитные поля. Это было установлено с помощью пермаллового контейнера, в котором, как уже сказано, внутренняя полость экранирована от внешних электромагнитных полей. Эксперименты проводили следующим образом. Приготовленный раствор делили на две части (и так при каждой концентрации). Один образец оставляли, как обычно, на лабораторном столе. Другой помещали в контейнер. Результаты оказались разные. Если на столе данные по размерам наноассоциатов для растворов фенозана калия, например, получены вплоть до 10^{-16} М, то в пермалловом боксе только до 10^{-7} М. Никаких наноассоциатов в пермалловом контейнере в области высокоразбавленных растворов нет! Значит, для их образования требовалось внешнее электромагнитное поле. И потому очень интересно сопоставление этих данных с показателями физико-химических свойств



растворов. Так, в растворах фенозана калия, выдержанных в пермалловом боксе, произошли принципиальные изменения удельной электропроводности. Начиная с 10^{-6} М она соответствует электропроводности воды и только воды. Это подтверждает, с одной стороны, чуть выше сделанный вывод: никаких наноассоциатов в пермалловом боксе в области высокоразбавленных растворов нет. С другой стороны, безусловно указывает на то, что полученные результаты не являются следствием какой-то методической ошибки. Это закономерность. Мы использовали разные методы, дающие информацию о предметах исследования: параметрах нанообъектов, находящихся в растворе, и физико-химических свойствах растворов. Сходимость результатов говорит о связи изучаемых явлений. Вот почему в определенном «доказательном» смысле — это один из ключевых экспериментов.

Можно сказать: в растворах, выдержанных в пермалловом контейнере, наблюдается трансформация «неклассического» поведения в «классическое», так как при отсутствии электромагнитного поля наноассоциаты не образуются. Таким образом, нет электромагнитных полей — нет наноассоциатов — нет «неклассического» поведения.

В целом рассмотрение всей совокупности данных по сопоставлению результатов «лабораторный стол» и «пермалловый контейнер» для веществ с «неклассическим» поведением приводит к заключению, что во всех случаях существует некая пограничная концентрация, несколько отличающаяся для различных соединений, но находящаяся в интервале 10^{-5} – 10^{-8} М. За ней следует область, где в серии «пермалло-



евый контейнер» наноассоциаты не образуются. Но ведь это как раз та область, где в обычных условиях проявляются «сомнительные» биоэффекты! И у нас возникло предположение: если в условиях экранирования от внешних электромагнитных полей отсутствуют наноассоциаты, то, наверное, не должно быть и таких биоэффектов.

Сотрудники Института биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН доктора биологических наук Елена Мальцева, Надежда Пальмина и кандидат химических наук Валерий Каспаров проверили это предположение. Они исследовали изменение вязкости липидной компоненты соответствующих мембран под влиянием растворов фенозана калия в условиях «лабораторный стол» и «пермалловый контейнер», а затем сопоставили полученные результаты. Оказалось, что в первом случае эффекты проявляются при трех концентрациях: 10^{-6} , 10^{-12} , 10^{-15} М, во втором же эффект сохранился в области 10^{-6} М, а два других исчезли.

Сравнение этих результатов с данными экспериментов по определению размеров нанобъектов в растворах фенозана калия в «обычных» и гипоелек-

ромагнитных условиях позволяет отметить интересные обстоятельства. Биоэффекту при 10^{-6} М на шкале размеров отвечает максимум. Как биоэффект, так и соответствующие ему нанобъекты в условиях «пермалловый контейнер» сохраняются. Биоэффектам при 10^{-12} , 10^{-15} М на шкале размеров отвечают минимумы. И те и другие в условиях «пермалловый контейнер» исчезают. Отсюда первый вывод: природа эффектов при 10^{-6} М, с одной стороны, и при 10^{-12} , 10^{-15} М с другой — различна.

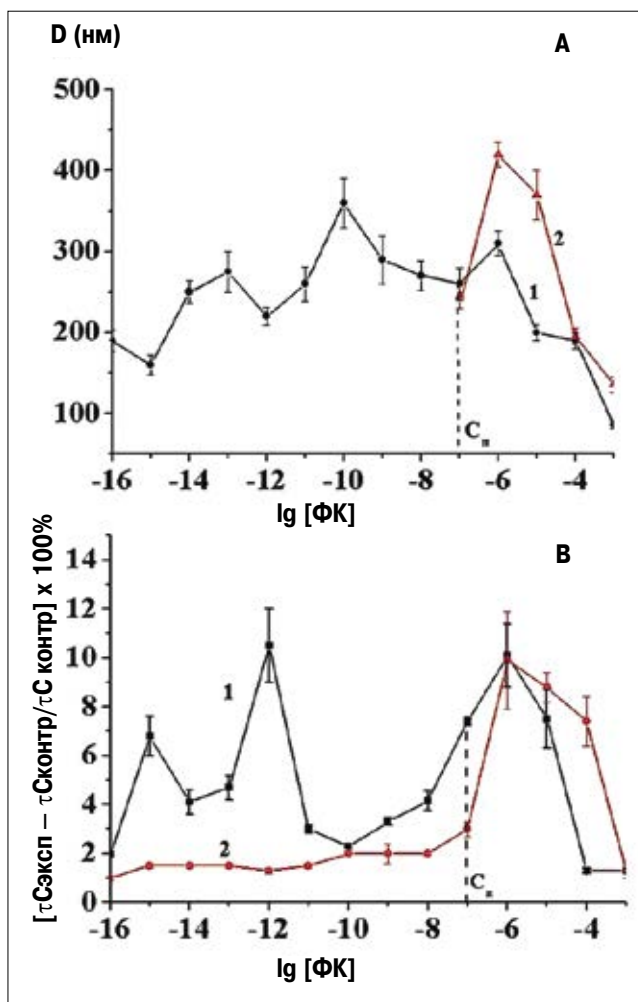
Второй вывод, ради которого и был осуществлен указанный эксперимент: в отсутствии электромагнитного поля в высокоразбавленных водных растворах наноассоциаты не образуются, и, как следствие, отсутствуют биоэффекты. Это — еще один ключевой «доказательный» эксперимент. Отсюда и вывод: нет электромагнитного поля — нет наноассоциатов — нет биоэффектов.

Интересный и «доказательный» опыт был проведен с участием кандидата технических наук Дмитрия Коновалова (Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского РАН) на примере раствора бромид-цетилтриметиламмония (БЦТА). В обычных усло-



Кандидат химических наук Ляйсан Муртазина (за компьютером), кандидат химических наук Юлия Киселева и доктор химических наук Ирина Рыжкина.

Концентрационные зависимости изменения размера (D) наноассоциатов, образующихся в растворах ФК (А), и микровязкости липидного бислоя синапсом (В) при воздействии разбавленных растворов ФК, приготовленных в обычных условиях (кривые 1) и выдержанных в пермалловом контейнере (кривые 2) в течение 24 ч.



виях в растворе при концентрации БЦТА 10^{-9} М образуются наноассоциаты размером порядка 240 нм. В отсутствие электромагнитного поля это не происходит. Однако если внутри контейнера генерировать поле 7 Hz, то в растворе возникают наноассоциаты приблизительно того же размера, что и в обычных условиях.

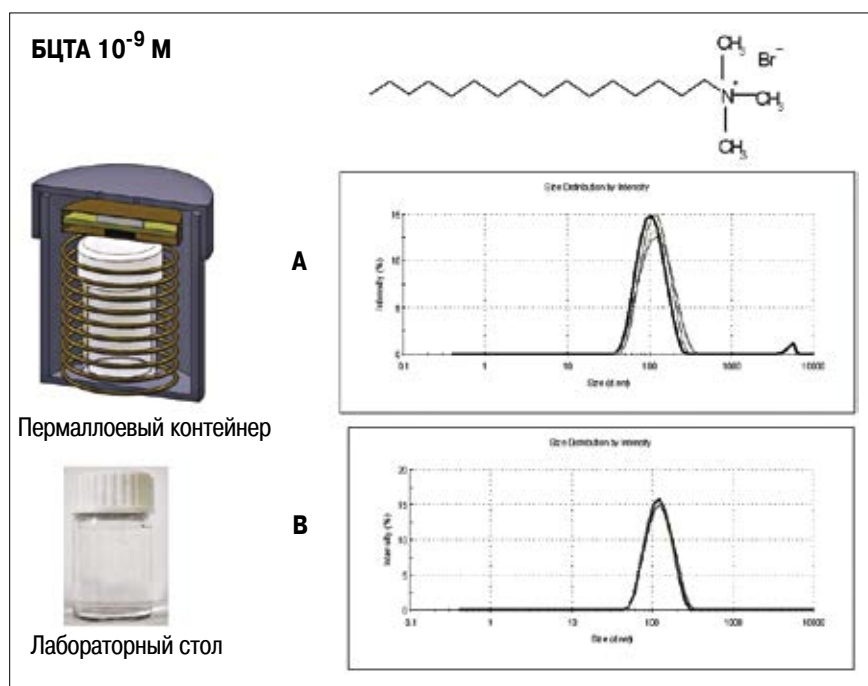
Итак, образование наноассоциатов — ключ к пониманию поведения высокоразбавленных водных растворов. Причем проявление биоэффектов в высокоразбавленных водных растворах БАВ в обычных условиях — закономерно: это результат образования наноразмерных молекулярных ансамблей под влиянием разбавленного вещества и электромагнитных полей.

Возникает вопрос: можно ли на основе полученных результатов предсказать вероятность проявления биоэффектов в высокоразбавленных водных растворах БАВ в обычных условиях? Очевидно, кое-какие уже можно, опираясь на предварительное физико-химическое изучение таких растворов. Если они ведут себя «классически», то биоэффектов не будет. Если же «неклассически», можно наметить области, где

эффекты ожидаемы. И такие предсказания были сделаны для более чем десяти случаев.

А что нам известно о наноассоциатах? Каков их состав? Оценки показывают: количества молекул разбавленного вещества при рассматриваемых концентрациях недостаточно, чтобы образовались наноассоциаты наблюдаемых размеров. Необходимо учитывать, что чувствительность упоминавшегося прибора Zetasizer Nano ZS при определении размеров нанообъектов в растворе требует их наличия в количестве не менее тысячи в миллилитре. Следовательно, основную часть наноассоциатов в высокоразбавленных растворах составляют молекулы воды. При этом надо иметь в виду, что нанообъекту размером в 100 нм соответствуют около 7 млн молекул воды.

Какова природа наноассоциатов? Этого мы пока не знаем точно, хотя предположения существуют. Каковы силы, способные удерживать вместе миллионы молекул? Ведь учитывая кубическую зависимость числа молекул воды в наноассоциате от его диаметра, соотношение будет приблизительно таково: 100 нм



Распределение частиц по размерам в разбавленном растворе БЦТА, выдержанном на лабораторном столе (А) и в пермалловом контейнере (В), содержащем генератор электромагнитного поля.

Концентрационные зависимости изменения размера (D) nanoассоциатов, образующихся в растворах БЦТА, приготовленных в обычных условиях (кривые 1) и выдержанных в пермалловом контейнере (кривые 2) в течение 24 ч.

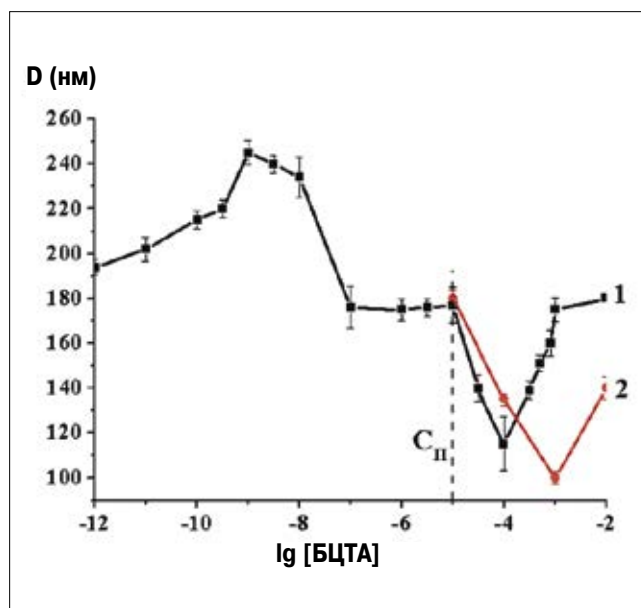
~ 7 млн, 200 нм ~ 50 млн, 300 нм ~ 200 млн, 400 нм ~ 500 млн молекул воды.

В конце концов, каково состояние материи, которое реализуется под влиянием растворенных веществ и электромагнитных полей, по крайней мере в высоко-разбавленных водных растворах? Вопросы, вопросы...

Таким образом, нами открыто неизвестное ранее фундаментальное явление: образование в высоко-разбавленных водных растворах под влиянием растворенного вещества и внешних электромагнитных полей наноразмерных молекулярных ансамблей — nanoассоциатов. Именно их образование определяет всю совокупность свойств (и физико-химических, и биологических) этих растворов. Но естественно возникают новые проблемы. С учетом уже сказанного вот некоторые из них. Что и почему происходит с nanoассоциатами при последовательном разведении растворов? Каков механизм влияния высокоразбавленных растворов на биообъекты? Что именно влияет: непосредственно nanoассоциаты или раствор, ими структурированный? Существуют ли nanoассоциаты в биообъектах? Если да, то какова их роль и механизм действия? Какова взаимосвязь между структурой молекул и образованием nanoассоциатов?

Представляется, что полученные результаты — только пролог исследований. Впереди — поле деятельности и для физиков, и для биофизиков, и для биологов, и, конечно, для химиков.

В заключение мысль, высказанная более полувека назад американским биохимиком, одним из основоположников биоэнергетики Альбертом Сент-Дьердьи (нобелевский лауреат 1937 г.): «По-видимо-



му, в нашем теперешнем складе мышления отсутствует что-то очень важное, целое измерение, без которого нельзя найти подход к этим проблемам (проблемам жизни). Вода не только mater (прародительница), но и matrix (матрица) жизни, и биология, возможно, не преуспела до сих пор в понимании наиболее очевидных функций из-за того, что она сосредоточила внимание на веществе в виде частиц, отделяя их от двух матриц — воды и электромагнитного поля».

Иллюстрации предоставлены автором

НА ПУТИ К МАРСУ

Кандидат психологических наук Сергей КРИКАЛЁВ,
летчик-космонавт СССР, начальник Научно-исследовательского
испытательного центра подготовки космонавтов (НИИ ЦПК)
им. Ю.А. Гагарина,
доктор технических наук Борис КРЮЧКОВ,
заместитель начальника НИИ ЦПК по научной работе,
доктор технических наук Андрей КУРИЦЫН,
начальник отдела НИИ ЦПК

**В декабре 2012 г. Правительство РФ утвердило
Государственную программу «Космическая деятельность России на 2013-2020 гг.». В числе важнейших ее составляющих — положения об использовании
Международной космической станции для развития
технологий полетов к планетам и телам Солнечной системы.
Исследовать проблемы обеспечения эффективной деятельности человека
в дальнем космосе призваны необычные эксперименты,
проводимые в НИИ ЦПК им. Ю.А.Гагарина с участием экипажей МКС
непосредственно после выполнения длительных полетов.**

ЭТАП РАЗВИТИЯ ЗЕМНОЙ ЦИВИЛИЗАЦИИ

XXI в. будет, по всей вероятности, веком полета человека к Марсу. Хотя с учетом современного уровня техники и возможностей человека такая экспедиция пока представляется труднореализуемой. Отдельная грань проблемы — финансирование столь дорогостоящего проекта, требующего астрономических сумм. Скорее всего, его воплощение потребует международного сотрудничества, что позволит эффективнее интегрировать научно-технический потенциал

стран—партнеров. К настоящему времени сделаны значительные шаги по изучению Марса беспилотными средствами. Результаты их полетов с выводом на орбиты искусственных спутников, работа аппаратов на поверхности планеты подтверждают предположения о возможности экспедиции и с участием человека. Фактически некоторые страны уже ведут к ней подготовку, правда, пока еще не в рамках конкретного проекта, а в рамках опытно-конструкторских работ, создавая необходимые научно-технические заделы.



Предлагаются различные концепции пилотируемого полета. В основном они отличаются структурными и компоновочными схемами межпланетного комплекса, обоснованием их надежности, вариантами энергодвигательных установок, выбором трасс и др. Начальная масса корабля (при старте с орбиты Земли) может достигать 1500 т. Только для его разгона потребуется около 850 т топлива. Изучаются варианты ракет для этих целей, схемы уменьшения стартовой массы за счет использования, например, двукратного аэродинамического торможения в атмосфере Красной планеты для выхода на околомарсианскую орбиту (проект Европейского космического агентства) и др.

Гораздо меньше внимания уделяется медико-биологическим и психологическим проблемам, с которыми человек неизбежно столкнется в таком сверх-

Структура и последовательность послеполетных экспериментов.

дальнем и сверхдлительном космическом полете. Часть из них изучалась на орбитальных станциях серий «Салют», «Мир», МКС, а также в специальных экспериментах по программе «Марс-500»*. Однако многие вопросы остаются пока без ответа.

Одна из важнейших проблем, подлежащих изучению, — оценка работоспособности и возможности экипажа выполнять сложную операторскую деятельность как в течение длительного перелета к Марсу, так и на его поверхности. Особую остроту она приобретает в связи с высокой автономностью полета. Оперативная радиосвязь с наземным центром управления окажется невозможной, поскольку задержка прохождения сигнала составит от 8 до 40 мин. Необходимо учитывать, что две планеты разделяет расстояние от 50 до 400 млн км, поэтому экспедиция займет 2,5–3 года.

В отечественной пилотируемой космонавтике накоплен большой опыт осуществления долгосрочных миссий на орбитальных станциях. На «Салюте-7» они составили 211 суток (Анатолий Березовой, Валентин Лебедев, 14 мая 1981 г.—12 февраля 1982 г.) и 237 суток (Леонид Кизим, Владимир Соловьев, Олег Атьков, 7 февраля—2 октября 1984 г.). На борту орбитального комплекса «Мир» было выполнено 5 полетов длительностью около года: Юрий Романенко, 326 сут., 5 февраля—29 декабря 1987 г.; Владимир Титов, Муса Манаров, 365 сут., 21 декабря 1987 г.—21 декабря 1988 г.; Сергей Крикалев, 311 сут., 11 мая 1991 г.—25 марта 1992 г.; Валерий Поляков, 437 сут., 8 января 1994 г.—22 марта 1995 г.; Сергей Авдеев, 379 сут., 13 августа 1998 г.—28 августа 1999 г. Получен значительный объем данных: они могут быть использованы для подготовки длительных экспедиций в дальний космос.

С КОРАБЛЯ... НА МАРС

В настоящее время продолжительность основных экспедиций на МКС составляет около полугода, что можно сопоставить с полетом к Марсу, а функции экипажей близки к тем, которые будут выполняться на межпланетном корабле. Таким образом, космонавты МКС после завершения полугодового полета по своему физическому, функциональному и психофизиологическому состоянию, можно предположить, близки к экипажу корабля, достигшего Красной планеты. Все это дает основания исследовать возможности экипажа МКС по выполнению сложной операторской деятельности в условиях перегрузок и пониженной весомости непосредственно после возвращения на Землю, а на основании полученных результатов формулировать рекомендации по осуществлению аналогичных работ на Марсе.

Технологии изучения возможностей и работоспособности человека сразу же после выполнения длитель-

*См.: А. Григорьев. Б. Моруков. Марс все ближе. — Наука в России, 2011, № 1; «Марс-500»: предварительные итоги. — Наука в России, 2012, № 3 (прим. ред.).

Центрифуга ЦФ-18.



ных полетов являются новыми и до настоящего времени не использовались. Для реализации предлагаемых подходов разработаны соответствующие концепция и модель экспериментов с участием экипажей МКС.

Важной задачей операторской деятельности членов марсианской экспедиции станет ручной управляемый спуск посадочного модуля и работа на поверхности планеты, в том числе с использованием сложных технических систем. Поэтому в ходе наших экспериментов планировалось, во-первых, оценить возможности и качество выполнения космонавтом после полугодового полета режимов ручного управления космическим аппаратом на этапе спуска на планету с моделированием перегрузок. А во-вторых, смоделировать передвижение в скафандре и некоторые типовые операции внекорабельной деятельности в условиях, близких к марсианским. Конечно, эти опыты вовсе не отменяли послеполетных реабилитационных мероприятий, обязательных для экипажей МКС.

По аналогии с полетами к Луне космических кораблей «Аполлон» обычно предлагается та же последовательность освоения Марса. Как мы помним, сначала корабли «Аполлон-8» (командир Фрэнк Борман, пилот командного модуля Джеймс Ловелл, пилот лунного модуля Уильям Андерс) и «Аполлон-10» (командир Томас Стаффорд, пилот командного модуля Джон Янг, пилот лунного модуля Юджин Сернан) выполнили ее облет. И только после этого «Аполлон-11» (командир Нил Армстронг, пилот командного модуля Майкл Коллинз, пилот лунного модуля Эдвин Олдрин) совершил историческую миссию — человек ступил на поверхность Луны.*

*См.: Ю. Марков. Первое посещение Луны. — Наука в России, 2009, № 6 (прим. ред.).

Однако подобная схема экспедиций к Красной планете не рациональна из-за большой ее удаленности от Земли и огромной стоимости проекта. Миссия будет эффективнее, если в первом же полете космонавты совершат посадку и выход на поверхность Марса.

Отметим важный технический нюанс, хорошо известный специалистам. Любой пилотируемый корабль проектируется с двумя контурами системы посадки — автоматическим и ручным. Космонавт должен быть способен выполнить и ручной спуск на Марс, если откажет автоматика. Однако в этом случае возникает резонный вопрос, сможет ли он после длительного перелета вручную управлять режимом посадки на Марс с необходимой точностью и безопасностью? Различные теоретические модели дают весьма далекое приближение к действительности, поскольку не позволяют учесть множество факторов, воздействующих на экипаж в ходе длительного космического полета.

НАТУРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

В НИИ ЦПК им. Ю.А.Гагарина был разработан и выполнен натурный эксперимент с использованием центрифуги ЦФ-18, позволивший оценить возможности космонавтов по ручному управляемому спуску на Марс. В кабине ЦФ-18 реализована полунатурная модель такой операции.

Рабочее место космонавта (кресло и оборудование ручного управляемого спуска) располагалось в кабине центрифуги ЦФ-18, имеющей радиус вращения 18 м. Система управления приводами кабины позволяет ориентировать человека по любому заданному направлению суммарного вектора перегрузки.



Пульт контроля и управления
центрифугой ЦФ-18.



Посадка космонавта
в кабину ЦФ-18.

Центрифуга снабжена комплектом контрольно-измерительной и регистрирующей аппаратуры, обеспечивающим отслеживание технических и физиологических параметров.

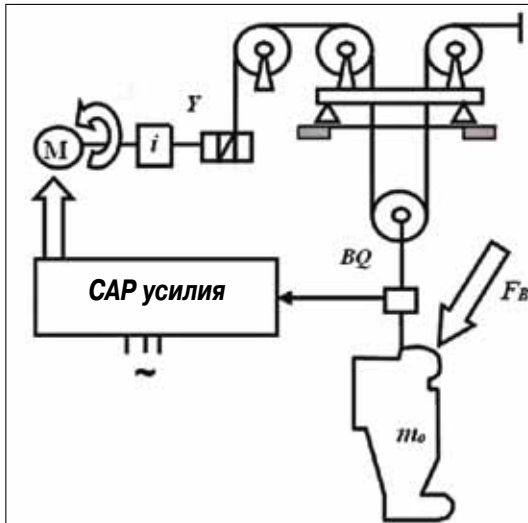
В роли ручного контура управления использовали соответствующее оборудование космического корабля типа «Союз». В качестве участников «полета на Марс» были задействованы члены экипажей МКС-33/34 (Олег Новицкий, Евгений Тарелкин) и МКС-34/35 (Роман Романенко) непосредственно после выполнения ими полетов на орбитальной станции продолжительностью 143 и 145 суток соответственно, что

сопоставимо по длительности с перелетом по трассе «Земля—Марс». Эксперимент проводили через 32–34 ч после приземления космонавтов, что соизмеримо со временем нахождения корабля на марсианской орбите до спуска на планету. Структура и содержание операций ручного спуска были выбраны близкими к возможным при управлении посадочным модулем (контроль прохождения команд, прогнозирование траектории и др.). Космонавты работали автономно — без корректировки их действий с помощью наземного ЦУПа. Перегрузки, создаваемые центрифугой, не превышали 3 ед., что гарантированно укла-

Выполнение космонавтом режимов ручного управления спуском в кабине ЦФ-18.



Кинематическая схема и общий вид стенда «Выход-2».



дывается в требования спуска пилотируемого аппарата на планету. Ручной управляемый спуск каждый из космонавтов выполнял в трех режимах: в статике (без вращения центрифуги), в динамике (с вращением центрифуги) и вновь в статике.

При проведении эксперимента оценивались значения перегрузки (n_x) и дальность посадки (L_x) модуля с экипажем, которые зависели от правильности и точности выдачи космонавтом управляющих команд. Для каждого участника на всех трех режимах вводили различные начальные условия вхождения космического аппарата в атмосферу.

Как правило, параметр максимальной перегрузки космонавты выдерживали в норме в соответствии с рекомендованной методикой спуска. В то же время имелись некоторые отличия по сравнению с допо-

летными данными по дальности посадки для первого режима.

До и во время вращения на центрифуге, а также после окончания осуществляли врачебный контроль, вели мониторинг и регистрацию данных электрокардиограммы, тахоосциллограммы, частоты пульса и дыхания, данных электромиограммы с мышц грудной клетки, брюшной стенки и бедра. Состояние космонавтов оценивали и с помощью видеокамер.

До и во время воздействия перегрузки показатели частоты сердечных сокращений, артериального давления и температуры тела испытуемых находились в пределах физиологической нормы. Средние и максимальные значения частоты сердечных сокращений и пульса не превышали показателей, отмечавшихся в предполетных тренировках по графикам



Открытие выходного люка.



Перемещение с контейнером.

ручного управления спуском. По медицинским показателям выполнение эксперимента трудностей не вызывало.

«ВЫХОД» НА ПОВЕРХНОСТЬ ПЛАНЕТЫ

Сила тяготения на Марсе в 2,63 раза меньше, чем на Земле (0,38 g). В связи с этим моделирование пребывания на его поверхности космонавты выполняли в имитируемых условиях пониженной весомости на стенде «Выход-2», предназначенном для отработки задач внекорабельной деятельности. Стенд оборудован «силокомпенсирующей» системой обезвешивания и системой автоматического регулирования. Формирование необходимого усилия и его передача к объекту осуществляется с помощью электродвигателя постоянного тока (М) и передаточного устройства (У). Реализуемые на стенде с помощью электропривода активные силовые воздействия, компенси-

рующие статические и динамические составляющие сил сопротивления движению при горизонтальных и вертикальных перемещениях космонавта в скафандре, позволяют достичь высокого качества моделирования.

Каким же образом условия работы приближались к гипотетическим планетным? Космонавт в скафандре типа «Орлан» «обезвешивался» до 0,38 g с помощью специальной системы, что соответствовало марсианской гравитации (кстати, на данном стенде человека в скафандре можно «обезвешивать» и до лунной гравитации). Необходимая подвижность в скафандре создавалась за счет снижения избыточного давления в нем до 0,1–0,12 кг/см² (при моделировании в подобных скафандрах орбитальной внекорабельной деятельности в полетах у Земли используется избыточное давление около 0,4 кг/см²). Были выбраны типовые операции для работы на поверхности плане-

Стыковка электроразъемов.



Извлечение антенны из контейнера.

ты. Обоснованно определялось время эксперимента — его проводили на четвертые сутки после приземления экипажей МКС, что можно сопоставить с моментом выхода на поверхность планеты после посадки на Марс и адаптации к гравитации 0,38 g.

В ходе эксперимента оценивали: управление системами шлюзования, открытие-закрытие выходного люка, перемещение космонавта по типовым трассам перехода (с контейнером и без него), подъем и спуск по трапу, работа с инструментом, фиксация с помощью лееров и карабинов, стыковка электроразъемов, установка и снятие антенн. На всех этих этапах осуществляли постоянный врачебный контроль: отмечалось нарастание частоты сердечных сокращений, частоты дыхания, а также увеличение времени восстановления физиологических параметров в зависимости от продолжительности нахождения космонавта в скафандре. Температура тела испытуемых оставалась

в пределах нормы, но чуть повышалась к концу циклограммы.

В ПОЛЕТАХ ПРИГОДЯТСЯ РОБОТЫ

Отметим, что до настоящего времени эксперименты с участием космонавтов по оценке возможности выполнения сложной операторской деятельности непосредственно после завершения длительных космических полетов не проводились ни в интересах МКС, ни для полетов в дальний космос. В НИИ ЦПК впервые получены результаты, которые могут быть использованы как для повышения безопасности работ на МКС, так и для подготовки будущей экспедиции на Красную планету. Например, впервые получено предварительное подтверждение тому, что после длительного полета космонавты способны реализовать ручное управление спуском на корабле типа «Союз». Показана возможность операторской

**Спуск с площадки.****Закрытие выходного люка.**

деятельности на ее поверхности после столь долгого пребывания в космосе.

Существующие технические средства уже сейчас позволяют моделировать некоторые условия деятельности экипажа при полетах к Луне и Марсу. Но, разумеется, длительные межпланетные полеты потребуют для подготовки их участников не только модернизации, но и создания новых средств такого рода.

Рассмотренные в данной статье подходы применимы и при оценке деятельности экипажей, например, на лунных базах, при посадке на астероиды, при работе в точках Лагранжа* и др. В настоящее время в

НИИ ЦПК формируется программа научных исследований с участием отряда космонавтов Роскосмоса, включающая различные дополетные и послеполетные эксперименты. В ходе их будут исследоваться операторские, физиологические, психологические и другие качества космонавтов при различных видах деятельности, в том числе с использованием роботов-манипуляторов, роботов-андроидов, транспортных средств и т.д.

*Точки Лагранжа — названы в честь французского математика, астронома и механика Жозефа Луи Лагранжа, первым обнаружившего это явление в 1772 г. В точке L_2 (примерно 1,5 млн км от Земли) орбитальный период объекта становится равным орбитальному периоду нашей планеты. Это идеальное место для размещения космических обсерваторий и телескопов, так как оно находится в тени Земли (прим. ред.).

УРАН, ТОРИЙ И ЭНЕРГЕТИКА БУДУЩЕГО

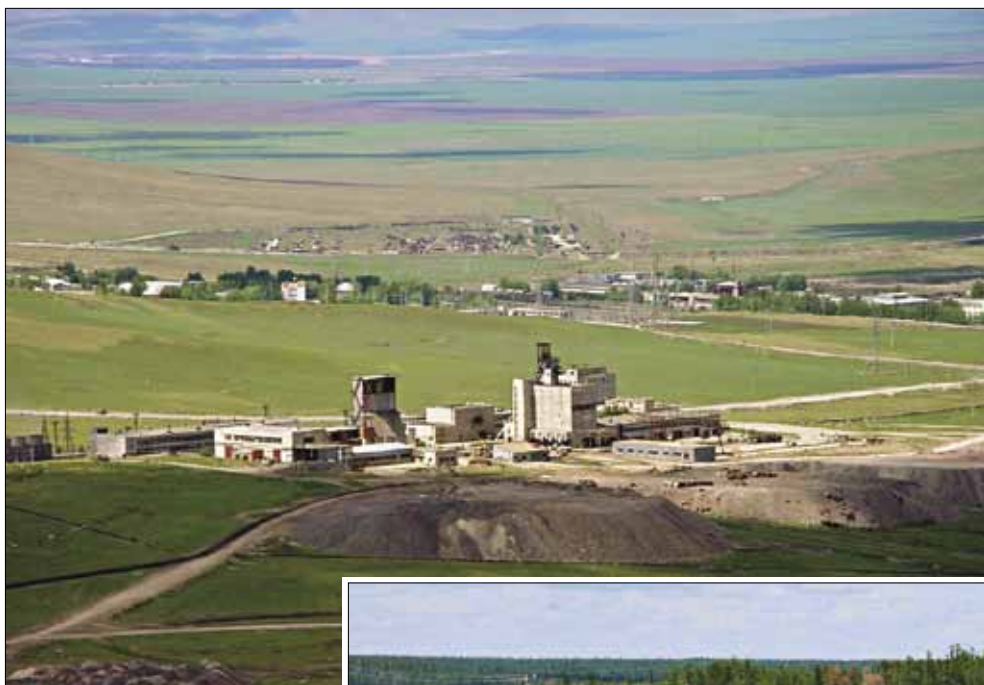
Разработка способов утилизации радиоактивных отходов (РАО) ядерного топливного цикла — одно из условий дальнейшего развития атомной энергетики. При этом наибольшую опасность представляют жидкие высокоактивные отходы. Какие формы их хранения самые безопасные и сможет ли смягчить проблему обращения с РАО внедрение в отрасль уран-ториевого цикла? На эти и другие вопросы корреспондента газеты «Страна Росатом» ответил заведующий лабораторией радиогеологии и радиоэкологии Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН член-корреспондент РАН Сергей Юдинцев.

Выбор технологий для изоляции ядерных материалов — не единственная тема, над которой работает этот коллектив. Основная часть исследований направлена на детальное комплексное изучение урановых месторождений и урановорудных районов с помощью структурно-геологических, минералого-петрографических, геохимических, гидрогеохимических и изотопно-геохронологических методов. «Важно понять, как и почему сформировались месторождения урана, — отметил Сергей Владимирович. — Эту информацию можно использовать для поиска аналогичных типов месторождений. У каждого геологического объекта есть общие, повторяющиеся черты, которые позволяют группировать для анализа и прогнозировать подобные месторождения». К тому

же, продолжил он, специалисты лаборатории помогают добывающим предприятиям строить трехмерные компьютерные модели рудных полей, учитывающие положение залежей, перспективные участки, концентрацию урана и т.д. Радиогеологические работы, начатые в институте еще в 1946 г., стали прочной научной базой для интенсивного наращивания в стране сырьевого потенциала урана. На данный момент по запасам этого сырья Россия занимает шестое место в мире.

Сегодня одна из научно-исследовательских групп лаборатории работает на Стрельцовском месторождении (разведанные запасы урана 244 тыс. т), открытом в середине XX в. в Забайкалье и до сих пор остающемся единственным в стране масштабным местом добычи этого стратегического материала. Его выработку (ежегодно примерно 3000 т урана — 93 % российской и 8 % мировой добычи) шахтным способом ведет Приаргунское производственное горнохимическое объединение. Весь добываемый компанией металл поставляется на внутренний рынок.

Другая группа ученых трудится на перспективном сейчас рудном поле Хиагда в Бурятии, где промышленную добычу ценного сырья (его запасы оценены в 39,3 тыс. т) начали не так давно, в 1999 г. Урановый холдинг «АРМЗ» («Атомредметзолото»), входящий в горнорудный дивизион госкорпорации «Росатом», в 2010 г. произвел здесь 135,1 т урана, а в 2011 г. практически удвоил



**Приаргунское
производственное
горно-химическое
объединение —
один из крупнейших в мире
поставщиков
природного урана.**



**Хиагдинское рудное поле
(Курганская область,
Республика Бурятия),
где промышленная добыча
урана идет методом
скважинного подземного
выщелачивания.**

этот объем. К 2019 г. предприятие рассчитывает выйти на проектную мощность 1800 т природного металла в год. И тогда ОАО «Хиагда» станет крупнейшим в стране предприятием, добывающим уран методом скважинного подземного выщелачивания.

Кроме того, в лаборатории анализируют мировой опыт иммобилизации наиболее опасной группы жидких отходов с активностью выше 1 кюри на литр и уже более 20 лет ведут поиск оптимальных вариантов обращения с ними, имея в виду изоляцию в высокоустойчивой матрице и последующее захоронение в геологической среде.

В настоящее время наиболее распространенным методом перевода РАО в компактные формы стало так

называемое остекловывание, когда отходы смешивают со специальными боросиликатными или фосфатными стеклами, а потом полученную массу сплавляют и заливают в стальные канистры, размещая их глубоко под землей. Однако результаты исследований свидетельствуют о низкой устойчивости таких матриц в подземных водах, особенно после неизбежной раскристаллизации под действием радиогенного тепла. А это чревато проникновением в окружающую среду радиоактивных нуклидов, в том числе долгоживущих актиноидов (Np, Pu, Am, Cm), представляющих наибольшую опасность для человека.

Альтернативой методам остекловывания, считает Юдинцев, могут быть керамические матрицы на ос-

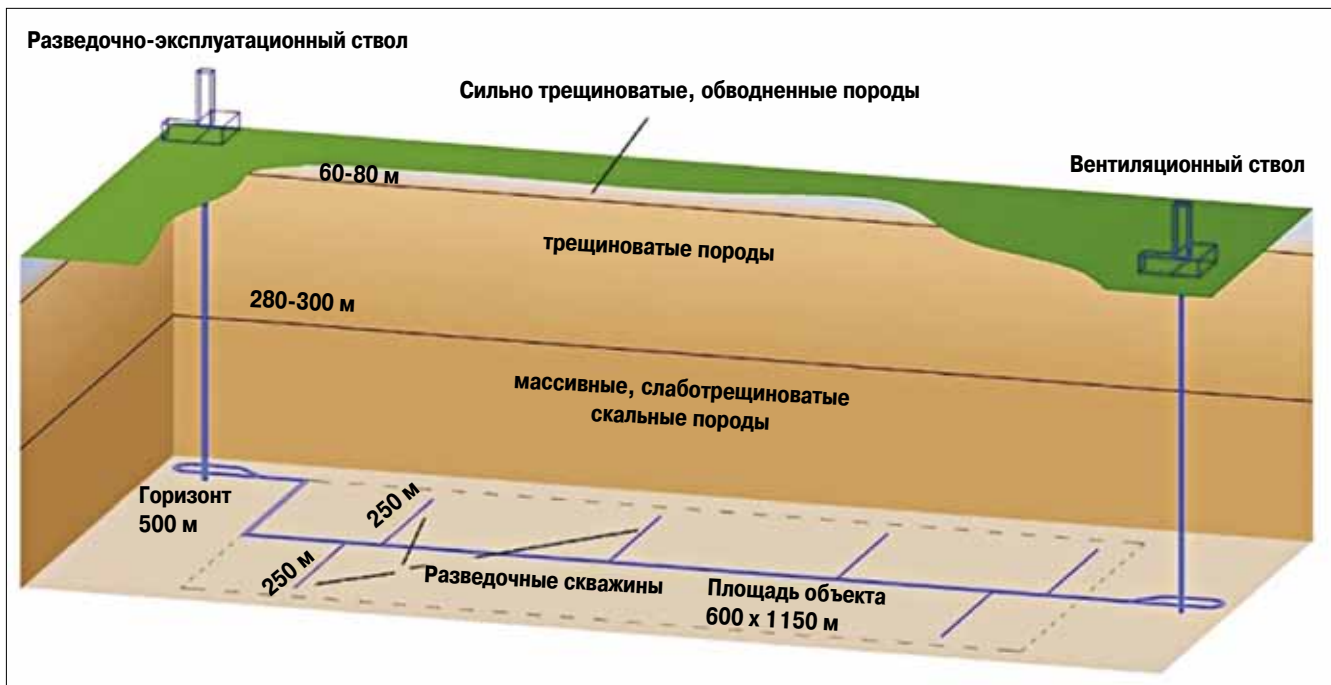


Схема подземной исследовательской лаборатории в Нижнеканском гранитоидном массиве (Красноярский край) для окончательного захоронения высокоактивных РАО.

нове веществ, близких по составу и структуре природным минералам. Некоторые из них, например содержащие уран и торий, имеют возраст от сотен тысяч до сотен миллионов лет и обладают высокой физико-химической стабильностью в глубоких геологических слоях. Поэтому синтез искусственных аналогов таких минералов с включением в их состав актинидов представляется наиболее перспективным путем длительного безопасного хранения радионуклидов. Правда, отметил Юдинцев, их использование как более надежных, но дорогих видов материалов — дело отдаленной перспективы. Внедрение керамических минералоподобных матриц требует обязательного фракционирования отходов — разделения на короткоживущие (цезий, стронций) и долгоживущие актиниды, с которыми выделяются редкоземельные элементы. Однако эта технология в промышленном масштабе пока не отработана. Поэтому сейчас для иммобилизации высокоактивных РАО используют главным образом стекломатрицы.

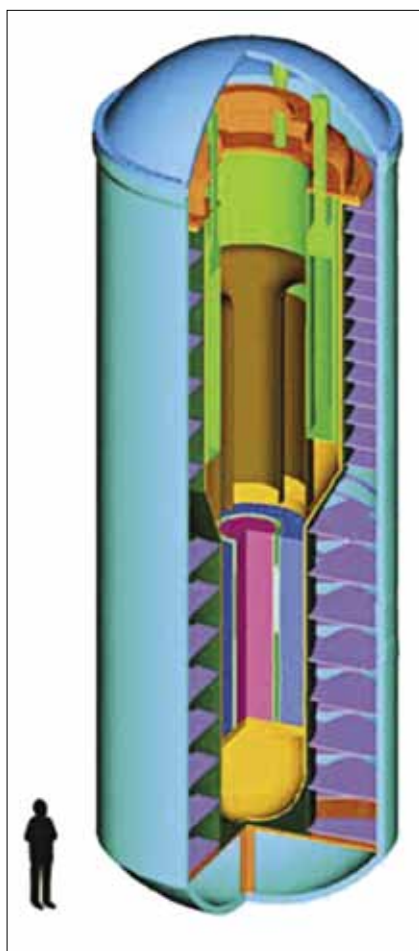
В нашей стране идут интенсивные поиски геологических формаций для долговременного подземного захоронения ядерных материалов. Скажем, оптимальной для этих целей специалисты считают площадку Нижнеканского гранитоидного массива (Красноярский край). Чтобы обосновать соответствие геолого-гидродинамических условий этой территории требованиям безопасной изоляции отвержденных РАО, здесь предполагают к 2020 г. создать подземную исследовательскую лабораторию. Ее разместят на глубине ~500 м от поверхности на площади около 1 км². Конструктивно она будет представлять собой

комплекс горных выработок, включающий камеры для размещения контейнеров с отходами, горизонтальные и вертикальные стволы для вентиляции, транспортировки грузов и оборудования, а также другие элементы вспомогательного назначения. Пустоты в камерах захоронения РАО после установки контейнеров будут заполнять твердеющей закладкой на основе цементно-бentonитовой смеси. Вертикальные выработки диаметром 6 м и глубиной 508 м оборудуют устройствами для спуска и подъема людей и грузов в ходе разведочных работ, строительства и эксплуатации лаборатории.

Дополнительным весомым аргументом в пользу выбора красноярской площадки служит тот факт, что здесь с 1950 г. работает Горно-химический комбинат по производству оружейного плутония, основные объекты которого размещены в скальных породах. Проводившиеся тут многолетние натурные исследования геомеханических и физико-химических процессов в условиях длительного теплового воздействия (от теплообменников реакторных установок) подтвердили пригодность этого горного массива для подземных хранилищ РАО.

Вместе с тем атомщики решают еще одну глобальную экологическую проблему — создание безотходного по актинидам топливного цикла.

В природе, уточнил Юдинцев, есть два радиоактивных элемента, ценных для атомной энергетики: ²³⁵U, обладающий способностью делиться при облучении медленными нейтронами (так же «размножается» и искусственного происхождения ²³⁹Pu) и ²³²Th, из которого в результате ряда последовательных реакций



Предполагаемый вид малогабаритного реактора, топливом для которого будет торий.

получается ^{233}U — та же «ядерная спичка», способная запускать цепную реакцию деления. Именно этот радиоактивный нуклид является важным компонентом топлива будущих ядерных реакторов в уран-ториевом цикле.

И интерес к ториевой энергетике, заметил ученый, в мире растет. И вот почему. Запасы этого тяжелого слаборадиоактивного металла на планете превосходят арсеналы урана в 4–5 раз. Что касается России, то у нас разведанных залежей уранового сырья хватит только на 20 лет, а тория в районе Новокузнецка и Томска (Туганское месторождение) достаточно много.

С точки зрения наработки делящихся нуклидов его преимущество, считают специалисты, состоит в тугоплавкости: лишь при 1400–1500 °C кристаллическая решетка данного металла начинает претерпевать фазовые превращения. Это позволяет ториевому реактору функционировать при более высоких температурах. Кроме того, радиоактивные отходы от работы таких агрегатов менее опасны по сравнению с традиционными урановыми, да и образуется их в несколько раз меньше. Наконец, ториевый «котел» не обладает запасом реактивности, поэтому по своей внутренней физической сути он не способен породить неконтролируемую цепную реакцию.

Практически каждый тип реактора в то или иное время «примеряли» к использованию в нем ториевого топлива. Наиболее перспективны, с точки зрения Юдинцева, высокотемпературные с газовым теплоносителем. «Помимо электроэнергии эти реакторы генерируют высокопотенциальное тепло, — отметил он. — Для сравнения: у тепловых реакторов теплоноситель нагревается до 300 °C, у быстрых реакторов с жидкометаллическим теплоносителем (БН-600) — до 600 °C, у газовых реакторов с гелием — до 900–1000 °C. При этом возрастает КПД. Современная АЭС треть вырабатываемой энергии превращает в электричество, а две трети теряются. У газовых реакторов за счет иной организации передачи энергии ядерного распада и ее трансформации в электроэнергию КПД уже за 40%. Каждый процент КПД дает значительную прибавку с точки зрения экономики ядерного цикла. Высокотемпературное тепло можно использовать и в нефтехимии, для газификации биомассы и получения водорода из воды, при производстве синтетического топлива, стекла или цемента и в ряде других задач, где необходимы температуры 800–1000 °C».

В России ториевой энергетикой, напомнил Юдинцев, занимаются в Физико-энергетическом институте им. А.И. Лейпунского (г. Обнинск Московской области) и Национальном исследовательском центре «Курчатовский институт» (Москва). Однако адекватной технологии изготовления ториевых или торий-урановых топливных элементов наши специалисты пока так и не нашли (главным образом по причине недостаточного ассигнования на альтернативные проекты).

Сегодня наиболее продвинуты в области ториевого цикла Индия и Китай. «В Поднебесной уже сооружают экспериментальный двухмегаваттный ториевый реактор, — сказал Юдинцев. — К 2020 г. газовый реактор на 100 МВт собирается построить ЮАР, причем этим занимается частная компания».

Полвека назад ториевая ядерная энергетика не выдержала конкуренции с урановой, поскольку из тория нельзя было получить плутоний, необходимый для производства ядерного оружия. Но теперь, когда на первый план выдвигаются задачи мирного атома, слаборадиоактивный химический элемент может взять реванш.

Моргунов И. Торий против урана. — Газета «Страна Росатом», 2013, №31

Иллюстрации из интернет-источников

Материал подготовила Марина ХАЛИЗЕВА

ДОПЛЕРОВСКИЕ РАДИОЛОКАТОРЫ В РОССИИ

Кандидат технических наук Валерий ДЯДЮЧЕНКО,
советник руководителя Росгидромета, заместитель директора
Научно-исследовательского центра «Планета»,

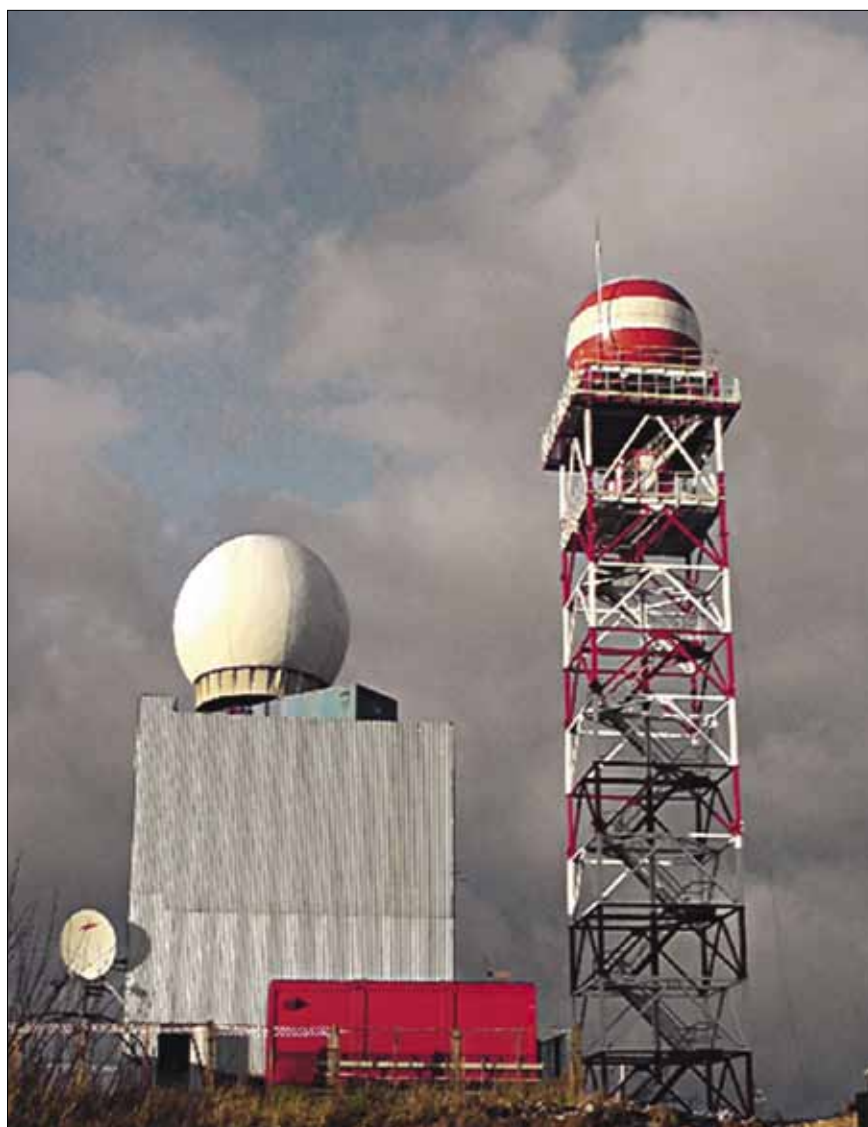
Юрий ПАВЛЮКОВ,
заведующий отделом радиометеорологии Центральной
аэрологической обсерватории Росгидромета,
кандидат физико-математических наук Иван ВЫЛЕГЖАНИН,
главный конструктор метеорологических локаторов
ОАО «Научно-производственное объединение
Лианозовский электромеханический завод»

**Метеорологические радиолокаторы, объединенные
в наблюдательную сеть, обеспечивают круглосуточный мониторинг
облачной атмосферы, осадков и связанных с ними опасных
явлений погоды: ливней, гроз, града, шквалов, смерчей.
Сегодня Россия наверстывает накопленное отставание —
в стране создается современная автоматизированная сеть на базе
отечественной инновационной разработки — метеорологического
доплеровского поляризационного радиолокатора ДМРЛ-С.**

В условиях меняющегося климата и интенсивной урбанизации число значимых опасных явлений погоды за последние десятилетия существенно возросло (рост примерно на 6–7% в год). По этой причине очень важно наличие современных средств оперативных метеонаблюдений. Современный метеорологический радиолокатор обладает уникальными возможностями — оперативностью, способностью контролировать большие территории, давать детальную информацию о внутренней структуре зон облачности и осадков.

Радиометеорология как область прикладной науки родилась более 60 лет назад. На рубеже 1940–1941 гг. на военных радарх были впервые зафиксированы отражения от облаков и осадков, которые рассматривались наблюдателями как досадные помехи, усложняющие поиск самолетов и кораблей противника. Но специалисты быстро осознали, какую практическую пользу для прогноза погоды можно получить с помощью такой установки.

На протяжении 1940–1960-х годов в мире закладывался теоретический фундамент радиометеорологии.



Первый радиолокатор ДМРЛ-С проходил государственные испытания в 2010 г. на Валдае. Высота башни — 30 м, оборудование радиолокатора находится в аппаратном контейнере, расположенном под антенной. Слева — его предшественник радиолокатор МРЛ-5.

Отечественные ученые и инженеры также внесли значительный вклад в решение этого вопроса. Заметными вехами стали результаты по обоснованию радиолокационного метода измерения атмосферных осадков, масштабные радиолокационные эксперименты на полигонах Украины, Молдавии, на Кавказе и Валдае, а также исследования связи радиолокационных характеристик облаков и осадков с их микроструктурой, в том числе с борта самолетов-метеолaborаторий.

В 1970-е годы в СССР был предложен принцип поляризационных измерений в метеорологической радиолокации атмосферы. Тогда же были созданы метеорологические радиолокаторы семейства МРЛ, в том числе МРЛ-5 — единственный в мире серийный двухволновый радиолокатор X- и S-диапазонов. К Олимпиаде-80 в Москве заработала первая в СССР метеорологическая радиолокационная сеть, в середине 1980-х годов — первый отечественный автоматизированный комплекс АКСОПРИ, обеспечивавший

непрерывный круглосуточный мониторинг облачности и осадков, на основе которого в московском регионе была построена первая в России автоматизированная радиолокационная сеть.

Сегодня радиолокационная метеорологическая информация широко используется для сверхкраткосрочного прогноза погоды (наукастинга), в том числе предупреждения об опасных явлениях: ливнях, грозах, граде, шквалах, смерчах; в численных моделях прогноза погоды; для подготовки гидрологических прогнозов и предупреждения наводнений и паводков; для метеообеспечения авиационного и наземного транспорта; для оперативной информации органов государственного и муниципального управления, предприятий различных отраслей экономики (энергетики, строительства, транспорта) об облачности и осадках; для управления активными воздействиями на погоду, для противоградовых работ и оценки их эффективности.

В метеорологической радиолокации применяется, как правило, импульсный метод: радиолокатор излучает в атмосферу периодическую последовательность зондирующих импульсов, в паузах между которыми принимает отраженный сигнал. По величине временной задержки между излученным и принятым сигналами определяется дистанция до отражателя, а по изменению их параметров оцениваются характеристики отражающей среды.

Для получения трехмерной модели облачной атмосферы радиолокатор проводит круговое сканирование верхней полусферы под несколькими углами наклона параболической антенны, формирующей узкий направленный луч. В результате цикла наблюдений получается набор вложенных конических сечений, покрывающих зону обзора до 250 км по дальности и до 20 км по высоте. Продолжительность цикла составляет от 5 до 15 мин в зависимости от режима наблюдений.

Современный метеорологический радиолокатор имеет три измерительных канала. Измерения в первом канале мощности отраженного сигнала от гидрометеоров (частиц облаков и осадков с характерными размерами от сотен микрон до нескольких миллиметров, в случае града — до нескольких сантиметров) дает информацию о так называемой «радиолокационной отражаемости».

Второй канал обеспечивает получение информации о радиальной скорости и ширине доплеровского спектра по измерениям сдвига частоты отраженного эхо-сигнала, т.е. позволяет анализировать движения гидрометеоров, диагностировать атмосферные вихри, порывы, шквалы, смерчи.

Поляризационные измерения — новейший тренд в мировой радиометеорологии. Радиолокатор с полной поляризационной обработкой (третий канал) излучает и принимает отраженные сигналы одновременно на двух ортогональных поляризациях — горизонтальной и вертикальной. Это позволяет оценить фазовый состав (дождь, снег), уточнить расчеты интенсивности осадков и идентификацию метеоявлений, провести коррекцию ослабления радиоизлучения в осадках.

Новый отечественный метеорологический радиолокатор ДМРЛ-С был разработан по техническому заданию Росгидромета концерном ПВО «Алмаз-Антей» в кратчайшие сроки — за 2 года с момента выдачи технического задания до начала серийного выпуска в 2011 г. Это стало возможным, в первую очередь, благодаря использованию задела в области авиационной и военной радиолокации. В отличие от аналоговых предшественников современный комплекс с цифровой обработкой сигналов позволяет в автоматическом режиме проводить круглосуточные непрерывные наблюдения и получать информацию о местоположении и характеристиках облачности, осадков и связанных с ними опасных явлениях погоды. Добавление двух новых измерительных каналов

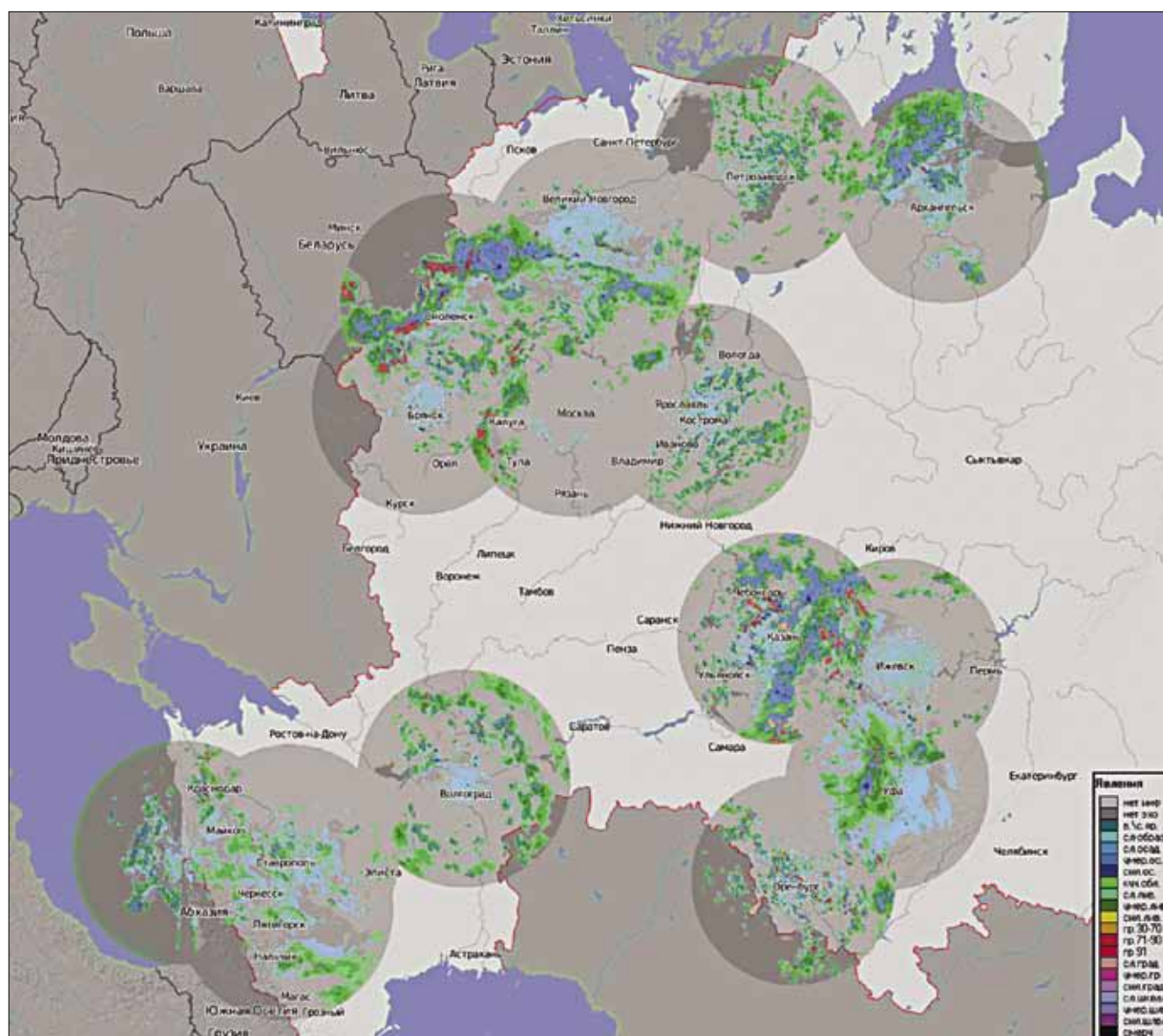
— доплеровского и поляризационного — по своим возможностям ставит ДМРЛ-С в один ряд с современными мировыми метеорологическими радиолокаторами. Так, предложенный в СССР принцип поляризационной радиолокации атмосферы вернулся в Россию через 40 лет, воплощенный в готовом техническом решении.

ДМРЛ-С — первый в мире серийный метеорологический радиолокатор для оперативных наблюдений, использующий технологию цифрового формирования и сжатия сложных сигналов. Его преимущество — отсутствие потерь на взвешивание при цифровой обработке сигналов, достигающих в зарубежных образцах 25–40% от энергии импульса. Для подтверждения теоретических результатов специалистами ОАО «Научно-производственное объединение Ланозовский электромеханический завод» (Москва) и Росгидромета были проведены натурные испытания, которые подтвердили обоснованность применения в метеорологической радиолокации сложных сигналов.

В ДМРЛ-С используются сложные зондирующие сигналы длительностью 25 и 60 мкс, «сжимаемые» на этапе цифровой обработки до 1 мкс. Специально для ДМРЛ-С в НПО «Фаза» (г. Ростов-на-Дону) был создан новый усилитель СВЧ (электровакуумный прибор) — многолучевой клистрон КИУ-222, обеспечивший высокую стабильность излучаемого сигнала (более 55 дБ), что крайне важно при фильтрации помех. Эта разработка позволила заимствовать высоковольтные блоки передатчиков навигационных РЛС, что существенно сократило время создания ДМРЛ-С. Она уже заинтересовала зарубежных производителей, занимающихся выпуском передатчиков для крупнейших изготовителей метеорологических радиолокаторов в США, Европе и Канаде.

Программное обеспечение вторичной (метеорологической) обработки информации «ГИМЕТ-2010», созданное специально для радиолокатора ДМРЛ-С, позволяет получать важные характеристики облачности и осадков: радиолокационную отражаемость на разных высотных уровнях, высоту верхней границы облачности, интенсивность и накопленную сумму осадков, интегральную водность в столбе, идентифицировать тип метеоявлений: облачность верхнего и среднего яруса, слоистую и кучевую облачность, осадки, ливни, грозы, шквалы, град и смерчи. Кроме того, ПО «ГИМЕТ-2010» позволяет рассчитывать поля горизонтального ветра на разных высотах, вертикальный профиль ветра на основе измерений радиальной доплеровской скорости, обрабатывать поляризационные характеристики облачности и осадков, определять вектор перемещения облачных систем в зоне обзора и др.

В 2011–2012 гг. были введены в эксплуатацию 7 ДМРЛ-С: «Валдай», «Минеральные Воды», «Брянск», «Ижевск», «Смоленск», «Волгоград», «Казань». В 2013 г. проходили испытания и готовились к вводу:



Примеры вторичных радиолокационных продуктов сети ДМРЛ-С.

Карты построены по зоне радиолокационного обзора радиусом 250 км с разрешением 1х1 км: вверху — карта высоты верхней границы облачности, в середине — карта радиолокационной отражаемости на уровне 0,6 км, внизу — карта метеоявлений.

«Ставрополь», «Шереметьево», «Москва», «Архангельск», «Петрозаводск», «Оренбург», «Уфа», «Владивосток», «Барабинск», «Вологда».

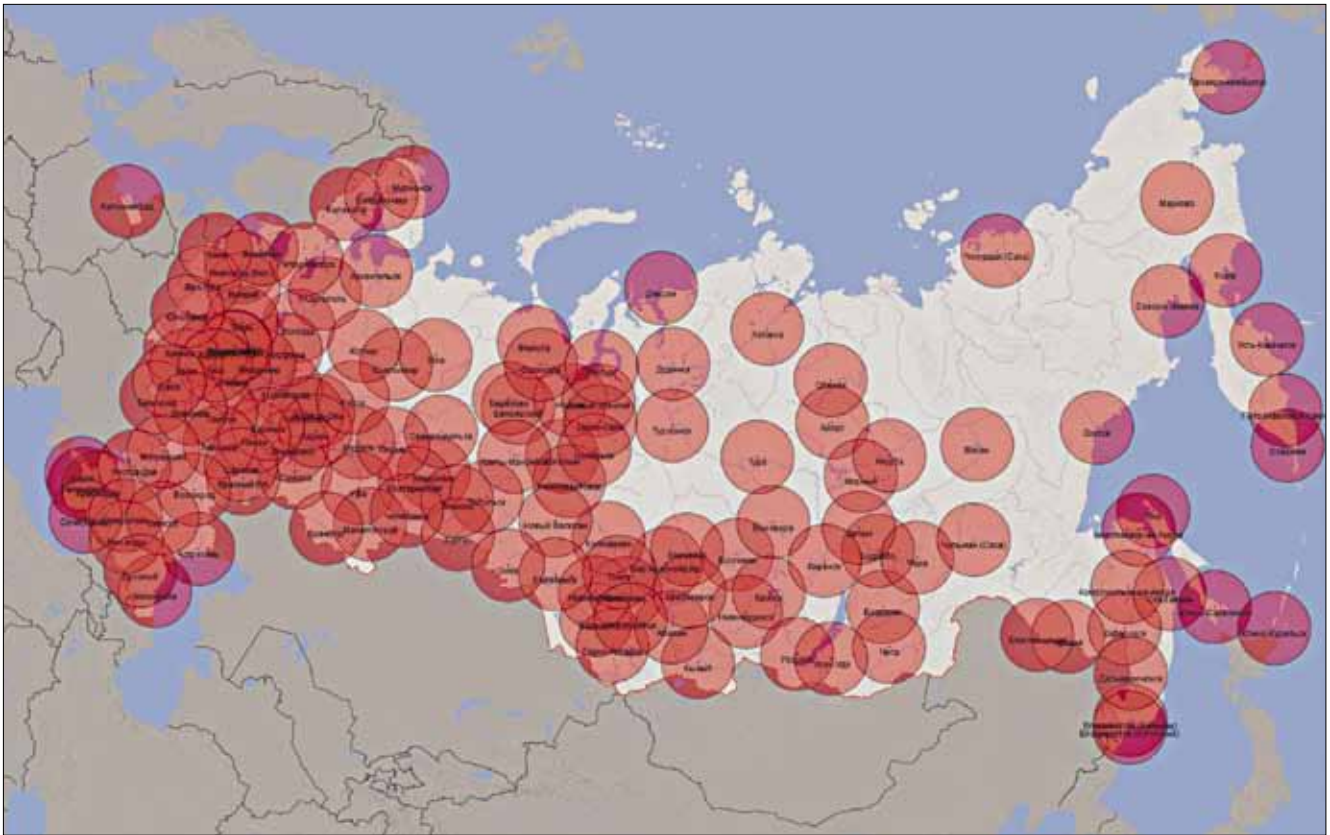
К середине 2013 г. на Лианозовском электромеханическом заводе уже было изготовлено более 30 комплектов ДМРЛ-С для оснащения наблюдательной сети Росгидромета, поступают запросы из СНГ, Юго-Восточной Азии и Латинской Америки. Всего до конца 2013 г. на сети Росгидромета должны быть установлены 34 радиолокатора ДМРЛ-С.

Ценность информации многократно возрастает при обработке данных от радиолокаторов, объединенных в единую наблюдательную сеть. Подобные сети за

последние 20 лет были созданы в США, Канаде, Евросоюзе, Японии, Южной Кореи, Китае, Австралии и других странах. С 2004 г. радиолокаторы Росгидромета передают данные наблюдений в ведомственную сеть автоматизированной системы передачи данных (АСПД) в метеорологическом коде FM-94 BUFR, что позволяет строить объединенные радиолокационные карты с разрешением 4х4 км.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СЕТИ В РФ

По планам к 2020 г. в России должно завершиться создание современной автоматизированной сети на базе



Планируемая структура сети ДМРЛ в России к концу 2020 г.

около 140 радиолокаторов ДМРЛ-С, устанавливаемых в рамках выполнения двух федеральных целевых программ: «Модернизация Единой системы организации воздушного движения Российской Федерации (2009–2020 гг.)» и «Создание и развитие системы мониторинга геофизической обстановки над территорией Российской Федерации на 2008–2015 гг.». Планируемая зона радиолокационного обзора распространится на европейскую часть страны, а также обжитые районы Сибири и Дальнего Востока.

Создание радиолокационной сети обеспечит проведение автоматизированных синхронных наблюдений по единому регламенту и позволит решить задачи, ранее не доступные при обработке данных отдельных МРЛ или небольших сетей.

Для реализации этой программы в Центральной аэрологической обсерватории — одном из основных исследовательских центров Росгидромета — создан Научно-технический центр по развитию и эксплуатации сети ДМРЛ. В его задачи входит сбор, обработка и архивация радиолокационной информации, подготовка и распространение вторичных радиолокационных продуктов, в том числе для широкого доступа через Интернет, научно-методическое руководство сетью ДМРЛ, проведение исследований в области радиометеорологии и физики атмосферы. Обработка в едином Центре первичных данных (т.н. «объемных файлов») сети ДМРЛ-С дает возможность получать

вторичные радиолокационные продукты как в высоком (1х1 км), так и низком (4х4 км) разрешении.

Создав автоматизированную сеть доплеровских радиолокаторов, Россия, наряду со странами Евросоюза, США, Японией и Китаем, вступит в клуб развитых стран, осуществляющих на своей территории автоматизированный радиолокационный мониторинг в интересах различных отраслей экономики: МЧС, авиационного и наземного транспорта, энергетики, коммунальных и дорожных служб и др. Последовательная реализация этой программы при поддержке Правительства РФ позволит Росгидромету существенно улучшить систему прогнозирования быстроразвивающихся опасных метеорологических процессов, связанных с облачностью и осадками, наносящих существенный вред экономике и представляющих угрозу жизни и безопасности людей.

Иллюстрации предоставлены авторами

САПРОПЕЛИ: БОГАТСТВА СО ДНА ОЗЕР

Доктор геолого-минералогических наук Галина ЛЕОНОВА,
кандидаты геолого-минералогических наук
Владислав БОБРОВ и Анна БОГУШ,
младший научный сотрудник Антон МАЛЬЦЕВ,
Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН

**Сапропель (с греч. — «гниющий ил») —
вещество преимущественно биологического происхождения.
Эти донные отложения, являющиеся ценным сырьем
для разнообразного применения в сельском хозяйстве, промышленности,
медицине, давно привлекают внимание исследователей,
но, к сожалению, пока широко не используются
из-за недостаточной изученности их месторождений, условий формирования,
генезиса, классификации и химического состава.**

В ЛАБОРАТОРИИ ПРИРОДЫ

Благоприятные места для образования сапропелей — стоячие или застаивающиеся водоемы, т.е. озера или пруды, старицы медленно текущих рек, спокойные участки морского побережья. Исходным материалом при этом служат остатки планктона, бентоса (организмов, обитающих на дне и в грунте), водорослей, макрофитов (водных растений), а

также поступающие с водосбора органические (гумусовые) и неорганические минеральные (глина, песок) вещества. Преобразование их в сапропель происходит под воздействием биохимических, микробиологических, механических и физико-химических процессов.

Генетически сапропелям близки торфы, но первые отличаются своей тонкой структурой. Суще-



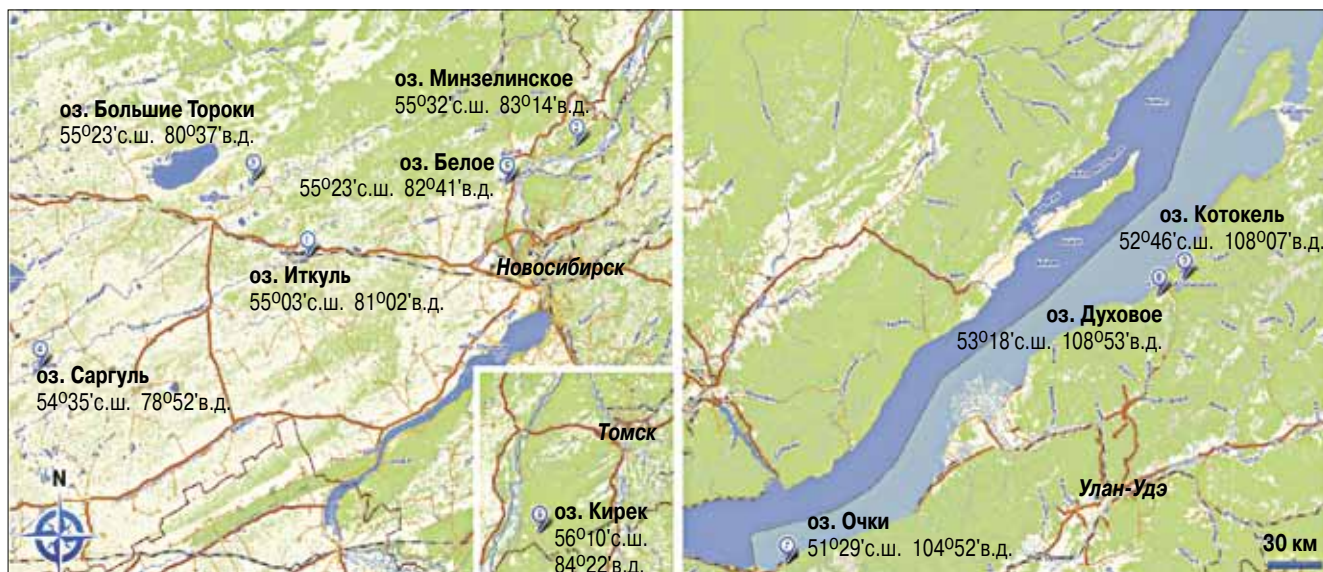
ствуют также биогенные отложения, переходные между ними — торфянистые сапропели: они характерны для неглубокой зарастающей макрофитами литорали (прибрежной зоны) озер и содержат значительное количество остатков не вполне разложившейся высшей водной и наземной растительности. Известный отечественный специалист в области биостратификации доктор биологических наук Нина Кордэ в монографии, опубликованной в 1960 г., типизируя сапропели, выделяет содержащие свыше 50% органики и обедненные (5–50% от состава).

Большое значение в образовании органического вещества сапропелей имеет фито- и зоопланктон — совокупность мелких растительных и животных организмов, обитающих в толще воды. Но для того, чтобы та или иная их систематическая группа приняла заметное участие в формировании органогенных осадков, она должна, во-первых, иметь условия для нормального развития в водоеме, во-вторых, сохраняться в донных отложениях в виде неразложившейся органики, хитиновых покровов, кремниевых или карбонатных створок и пр. Разнообразие видов планктонных организмов, а также массовое развитие индивидуумов какого-то одного вида может характеризовать определенные физико-химические условия среды данного водоема. Так, синезеленые водоросли (цианобактерии) развиваются

в аэробной среде теплых и неглубоких озер с повышенным содержанием органики и образуют цианобактериальные сапропели, богатые неразложившимся органическим веществом. По данным одного из авторов данной статьи Галины Леоновой именно они формируются в настоящее время, например, в двух малых озерах Прибайкалья и Забайкалья — Духовом и Котокеле.

Наряду с планктоном большую роль в образовании органического вещества озерных сапропелей играют макрофиты (уруть, рдесты, наяда и др.), присутствующие в литорали или покрывающие всю поверхность дна неглубоких озер, тем самым превращая его в своеобразный подводный луг.

Формирование сапропелей, впрочем, как и торфа, по мнению немецкого палеоботаника и геолога Генри Потонье, высказанному более века назад, требует длительного времени, что подтвердили и современные инструменты анализа. Так, датирование озерных отложений сибирского региона радиоуглеродным методом (по изотопу ^{14}C), выполненное кандидатом геолого-минералогических наук Любовью Орловой (Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН), показало, что они накапливались на протяжении голоцена ($\approx 12\,000$ лет) — в целом это эпоха повышенного увлажнения. В исследованных нами озерах Западной Сибири сапропели начали формироваться в разное



Карта-схема опробованных малых озер Западной и Восточной Сибири.

время: например, в о. Кирек (Томская область) — в начале указанной эпохи (10 700 лет назад), в озерах Минзелинское, Большие Тороки и Белое (Новосибирская область) — в среднем голоцене, соответственно 6700, 6600 и 3400 лет назад. В целом скорости их накопления в озерах сибирского региона в XX в. оценены одним из авторов данной статьи Владиславом Бобровым на основе датирования возраста верхних 10-см слоев сапропеля по изотопам ^{37}Cs и ^{210}Pb . Как выяснилось, они довольно низкие и изменяются в пределах 0,7–1,5 мм/год, например, в о. Белом $\approx 0,7$ мм/год, в о. Кирек $\approx 1,0$ мм/год, в озерах Очки и Духовое (Прибайкалье и Забайкалье) $\approx 0,8$ и $\approx 1,5$ мм/год соответственно.

ДВА АСПЕКТА

Отметим, что донные органогенные осадки накапливаются в большинстве озер гумидной зоны Земли и в некоторых морях (Средиземном, Черном и др.), а потому являются объектом фундаментальных и прикладных исследований во всем мире. Теоретический интерес к ним обусловлен предположением ряда ученых, что сапропелевые отложения дали в геологическом прошлом материал для образования углеродистых осадочных пород — черных и горючих сланцев, палеозойских матовых углей, битуминозных глинистых сланцев. По мнению отечественного палеоботаника члена-корреспондента АН СССР Михаила Залесского, скопления зеленых (протококковых) водорослей стали основой формирования древних биолитов — Черемховского сапропелевого угля «черемшита» и угля Касьяновского месторождения «касяннита» (Иркутская область). Большинство специалистов, поддерживающих гипотезу органического происхождения нефти, полагают, что исходной основой для ее образования служил планктон, обеспечивавший наибольшую биопро-

дукцию в морских палеобассейнах. Древние отложения подобного рода рассматриваются сторонниками этой гипотезы как нефтематеринские свиты, к таким относится, в частности, баженовская свита в Западной Сибири, органическое вещество которой представлено почти исключительно сапропелевым планктоногенным материалом.

Академик Алексей Конторович (Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН) в своих работах констатирует, что количество биогенного кремнистого и углеродистого (планктоно- и бактериогенного) материала в разрезах баженовской свиты в центральной части бассейна превышает 50%. В составе отложений куонамской свиты кембрия на востоке Сибирской платформы (морские сильнобитуминозные отложения нижнего-среднего кембрия), по данным доктора геолого-минералогических наук Фабиана Гурари (Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья), также преобладает планктоногенное органическое вещество.

Стратиграфию разрезов озерных сапропелей, сформировавшихся в период голоцена, специалисты используют в теоретических палеорекострукциях отклика водных экосистем на изменения климата. Подобные исследования проводят в Прибайкалье и Забайкалье доктор геолого-минералогических наук Сергей Кривоногов (Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН) и доктор биологических наук Елена Безрукова (Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН).

В прикладном аспекте озерные сапропели издавна привлекали внимание ученых и практиков как ценное органическое и органо-минеральное сырье для различных отраслей экономики. Нина Кордэ в монографии «Биостратификация и типология русских сапропелей» приводит краткий исторический



**Буровая установка
готова к бурению скважины
на озере Котокель,
где был получен керн
длиной 14 м.**

обзор изучения и использования этих донных осадков, начавшегося в конце XIX — начале XX в. Так, в 1919 г. в Российской академии наук был создан Сапропелевый комитет при Комиссии по изучению производительных сил, которым за последующие 12 лет был выполнен большой объем научно-исследовательских и прикладных работ по применению сапропелей в сельском хозяйстве, ветеринарии, отраслях промышленности, медицинской практике и бальнеологии. В 1931 г. в Ленинграде была организована Сапропелевая лаборатория, положившая вместе с Биогеохимическим отделом АН СССР начало Сапропелевому институту, изучавшему условия генезиса и возможности химико-технологического использования этого сырья. На его базе в 1934 г. был создан Московский институт горючих ископаемых АН СССР. И только открытие и разработка богатых нефтяных месторождений Сибири приостановили в нашей стране развитие химической переработки сапропелей. Правда, в настоящее время интерес к ним возродился.

ОТ УДОБРЕНИЙ ДО ЛЕКАРСТВ

Области же применения этих органогенных осадков и продуктов их переработки очень широки. Перечислим хотя бы часть из них. Из сапропелевых отложений производятся высококачественные органоминеральные удобрения, пригодные для всех типов почв и видов растений с целью увеличения содержания в почве гумуса, азота и микроэлементов. Сапропели повышают плодородие почвы, улучшают ее механическую структуру, снижают избыточную кислотность, увеличивают содержание в почве подвижных форм фосфора и калия.

Урожайность зерновых, овощей и корнеплодов после внесения этого натурального биостимулятора возрастает на 40–50%. Удобрения на такой основе обладают рядом преимуществ по сравнению, например, с компостами животного происхождения, поскольку не содержат семян сорных растений, не заражены болезнетворными бактериями и флорой. В отличие от многих химических удобрений экологически чистый сапропель не оказывает вредного токсичного воздействия на людей и животных, а наоборот, сокращает содержание нитратов, нитритов, солей, тяжелых металлов. Благодаря замедленной растворимости биоактивных веществ обеспечивает сбалансированное питание растений всеми биогенными элементами.

Перспективны сапропели и для минимизации вредного влияния отходов промышленных производств на почвы. Содержащиеся в органогенных осадках гуминовые кислоты образуют прочные соединения с ионами металлов и, следовательно, служат мощным геохимическим барьером для потенциально опасных веществ.

Применяются сапропели и в виде минерально-витаминных добавок в комбикорма, а также при получении гранулированных их видов на основе травяной муки, выполняя при этом связующую роль и выступая антиокислителем биологически ценных компонентов.

Что же касается организма человека, то сапропели и препараты на их основе положительно влияют на нервную, эндокринную, сердечно-сосудистую системы, улучшают состояние опорно-двигательного аппарата, стимулируют процессы метаболизма в печени. Присутствие в сапропелях антибиотиков и



Очередной фрагмент керна сапропеля поднят, его готовят к герметичной упаковке.

отсутствие патогенных микроорганизмов обеспечивают быстрое прекращение воспалительных процессов и хорошее излечение экзем, дерматитов, ожогов за счет усиления фагоцитарной активности лейкоцитов в крови, регенерации ткани. Успешно лечатся различные флегмоны, маститы, фурункулезы, хронические гастриты, язвенные болезни желудка и двенадцатиперстной кишки.

Среди технологических направлений переработки сапропелей традиционны термические, термохимические (полукоксование, термическое растворение, скоростной термолиз) и химические (экстрагирование, гидролиз, окисление) методы. Деготь, фенолы, аммиак, ацетон и газообразные продукты (H_2S , CH_4 , N_2 и др.), а также углеродные материалы и сорбенты широкого спектра, применимые для сбора нефти и нефтепродуктов с поверхности воды и любой твердой поверхности, очистки сточных вод и т.д. — таково разнообразие веществ, получаемых в результате термохимического воздействия на исходное сырье.

ИЗУЧЕНИЕ ТОЛЬКО НАЧИНАЕТСЯ

Современное состояние изученности сапропелевых залежей в целом по России и регионам недостаточно — около 2%. В настоящее время можно говорить лишь о прогнозных запасах, установленных по числу озер и среднестатистическим данным о мощности их отложений. Доктор химических наук Георгий Плаксин (Омский государственный университет) в статье «Термохимическая переработка озерных сапропелей: состав и свойства продуктов» приводит краткий обзор имеющихся данных, согласно которым запасы сапропелей с естествен-

ной влажностью в России по разным источникам оцениваются от 38 до 250 млрд м^3 . А вот сведения специализированного геолого-разведочного предприятия «Торфгеология»: на 1 января 1990 г. общие предполагаемые их ресурсы на территории Российской Федерации определены в 91 млрд т, в том числе в Северном экономическом районе сосредоточено 31,5, Западно-Сибирском — 17,2, Восточно-Сибирском — 14,5, Дальневосточном — 12,8 и Уральском — 7,9 млрд т.

В озерах Западной Сибири сосредоточены огромные их залежи, но запасы практически неизвестны, геологическая разведка проведена для ограниченного числа водоемов. По данным Георгия Плаксина, 300000 больших и малых озер Тюменской области содержат предположительно 1398,7 млн т сапропеля. В Новосибирской области разведанные запасы определяются в 25 млн м^3 , а предполагаемые — в 2,5 млрд м^3 , в Омской области — 300–350 млн м^3 .

На территории Западной Сибири ведущим предприятием по добыче сапропеля и единственным в России по его переработке является компания «Вега-2000-Сибирская органика» (г. Омск). Ее сотрудниками определен химический состав осадков ряда озер, проведена их сертификация и получены гигиенические паспорта. Экспериментально и в производственных опытах изучены безвредность и целесообразность использования омских сапропелей в качестве кормовой добавки для птицы, свиней и крупного рогатого скота. Эта фирма также производит сорбенты для сбора нефти и нефтепродуктов с водной поверхности. Что касается исследований, ведущихся в научных учреждениях, то назовем Институт проблем переработки углеводов СО РАН



**Отбор проб продуцентов
органического вещества —
планктона и макрофитов
на озере Кирек.**

(г. Омск): методами окисления и терморастворения здесь из сапропелей получают жидкое топливо, фенолы и ряд других продуктов.

В Томской и Новосибирской областях озерные сапропели почти не изучены и не используются в практических целях, за редким исключением. Так, производственная компания «Фортуна» в о. Кирек ведет их добычу для целей медицины и бальнеологии. Комплексные исследования химического, биохимического и микробиологического составов сапропеля этого озера проведены сотрудниками Института курортологии СО РАН. А в Новосибирской области компания «Сапропель» добывает и перерабатывает сырье о. Белого.

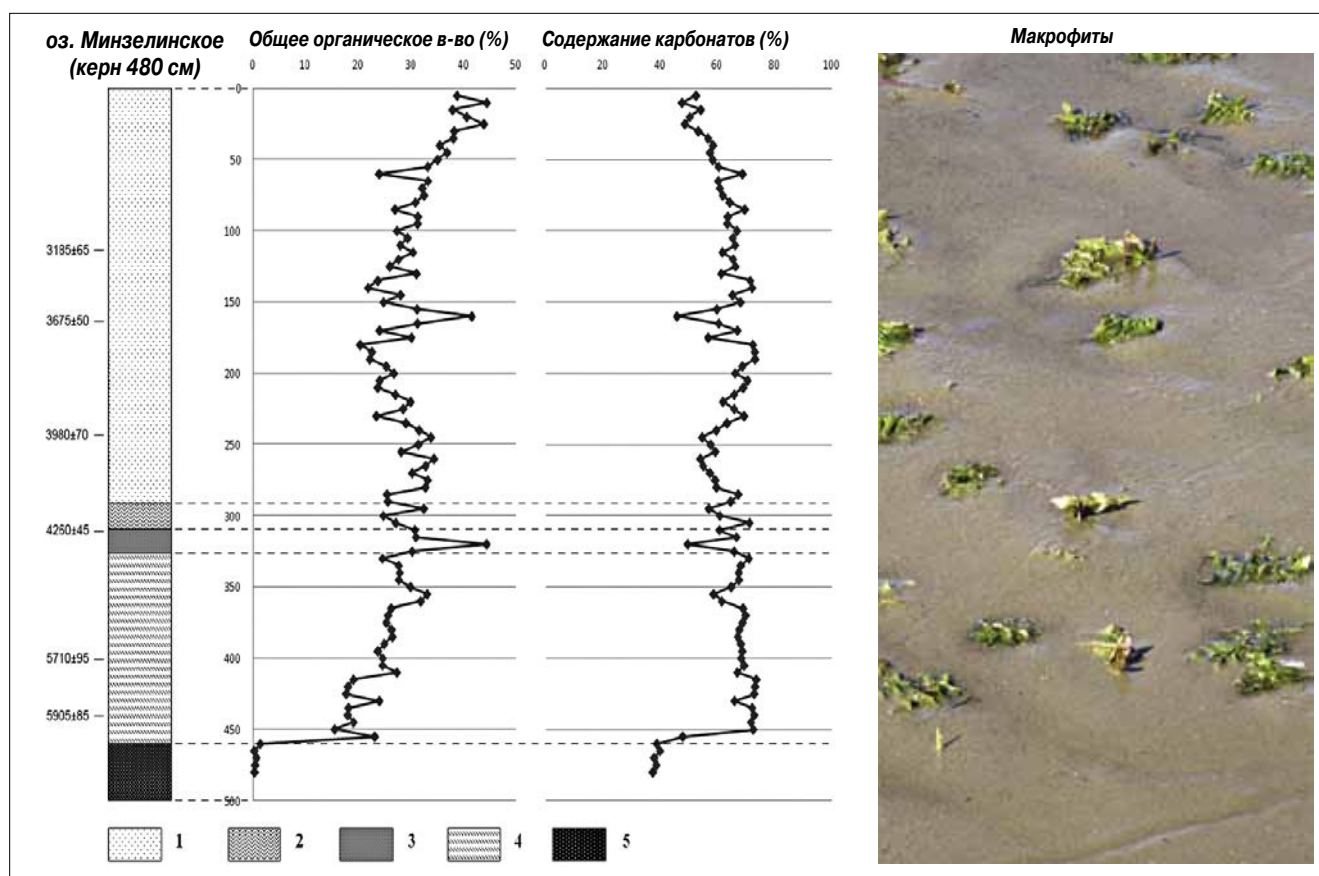
БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Физико-географические условия юга Западной Сибири благоприятны для образования сапропелей — плоский слаборасчлененный рельеф, незначительный уклон на север, относительно теплый климат, избыток влаги наряду с процессами выветривания и размыва обеспечивают поступление в озера достаточного количества биогенных компонентов. Большинство этих водоемов мелкие, слабопроточные или непроточные, с накоплением в донных осадках органики и железа, что характерно для гумидной зоны. Климатические условия южного Прибайкалья, и, в частности, предгорной полосы между северным фасом хребта Хамар-Дабан и о. Байкал, где понижения рельефа заняты озерами и болотами, довольно мягкие.

Комплексные биогеохимические исследования сапропелей малых озер сибирского региона проводятся авторами настоящей статьи с 2004 г. В За-

падной Сибири предметом нашего интереса стали шесть сапропелевых озер: Белое, Минзелинское, Большие Тороки, Иткуль, Саргуль (Новосибирская область) и Кирек (юг Томской области). В Прибайкалье — два озера: Очки и Духовое, в Забайкалье — о. Котокель. Проходку скважин мы проводили в летнее время с понтона. Методом ударного бурения получены ненарушенные керны сапропелей диаметром 7,5 см и длиной от 3,5 до 14 м. После доставки в лабораторию их фрагментировали по 2,5 или 10 см, определяли плотность и влажность, затем высушивали и гомогенизировали, при необходимости превращали в золу при температуре 450°С в муфельной печи. Подготовленные по единой методике образцы анализировали комплексом современных высокочувствительных методов на широкий круг химических элементов (порядка 55) в аккредитованном Аналитическом центре Института геологии и минералогии СО РАН и в лабораториях Сибирского научного центра, имеющих международные сертификаты.

Надо признать, что типизация озерных отложений на основании изучения компонентного состава их органической части пока недостаточно разработана. На наш взгляд, из всех известных их классификаций наиболее обоснована генетическая, предложенная Ниной Кордэ. Взяв за основу ее подход (использование биологических и химических показателей, характеризующих вероятные условия былого осадкообразования), мы разрабатываем биогеохимическую типизацию сапропелей малых озер сибирского региона — выделяем биологические типы на основе выявления генезиса органического вещества, а также используя неко-



Литостратиграфия керн сапропеля озера Минзелинское: 1 (0–291 см) — макрофитогенный сапропель; 2 (291–307 см) — торфянистый сапропель; 3 (307–318 см) — торф со скоплением раковин гастропод; 4 (318–460 см) — торфянистый сапропель с раковинами гастропод; 5 (460–500 см) — песок.

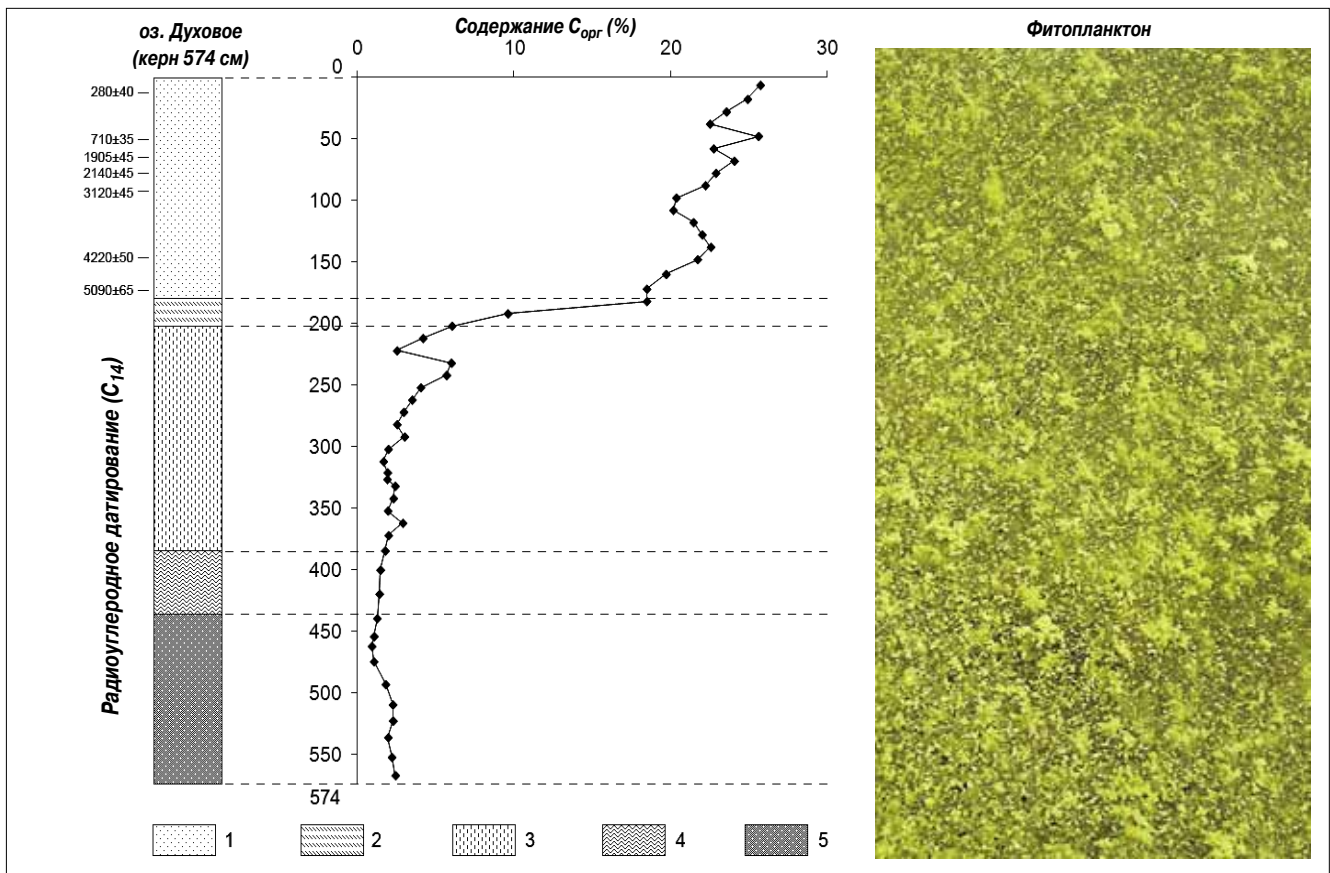
торые важные характеристики химического состава (зольность, содержание кальция, железа и др.).

По биологическим показателям мы выделяем планктоногенный (основной продуцент автохтонного органического вещества — планктон) и макрофитогенный (основной продуцент того же вещества — макрофиты) типы сапропелей. В первую очередь изучаем современный озерный биоценоз, а в нем — доминирующие виды сапропелеобразователей, дающих наибольшую биомассу. Генезис захороненной (фоссилизированной) органики устанавливаем по отношению углерода к азоту (C_{org}/N), косвенно указывающего на генетическую связь осадков с исходным материалом: либо планктоном и макрофитами, либо наземной растительностью.

На основании обобщения данных многолетних исследований нами сделано предварительное заключение, что различия физико-географических и климатических условий обуславливают формирование в настоящее время в малых озерах Прибайкалья и Забайкалья преимущественно планктоногенных сапропелей (Духовое, Очки, Котокель), а в озерах юга Западной Сибири — макрофитогенных (Белое, Большие Тороки, Минзелинское). В о. Кирек (Томская область) формируются два типа сапропелей:

в центре водоема в его глубоководной части (7 м) — планктоногенный, а в прибрежной до глубины 5 м — макрофитогенный. Детальное изучение литостратиграфии залежей позволило нам получить ясное представление о генезисе органического вещества слоев, сформировавшихся в разные временные интервалы голоцена.

Внутри двух биологических типов сапропелей исследованных озер мы выделяем три биогеохимические разновидности осадков. Первая из них — макрофитогенный высококальциевый низкожелезистый сапропель с низким содержанием органического вещества и высокой зольностью, вторая — планктоногенный низкокальциевый высокожелезистый сапропель с довольно высоким содержанием органического вещества и средней зольностью и третья — планктоногенный низкокальциевый низкожелезистый (Fe не более 3%) сапропель с низкой зольностью и высоким содержанием общего органического вещества. Формирование этих трех разновидностей во многом обусловлено химическим составом, физико-химическими условиями озерных вод и продуцентами органического вещества (планктон, макрофиты, растения-торфообразователи).



Литостратиграфия керна донных осадков озера Духовое: 1 (0–180 см) — планктоногенный сапропель; 2 (180–205 см) — глинистый ил, рыхлый темный; 3 (205–393 см) — глинистый ил, плотный серо-сизый; 4 (393–445 см) — темно-серые глины; 5 (445–574 см) — опесчаненные глины.

Рассматривая вопросы фундаментального характера, нельзя обойти стороной и экологический аспект, в частности, влияние антропогенного (техногенного) фактора на изменение химического состава озерных сапропелей. В целом исследованные нами озера находятся в фоновых, т.е. без экстремальных проявлений, районах. Но общее глобальное загрязнение атмосферы в XX в. группой халькофильных элементов (Hg, Cd, Pb, Zn, Cu, As, Sb и др.), вовлекаемых в атмосферный перенос (зачастую дальний) в составе аэрозолей и пыли, отражается на химическом составе верхних горизонтов озерных сапропелей. При выпадении на землю в составе дождя эти элементы активно включаются в процессы биодифференциации живым веществом. На границе раздела атмосфера-вода в малых озерах планктон играет роль своеобразного биофильтра, вовлекая химические элементы в биологический круговорот. На этом барьере планктон накапливает подвижные в водной среде халькофильные элементы, а затем при отмирании в составе детрита они поступают в верхние горизонты сапропелей. Однако следует отметить, что концентрации техногенных халькофильных элементов в поверхностных слоях озерных осадков в целом не превышают региональных фоновых значений,

поэтому такие сапропели пригодны к использованию в разных областях экономики.

И в заключение. Результаты биогеохимических комплексных исследований, частично изложенные в настоящей статье, могут стать фундаментом для разработки практических рекомендаций по рациональному использованию сапропелевых месторождений сибирского региона и позволят ответить на многие актуальные вопросы по истории и условиям формирования донных осадков в геологическом времени.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты 04-05-65168, 08-05-00392, 11-05-00655, 11-05-12038) и Междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 125.

Иллюстрации предоставлены авторами

ПОЧЕМУ ВЗОРВАЛСЯ ЧЕЛЯБИНСКИЙ МЕТЕОРИТ?

Доктор химических наук Виктор БАРЕЛКО,
Институт проблем химической физики РАН
(Черноголовка, Московская область),
кандидат физико-математических наук Михаил ДРОЗДОВ,
филиал Института энергетических проблем химической физики РАН
(Черноголовка, Московская область),
доктор химических наук Максим КУЗНЕЦОВ,
Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам
гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС РФ (Москва)

Падение Челябинского метеорита 15 февраля 2013 г. стало темой публикаций многих периодических изданий, в том числе и журнала «Наука в России» (№ 4, 2013 г.). Директор Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, председатель Комитета по метеоритам Президиума РАН академик Эрик Галимов в своей статье подвел предварительные итоги изучения химического состава объекта, а директор Института космических исследований РАН академик Лев Зеленый с соавторами, выйдя за рамки конкретного события в небе над Челябинском, затронули некоторые аспекты проблемы астероидно-кометной опасности. Однако вне рассмотрения остался вопрос о физическом механизме взрывоподобных катастрофических явлений, сопровождающих вхождение метеоритов в плотные слои атмосферы и приводящих к появлению на поверхности земли масштабных зон разрушения.

Первые попытки ответа на этот вопрос специалисты разного профиля предприняли более 100 лет назад, после падения на Землю Тунгусского метеорита в 1908 г.* За прошедшие десятилетия предлагались различные гипотезы. Однако большая их часть сводилась к моделям дисперги-

рования (рассеяния) тела болида за счет наведения в этом объекте, двигавшемся с гиперзвуковой скоростью в плотных слоях земной атмосферы, разрушающих значений механических и термических напряжений. К сожалению, многие естественно возникающие и, казалось бы, очевидные вопросы остаются при таком подходе без адекватных ответов. Сформулируем их.

*См.: Э. Галимов, М. Назаров. Столетие Тунгусского события. — Наука в России, 2008, № 3 (прим. ред.).



След болида в небе над Челябинском.

Достаточно ли для объяснения масштаба катастрофических последствий падения метеоритов использовать лишь представления об ударной волне, генерируемой летящим в атмосфере с гиперзвуковыми скоростями телом? Какова природа и динамические закономерности интенсивной потери его массы в виде газопарового шлейфа, сопровождающего движение болида, и что можно сказать о физическом механизме этого фактора и его влиянии на энергетические характеристики указанной ударной волны? Какая причина (если не взрыв!) определила одномоментное прекращение существования Челябинского болида на высоте 10–20 км? Как объяснить ничтожный объем на земной поверхности фрагментов метеоритного тела, обладавшего огромной первоначальной массой? Отметим в этой связи, что какое-либо фиксированное присутствие на земле вещества Тунгусского метеорита вообще не обнаружено, а по итогам анализа последствий челябинской катастрофы установлено: с площади поражения в сотни квадратных километров удалось с привлечением современных методов поиска и разведки собрать осколки общим весом в несколько сот килограммов при общей предполагаемой массе космического тела от 6 до 10 тыс. т!

Может показаться странным, но в многочисленном ряду аналитиков, представляющих свои версии по поводу произошедшего в небе над южноуральским городом, трудно обнаружить профессионалов в области процессов горения, взрыва и детонации. Возможно, это связано с тем обстоятельством, что интересующее нас событие нельзя отнести к традиционным объектам данного раздела физики?

Мы полагаем, что причину взрыва метеорита следует искать в ряду газодетонационных механизмов образования сверхзвукового фронта ударной волны. Поскольку присутствие в метеорите традиционных

для взрывчатых веществ химических источников взрывного газовыделения в данном случае исключено, представляется весьма обоснованным обращение к процессу взрывного объемного вскипания перегретого до нескольких тысяч градусов тела. Иными словами, мы предлагаем рассмотреть роль «парового взрыва» в качестве фактора, сопровождающего превращения метеоритов (болидов) в плотных слоях атмосферы.

Понятие «паровой взрыв» известно в науке и инженерной практике на протяжении более полутора столетий, со времени создания паровых котлов и изобретения двигателей на паровой тяге. Перегретая вода в котле, работающем при высоком давлении, в случае аварийного сброса давления мгновенно вскипала, что приводило к формированию разрушающей аппарат ударной волны и сопровождалось трагическими последствиями.

Аналогичную схему с некоторыми приближениями можно представить и для описания динамики взрыва метеорита в рамках парогазовой детонационной концепции. Твердое космическое тело входит с огромными скоростями (10–20 км/с) в плотные слои атмосферы, в результате чего на его поверхности формируется адиабатически сжатый до высоких давлений горячий пограничный слой. Объект перегревается много выше температуры кипения образующего его вещества, в результате чего, по мере торможения болида и снижения сжимающего его давления за ультракороткий промежуток времени происходит вскипание массы тела болида. Переведенное в газопаровое состояние и пока еще сжатое до высоких давлений вещество взрывоподобно распадается, т.е. происходит «объемный паровой взрыв», который и формирует ударную волну с катастрофическими последствиями.



Фрагмент Челябинского метеорита,
поднятый со дна озера Чебаркуль
16 октября 2013 г.

Малая масса найденных осколков свидетельствует в пользу предлагаемой гипотезы. Ударная волна рассеивает газопаровое облако вещества от взорвавшегося метеорита в атмосфере на большой площади, потому и не удастся собрать с поверхности земли более или менее значительный объем продуктов его превращения.

К сожалению, теоретические основы, объясняющие явление парового взрыва, еще не созданы, не построены и математические его модели. В силу этого обстоятельства возникает необходимость поиска объектов для экспериментального изучения рассматриваемой проблемы. Полагаем, что в качестве лабораторной модели, описывающей метеоритный взрыв, пригодно явление так называемых «взрывающихся проволоочек» — одно время оно было объектом многочисленных исследований*. В ходе опытов через тонкую металлическую проволочку (0,1–1 мм в диаметре), помещенную в реактор, пропускать очень короткий импульс электрического тока большой плотности (10^4 – 10^6 А/мм²). Почти мгновенно (10^{-5} – 10^{-7} с) она перегревается выше температуры кипения материала и затем, взрываясь, объемно сублимировала, разбрасывая со сверхзвуковыми скоростями наночастицы металла по всему пространству и стенкам реактора. Такой электрический взрыв сопровождается возникновением ударной волны с давлением до нескольких тысяч атмосфер в ее фронте, что обеспечивает режимом сверхбыстрого нагрева проволоочного элемента со скоростью свыше $1 \cdot 10^7$ К·с⁻¹ до температур, превышающих 10^4 К. Электровзрывную методику используют в настоящее время в качестве технологического инструмента для получения металлических и неметаллических наноразмерных порош-

ков материалов, обладающих значительной запасенной энергией.

Конечно, картина взрыва массивного болида существенно сложнее, чем тонкой проволоочки. Но при определенных параметрах его движения в атмосфере перегрев, пусть и локальный, может быть таким, что в ограниченном слое образуется газопаровая фаза сверхвысокого давления, которая и «детонирует». Это может происходить последовательно путем повторяющихся взрывных актов — три таких предшествовали одномоментному прекращению существования Челябинского болида. Последняя из зафиксированных вспышек перед исчезновением объекта произошла на высоте 10–20 км.

Не исключена и другая версия, объясняющая интенсификацию теплообменных процессов в объеме космического тела. В результате действия механических и термических напряжений при движении в атмосфере оно диспергирует на малоразмерные фрагменты. И уже движение «груды» осколков обеспечивает условия для реализации однородного режима перегрева раздробленной массы объекта.

Сформулированная задача построения теории парового взрыва не ограничивается, с нашей точки зрения, лишь ее приложением к объектам метеоритики. Мы полагаем, что этот механизм «срабатывает» также в вулканизме. В частности, при так называемых «фреатических извержениях» — они возникают при контакте магмы и ее потоков с водосодержащими флюидными средами в земной коре (или с расположенными на вулканических куполах ледниковыми покрытиями), начинаясь с мощных выбросов водяного пара, и не могут быть объяснены ничем иным, кроме как действием механизма парового взрыва. Более того, по нашему мнению, сам процесс вскрытия жерла вулкана и последующий ударно-волновой выброс на высоту в несколько километров парагазового «фонтана» с увлеченными фрагментами магмы и осколками породы является следствием парового взрыва находящейся под куполом вулкана перегретой магматической массы. На бытовом уровне этот процесс наглядно иллюстрирует «выстрел» содержимого из бутылки с шампанским при ее вскрытии вследствие объемного вскипания вина, пересыщенного углекислым газом.

Развиваемая концепция чрезвычайно важна, поскольку представления о паровом взрыве могут быть также использованы для объяснения природы таких техногенных катастроф, как взрывы в ядерных энергетических парогенерирующих реакторах (в частности, применительно к механизму Чернобыльской катастрофы). Более того, один из авторов данной статьи

*См.: В. Шпак. Плавкий предохранитель: история с продолжением. — Наука в России, 2012, № 5 (прим. ред.).

**Выброс парогазового облака
вулканом Горелый (Камчатка)
на высоту 2 км в 2013 г.
(по данным сотрудника
Института вулканологии
и сейсмологии ДВО РАН
Алексея Озерова).**



использовал концепцию парового взрыва в экспертном заключении о причинах катастрофы на Саяно-Шушенской ГЭС в 2009 г.

Определенный научный задел в рамках изучения данной проблемы был заложен нами в работах об «автоволновом кризисе кипения» и «детонационных механизмах в физике кипения». На основе сформулированных представлений предложено техническое решение, касающееся устройства тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов) ядерных реакторов и обеспечивающее уменьшение опасности возникновения в атомной энергетике катастроф, подобных Чернобыльской.

Возвращаясь к вопросу о выборе лабораторного объекта, необходимого для формирования научных основ явления «парового взрыва», вновь упомянем «взрывающуюся проволочку». Эта модель поможет определить многие важные параметры: критические величины длительности импульса разряда, темпа нагрева объекта и величины «закаченной» в него тепловой энергии. Помимо этого она позволит выяснить необходимую для реализации взрыва критическую величину перегрева объекта сверх температуры кипения, измерить динамические характеристики взрыва, изучить механизмы инициирования, скорости распространения волны вскипания перегретой массы, время действия взрыва, установить параметры картины акустической эмиссии, измерить поле давлений в ударной волне. Наконец, ее использование даст возможность подтвердить наличие молекулярного диспергирования объекта в процессе взрыва, т.е. сублимационный его механизм. Полученные данные составят основу для построения соответствующей тепловой и газодинамической теории явления «парового взрыва».

Подчеркнем: паровой взрыв следует отнести к тем нелинейным явлениям, физические основы которых строятся на привлечении феноменологии горения, взрыва, детонации, в частности, к описанию взрывоподобных режимов распада метастабильных состояний вещества в физике твердого тела и металловедении. Нами также были рассмотрены примеры развития такого рода междисциплинарных концепций применительно к космохимии (механизмы сверхбыстрых твердофазных химических превращений вблизи 0 К) и геотектонике (землетрясения как результаты взрывных полиморфных превращений в земной коре) — эта проблема затронута в статье Виктора Барелко с соавторами, опубликованной в журнале *Natural Science* (2010, V.2, No 12). Аналогия становится весьма наглядной, если сопоставить роль механизма «взрывной кристаллизации» переохлажденного расплава в магматических процессах и роль механизма парового взрыва перегретой среды в метеоритике.

Авторы выражают благодарность старшему научному сотруднику Института экспериментальной минералогии РАН кандидату геолого-минералогических наук Михаилу Зеленскому за ценные советы.

ПЕРВООТКРЫВАТЕЛЬ УРАЛА

Кандидат биологических наук Николай ВЕХОВ,
Российский научно-исследовательский институт
культурного и природного наследия им. Д.С. Лихачева
Министерства культуры РФ (Москва)

**Почти 2000-километровый могучий горный хребет,
разделивший Россию на две части —
меньшую, европейскую, и более обширную, сибирскую —
веками был своеобразной «крепостной стеной»,
не пускавшей на восток славянские народы.
Однако на рубеже I—II тысячелетий отважные новгородцы
переправились через северные реки,
приблизились к суровым вершинам и,
отыскав между ними проходы,
преодолели неприступную каменную преграду.**

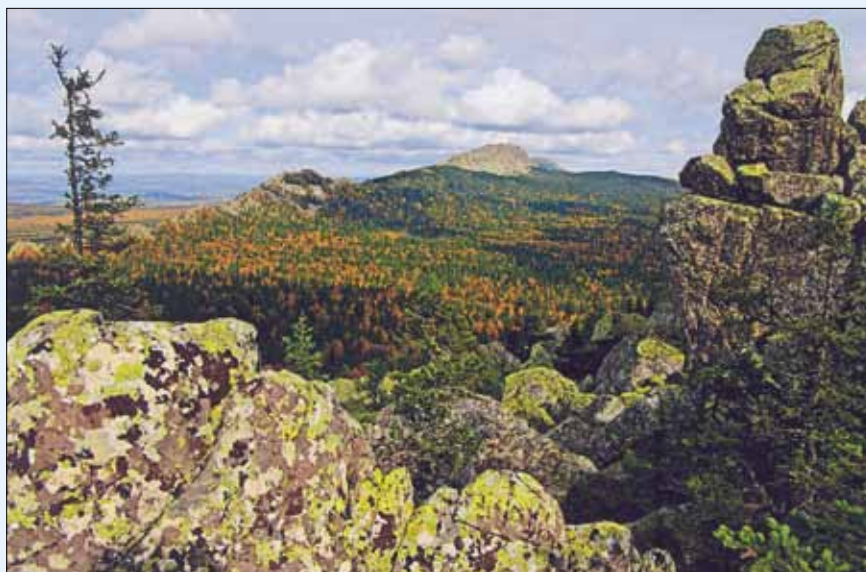
Чтобы прекратить регулярные грабительские набеги на наши земли со стороны Сибирского ханства, простиравшегося за горной страной, именуемой Сибирским, Большим Камнем, Каменным или Земным Поясом*, в начале 1580-х годов в его пределы отправилась казачья дружина во главе с атаманом Ермаком Тимофеевичем. Этот поход положил начало эре великих русских географических открытий, и с тех пор в течение многих десятилетий охотники, предприниматели, искатели лучшей доли,

*По мнению ряда исследователей, хребет, разделяющий Европу и Азию, назвал Уралом (от мансийского «ур» — гора) в конце XVII в. географ, экономист, историк и государственный деятель Василий Татищев (прим. авт.).

а затем и ученые устремлялись в неведомые края, лежащие за Уральским хребтом, а его обследовали, как правило, проездом.

Так, в 1733 г. академик Петербургской АН (с 1726 г.) естествоиспытатель Иоганн Георг Гмелин по пути на Дальний Восток в ходе II Камчатской экспедиции* организовал на Урале сбор ботанических и исторических коллекций, метеорологические наблюдения, посетил местные заводы. А во время I Оренбургской

*II экспедиция (1733–1743 гг.) — грандиозное предприятие русского правительства с целью поиска возможности судоходства по Северному Ледовитому океану и путей в Америку, Японию, картографирования местности, изучения быта и нравов народов, населявших Сибирь и Дальний Восток (прим. ред.).



Южный Урал.
Национальный парк «Таганай».

физической экспедиции (1769–1774 гг.) в этом удивительном краю провел полтора месяца ее руководитель ученый-энциклопедист Петер Симон Паллас (академик Петербургской АН с 1767 г.). За столь короткий срок он сделал немало: открыл на горе Качканар месторождение железной руды, занялся изучением растительного покрова и животного мира, быта коренного населения (марийцев, мордвы, чувашей и башкир). В итоге Кунсткамера — единственный тогда в России научный музей — пополнилась коллекциями по геологии, зоологии, ботанике и этнографии региона.

В первой половине XIX в. горную страну, разделяющую Европу и Азию, посетили немецкий физик, метеоролог, географ, ботаник, зоолог Александр Гумбольдт (почетный член Петербургской АН с 1818 г.), его соотечественники геолог и минералог Христиан Готфрид Розе, биолог Густав Эренберг (иностранцы члены Петербургской АН с 1829 г.), профессор натуральной истории швед Иоганн Петер Фальк. Однако все перечисленные изыскания не были достаточно систематическими и подробными.

Первым глубоко и всесторонне исследовал Урал на всем протяжении российский геолог Эрнст Карлович Гофман (1801–1871). Впрочем, свою естествоиспытательскую деятельность он начал как покоритель не гор, а морей — в составе экипажа шлюпа «Предприятие», совершившего в 1823–1826 гг. кругосветное плавание под руководством прославившегося на весь мир отечественного мореплавателя Отто Коцебу. По возвращении из путешествия молодой человек закончил обучение на медицинском факультете Дерптского университета (ныне Тартуского, Эстония) и защитил кандидатскую диссертацию на тему «Геологическое описание Гохланда в Финском заливе».

В 1830–1832 гг. Гофман посещал в Германии лекции авторитетных зоологов, географов, геологов и минералогов — профессоров Берлинского и Гейдельберг-

ского университетов. А в 1837–1842 гг. он уже экстраординарный профессор, затем заведующий кафедрой минералогии и геологии, декан философского факультета Киевского университета, в 1845–1863 гг. — Петербургского. За плодотворную же изыскательскую деятельность, посвященную изучению неведомых земель, Эрнсту Карловичу присвоили звание полковника, затем генерал-лейтенанта Корпуса горных инженеров.

В первой трети XIX в. Горный департамент Министерства финансов снаряжал в разные районы империи экспедиции для поисков драгоценных металлов. Одна из них, организованная в 1828–1829 гг., открыла для Гофмана Южный Урал. Золота путешественник и его спутники там не нашли, но изучали почвы, растительный покров, определили высоты вершин и местонахождения истоков рек, выявили строгую схему расположения хребтов и отрогов, выделив три меридиональные горные цепи, раскрывающиеся к югу, как они писали в путевом дневнике, в виде опахала. «Первая, западная, — самая высокая, включает отдельные продолговатого вида сопки..., средняя цепь (Уралтау) — скалистая, поросшая густым лесом и на склонах — болотистая..., восточная цепь, представленная на севере Ильменскими горами, а южнее хребтом Ирендык, состоит из гранита и весьма богата различными произведениями минерального царства».

Эрнст Карлович и его коллеги сделали важный вывод (в середине XX в. подтвержденный отечественными геологами на основе исследований земной коры): «Южная оконечность Уральского хребта заключается не в Усть-Уртской высокой равнине (современное плато Устюрт между Каспийским и Аральским морями. — *Н. Вехов*), а в Мугоджарах*».

*Мугоджары (Казахстан) — южный отрог Уральских гор. Представляют собой ряд невысоких каменных гряд (сопок) высотой в основном 300–400 м. Наивысшая точка — гора Боктыбай (657 м) (прим. ред.).



Северный Урал. На реке Вишера.

И, конечно, нельзя не отметить, что первозданная природа, фантастические пейзажи края поразили не только ум, но и сердце уже повидавшего немало красот ученого: поросшие диким лесом хребты, утесы немыслимых конфигураций, замысловатые формы выветривания, обрывы и скалы, сложенные залегающими причудливым образом пластами, покорили его навсегда.

Второе путешествие Гофмана на Урал состоялось в 1830-1834 гг. Естествоиспытатели прошли лишь 430 км, но зато по не исследованной ранее местности, впервые описав узкую (до 60 км) полосу восточного склона Урала, ограниченную на западе непрерывной цепью утесистых, почти безлесных громад, вытянутой строго на север. А в 1846 г. в эти суровые места отправилась возглавленная Эрнстом Карловичем крупная экспедиция для изучения границы между Европой и Азией, ставшая первым официальным мероприятием только что учрежденного Императорского Русского географического общества. В ее состав вошли горный инженер Никифор Стражевский, астроном Мариан Ковальский, два топографа.

Весной 1847 г. исследователи добрались до Печоры и разбились там на два отряда. Первый, руководимый Гофманом, двигаясь к северу, проследил и нанес на карту истоки, течение крупных верхних притоков (Уньи, Илыча, Подчерема, Щугора) этой реки, открыл ряд парм*, протянувшихся за ней более чем на 300 км параллельно Уральскому хребту. Тем временем второй, во главе со Стражевским, прошел его гребнем, прорубая дорогу топорами в таежной чащобе. На западе и востоке, как гласит путевой дневник, первопроходцы видели лишь «бесконечное море ле-

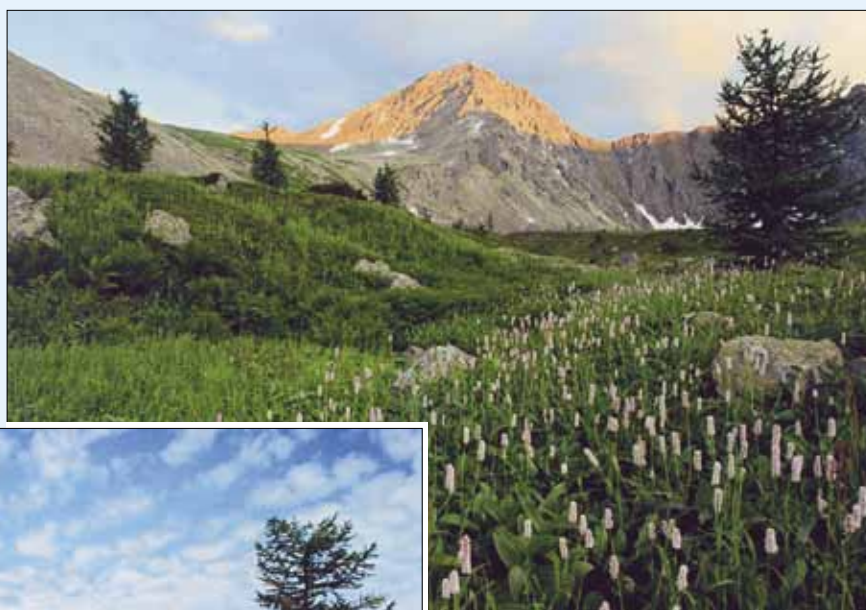
сов, прорезанное змееобразно реками, которые при солнечном свете своим серебристым блеском кажутся рельефными на черной поверхности леса».

Путешественники выяснили: к северу от 62° с.ш. Урал «вдруг быстро понижается», потом делится на несколько малых хребтов, «не имеющих правильного расположения, и линия водораздела становится весьма извилистой», далее тянутся две почти параллельные ветви, более низкая из которых — восточная. Здесь оба отряда соединились, чтобы до наступления зимы завершить полевой сезон, и по реке Сосьва добрались до города Березова, а летом 1848 г. по ней же дошли до Оби, откуда спустились до устья Войкара, где вновь отправились по двум разным направлениям.

Отряд Гофмана двинулся в сторону Северного Ледовитого океана и в середине июля достиг подножия горы Пай-Ер (в переводе с ненецкого «Владыка гор»), одной из наиболее высоких на Полярном Урале — 1499 м над уровнем моря. Вершина ее, как заметили естествоиспытатели, «намного выдается вверх из черты окружающих ее высот, бока ее круты и стремнисты. Снег никогда не тает на ней совершенно». Перебравшись в этом месте на западный склон Уральского хребта, они достигли истоков Усы — наиболее крупного притока Печоры, а в начале августа оказались в самой северной части горной страны.

Там исследователи выявили три невысоких самостоятельных поднятия — Арка-Пай на северо-востоке, Минисей на севере (культовое место ненцев) и безымянное (высотой 492 м) на северо-западе, откуда «взор углубляется в Ледовитое море — это пограничная твердыня двух частей света... Перед нами открылся вид поразительный. Это была действительно самая северная гора Уральского хребта, круто падающая в тундру. С высоты ее взор беспрепятственно достигает непрерывную равнину моря, отстоящего на 40 или 50 верст». Участники экспедиции назвали вершину

*Пармы (на языке народа коми) — плосковершинные возвышенности и хребты, покрытые елово-пихтовыми лесами. Сложены известняками и кварцитами, высотой не превышают 700 м (прим. ред.).



Приполярный Урал весной и осенью.

Константиновым Камнем в честь тогдашнего президента Русского географического общества великого князя Константина Николаевича и возвели на ней пирамиду из трех каменных плит.

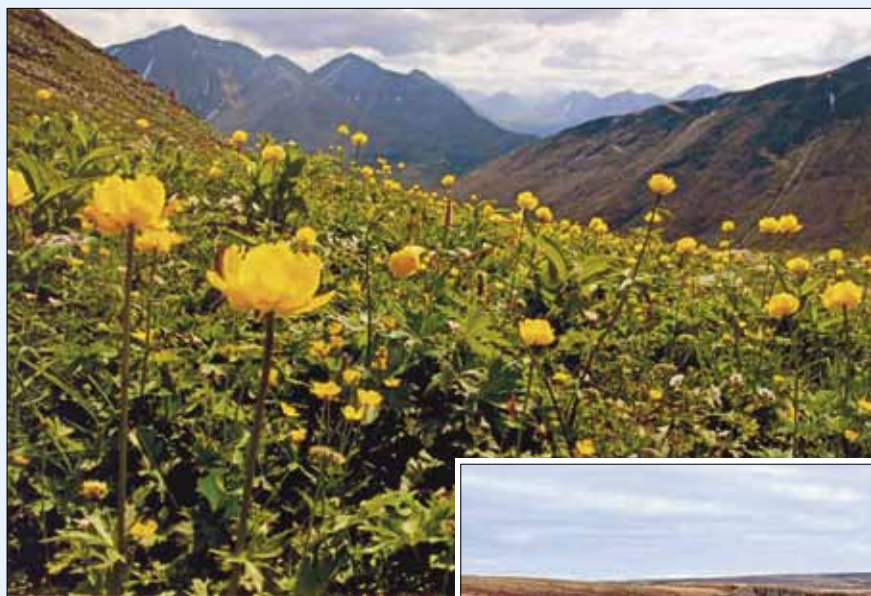
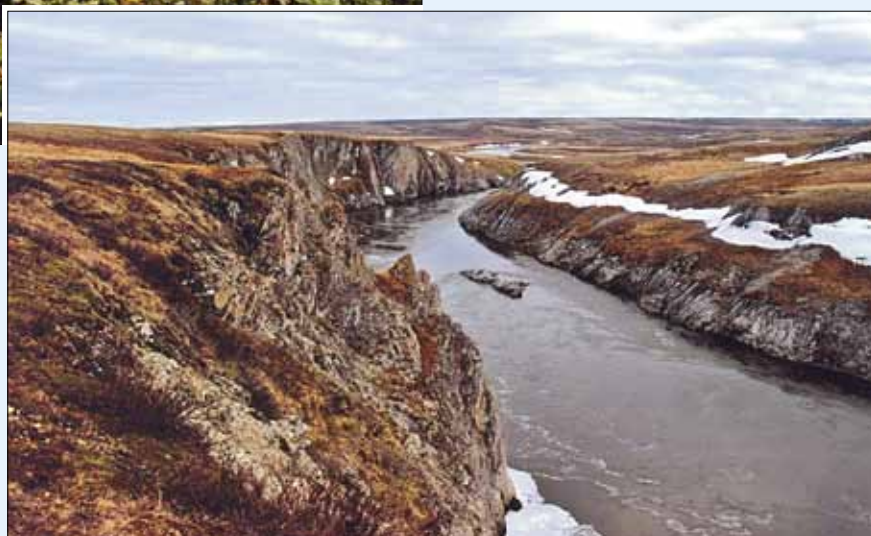
Обогнув Константинов Камень и двигаясь далее на север, отряд Гофмана прошел вдоль параллельного берегу Байдарацкой губы (Карское море) невысокого хребта, состоящего из отдельных сопок и гряд. Исследователи назвали его Пай-Хой (в переводе с ненецкого «Каменный хребет») и нанесли на карту. По мнению Эрнста Карловича, он представлял собой самостоятельное образование, поскольку был отрезан «от собственно Уральских гор полосой низкой тундры шириною в 40 верст; к тому же направление Пай-Хоя отклоняется от направления Урала на полных 90°»*. Обследовав южный склон открытой ими горной цепи, путешественники спустились по рекам Воркуте, Усе, Печоре, добрались до Мезени, затем до Архангельска и вернулись в Петербург.

Другой отряд экспедиции, под началом Ковальского, осенью 1848 г. прошел вдоль побережья Карского моря, затем повернул к реке Щучьей, протекающей

по югу полуострова Ямал и на лодке спустился по ней до Оби. Там он оказался на территории, охваченной страшной болезнью, косившей оленей, — сибирской язвой. Оставшиеся без тягловой силы естествоиспытатели, бросив провиант, «пешком, без проводника 22 дня странствовали между Уральским хребтом и рекой Обью по дикому долу, наполненному непроходимыми топями, питаюсь мхом, грибами и ягодами», пока не добрались до Обдорска. Лишь в январе 1849 г., когда в город прибыли пастухи из Европейской России с партией здоровых животных, Ковальский и его спутники купили нескольких и двинулись через Урал, Печору в Чердынь, а оттуда — в Петербург.

Именно Чердынь — крупный купеческий центр, уже несколько столетий снабжавший близлежащее население хлебом, мануфактурой, чаем, бакалеей и т.п., стал отправной точкой полевого сезона 1850 г. Гофман и его коллеги двинулись по притоку Вишеры Колве в глубь западного склона Урала, где увидели цепь хребтов северо-западного простирания, которую называли Полюдовым кряжем (его длина около 100 км). Отсюда они направились к Печоре, затем поднялись по рекам Щугор, Большой Паток и подошли к горному массиву Сабля. Вот что записал в путевом дневнике Эрнст Карлович: «Сабля не состав-

*Геологическую связь Пай-Хоя с Уральскими горами, островами Вайгач и Новая Земля ученые доказали только в середине XX в. (прим. авт.).

*Полярный Урал.**Хребет Пай-Хой и река Силоваяха.*

ляет от Урала изолированного хребта, а только западную ее отрасль. Ее четырнадцать зубчатых вершин не были покрыты снегом, но он одевал всю остальную ее массу. Величайший шпиз похож на острый гвоздь и не представляет никакой возможности для восхождения». Не менее эмоциональное дополнение внес Ковальский: все горы здесь «весьма круты, вершины остры, самые Альпы не поражают зрителя своей дикой природой, как эта часть Урала».

Здесь внимание исследователей привлек еще один удивительный объект. «Извилины долины, — писал Гофман, — открыла перед нами боковой вид на Манарагу, тогда ее гвоздеобразный шпиз явился необыкновенно зубчатою вершиною. По этой вершине гора получила свое самоедское имя, которое, по истолкованию нашего переводчика, значит «Медвежья лапа». В тот момент участники экспедиции находились в наиболее высокой и труднодоступной части гор, получившей название «Приполярный Урал».

Двигаясь на нартах к северу, Гофман попутно открыл «высокий и дикий узел гор» Западные Саледы и Обезиз, прошел со съемкой на северо-восток, спустился на плоту по рекам Лемве и Усе до Печоры и

вернулся в Чердынь. Затем он поднялся на лодке по Вишере, открыл небольшой меридиональный хребет Кваркуш и взошел на Денежкин Камень (1492 м), завершив тем самым трехлетние изыскания первой экспедиции Русского географического общества и второй в своей биографии.

Одним из важнейших итогов этого грандиозного предприятия следует считать открытие хребта Пай-Хой — связующего звена между собственно Уралом и Новой Землей. К тому же, пройдя 1000 км на север от 60°30' с.ш., экспедиция Гофмана установила непрерывность всего горного массива, определила ряд вершин. «Несмотря на свою небольшую ширину..., — писал ученый, — [он] часто делится на две, а иногда и на три параллельные цепи, отделяющиеся друг от друга широкими продольными долинами..., имеет альпийскую наружность, которую сообщает ему обрывистость его зубчатых скал...».

Кроме того, Эрнст Карлович выяснил: Урал на большом протяжении сохраняет направление, почти совпадающее с 59-м меридианом. Однако у 65° с.ш. он «расширяется, углубляется в равнину, поднимаясь вместе с тем до наибольшей высоты..., резко поворачи-



Средний Урал.

чивается к востоку...», затем очень сужается, исчезают продольные котловины, «но многочисленные поперечные долины дают проход его водам на обе стороны». Наконец, исследователь первым доказал, что между $60^{\circ}30'$ и $67^{\circ}30'$ с.ш. реки восточного горного склона принадлежат бассейну Оби, западного — Печоры, а протекающие севернее впадают непосредственно в море.

Первой публикацией результатов проведенных исследований стало вышедшее в 1852 г. «Топографическое описание Северного Урала» топографа экспедиции Дмитрия Юрьева. Затем, в 1853—1856 гг., увидели свет двухтомный труд «Северный Урал и береговой хребет Пай-Хой» и составленная на основе инструментальной съемки карта с тем же названием, отображавшая территорию, равную нескольким европейским странам. Причем ее автор Ковальский использовал названия местностей и рек, «которые употребляют местные жители», русские же наименования он применял в основном для давно освоенных отечественными исследователями районов. Добавим: запечатленная там область ныне подразделяется на Северный, Приполярный и Полярный Урал. Вместе с тем естественные испытатели доставили в Академию наук множество коллекций — образцы горных пород и минералов, чучела животных, этнографический материал, гербарий, включавший и малоизвестные науке высокогорные виды.

Однако на этом «уральская эпопея» Гофмана не закончилась. В 1853—1859 гг., ежегодно, с конца весны до начала осени, освободившись от педагогической деятельности, он со своими спутниками снова отправлялся в края, манившие его своими тайнами, неожиданными открытиями и девственной красотой. Верхом на лошади он поднимался на высокие горы,

по 10—12 ч не вылезая из седла, спускался на лодке, сплавливаясь на плоту по бурным рекам с порогами и перекатами, не раз проваливался при ледяном ветре в полынью, ездил на оленьих и собачьих упряжках, пешком проникал в таежные дебри, ночевал под открытым небом, замерзал и изнывал от жары, подвергался атакам полчищ кровососущего гнуса...

Эти годы Эрнст Карлович посвятил геологическому изучению Богословского, Воткинского, Пермского, Екатеринбургского, Златоустовского и Гороблагодатского горных округов (современные территории Свердловской, Челябинской областей, Пермского края и Удмуртии). Исследователи исходили несколько тысяч километров, совершили восхождение на Конжаковский (самую высокую вершину в Свердловской области), Косьвинский, Павдинский и Магдалинский камни, оценили перспективы освоения месторождений железных руд гор Благодати, Высокой Качканар, в то же время не переставая восхищаться окружающей природой. Особенно поразили их величественные известняковые скалы-останцы среднего палеозоя (200—300 млн лет) на берегах реки Чусовой, и некоторые из них Эрнст Карлович с коллегами подверг детальному обследованию.

40 лет без малого бесстрашный первопроходец отдал изучению полюбившегося ему удивительного края. В 1929 г. на вышеупомянутом массиве Сабля геолог Александр Алешков открыл ледник, назвав его именем Гофмана, что послужило толчком к дальнейшим исследованиям Уральских гор — поискам свидетельств их современного и древнего оледенения.

Иллюстрации предоставлены автором

АКАДЕМИЧЕСКАЯ МИССИЯ НА ПЕЧОРЕ

Кандидат геолого-минералогических наук Алексей ИЕВЛЕВ,
руководитель Геологического музея им. А.А. Чернова
Института геологии Коми научного центра УрО РАН
(г. Сыктывкар)

**В столице Республики Коми Сыктывкаре
среди мемориальных и памятных досок, посвященных
интересным событиям и выдающимся людям края, есть неброская,
установленная на чудом сохранившемся
в центре города двухэтажном деревянном доме № 5 по улице Бабушкина:
«В этом здании 19 июня 1933 года был устроен прием первому
выборному президенту Академии наук СССР,
отцу русской геологии Карпинскому Александру Петровичу».
80 лет назад основатель отечественной геологической школы
президент АН СССР (1917–1936 гг.) Карпинский
приехал в Коми автономную область, где были сосредоточены
значительные энергетические ресурсы страны
и залежи полезных ископаемых, как член Печорской бригады
Полярной комиссии АН СССР, сыгравшей знаменательную роль в судьбе
академической науки северного края и в решении
практических задач изучения и освоения его природных богатств.**

**Основатель отечественной геологической школы
президент АН СССР Александр Карпинский. 1933 г.**

ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ СЕВЕРА

К 1933 г. в общих чертах сложилось понимание роли Печорского края как нового крупного народно-хозяйственного региона СССР. Сразу же после обнаружения в 1930 г. одним из славных представителей отечественной геологической династии, доктором геолого-минералогических наук Георгием Черновым на реке Воркута высококачественных коксующихся углей заместитель председателя Высшего совета народного хозяйства (ВСНХ) Валерий Межлаук провел в Москве ряд совещаний по проблеме промышленного освоения углей Печорского бассейна, поставив задачу приступить к их немедленной добыче.

Индустриализация дальнего Севера началась с размахом. 20 апреля 1931 г. ВСНХ принял постановление «О развитии топливной базы в Северном крае», предусматривавшее закладку шахт в районах рек Воркута и Адзья и добычу здесь в 1931 г. 7 тыс. т угля, а также пробного угольного разреза в бассейне реки Неча с добычей 2 тыс. т топлива. Эти работы возложили на Ухтинскую экспедицию Объединенного государственного политического управления (ОГПУ). Через четыре дня вышло постановление Бюро Северного краевого комитета ВКП(б) «О форсировании разведочных работ и промышленной эксплуатации Печорских углей и нефти». Сформированная в начале мая 1931 г. по приказу начальника Ухтинской экспедиции Якова Мороза угольная комиссия утвердила план добычи 9 тыс. т угля и разработала мероприятия по переброске в районы рек Адзья, Неча и Воркута рабочей, тягловой силы и строительных материалов. В результате к концу года добыли 9 884 т ценного сырья, что составило 108,9% к плановому заданию. Совет труда и обороны в постановлении «О развитии каменноугольной промышленности в районе бассейна р. Печоры» (1932 г.) признал наличие здесь значительных запасов ископаемого топлива и определил практические мероприятия по освоению природных богатств. Созданный в ноябре 1932 г. Ухто-Печорский трест начал в регионе разведку и эксплуатацию месторождений, строительство железнодорожных и грунтовых дорог, жилых и культурно-бытовых учреждений, водных путей сообщения с возведением причальных и складских сооружений, организацию речного судостроения, а также ремонтных заводов для строящихся рудников, нефтепромыслов и речного флота. Словом, освоение природных богатств Печорского края вступило в промышленную стадию.

Однако широкомасштабное ускоренное освоение ресурсов региона упиралось в транспортную проблему. Участники заседания сектора природных ископаемых Госплана СССР (1933 г.), где были заслушаны доклады геологов Николая Тихоновича и Нестора Кулика о результатах разведочных работ Ухто-Печорского треста в 1929–1932 гг., отмечали: «Все идеи ов-



ладения Печорой сводились, главным образом, к ряду суррогатных решений, на проектирование которых и на строительство затрачено немало миллионов», но это «были паллиативы, затемнявшие общую перспективу к освоению Печорского края». По мнению Госплана, в регионе к тому времени обозначились три пункта: Воркута и Пай-Хой (коксующиеся угли и полиметаллические руды), Ухта (нефть и асфальтиты) и Щугер (каменные угли). Для рационального освоения выявленных здесь месторождений необходимо было определиться со строительством транспортных путей, а также составить комплексный план развития Печорского края на ближайшие годы и перспективу. И эти задачи легли на плечи Печорской бригады Полярной комиссии АН СССР.

ОТ ЛОКАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ К ГЛОБАЛЬНЫМ

Полярная комиссия была создана в АН в 1914 г. как ответ на насущные потребности России: «Если мысль о создании такой постоянной Полярной комиссии давно уже носилась в воздухе, то толчком к осуществлению ее явились последние открытия русских моряков в Северном Ледовитом океане, вызвавшие желание исследовать эти земли, — писал в одном из своих трудов русско-немецкий зоолог и гидрограф, исследователь Арктики Леонид Брейтфус. — Таким



*Члены Печорской бригады
Полярной комиссии АН СССР
(академик Александр
Карпинский в центре)
на теплоходе подъезжают
к Сыктывкару. 1933 г.*



Встреча в Сыктывкаре. 19 июня 1933 г.

образом, не из академических соображений, а из потребностей практической жизни возник вопрос о создании комиссии, которая, находясь на нейтральной почве и пользуясь доверием правительства и общества, объединяла бы труды отдельных лиц и обществ на поприще полярных исследований... Почин этого дела изошел из среды Академии». Одна из ее первоочередных задач, по словам Брейтфуса, состояла в изучении сосредоточенных на Севере полезных ископаемых, особенно каменного угля.

Вопрос о направлении специальной академической миссии в бассейн реки Печоры и на острова Север-

ного Ледовитого океана первоначально поставил главный орган экономики Ленинграда и области — облплан. При этом цель была сформулирована достаточно «узко»: ознакомиться с ресурсами района, «рассматривая их главным образом с точки зрения обеспечения топливной и сырьевой базы Ленинградской промышленности». Однако ученый секретарь Полярной комиссии АН СССР Александр Толмачев предложил расширить программу обследования Печорского бассейна как нового народнохозяйственного комплекса страны. Он и стал руководителем бригады. Секретарем был назначен главный инженер

**Печорская бригада
Полярной комиссии АН СССР.
В первом ряду в центре —
президент АН СССР
Александр Карпинский.
22 июня 1933 г. (г. Сыктывкар).**



Ухто-Печорского треста Юрий Максимович. В состав экспедиции вошли известные в своих областях специалисты Сергей Керцелли (оленоводство, животноводство), Александр Шенников (геоботаника), Михаил Едемский (геология), а также ряд ученых, работающих в сфере геофизики, химии, горного дела, энергетики, экономики и краеведения.

На первом этапе в работе коллектива принял участие президент АН СССР Александр Карпинский, считавший необходимым установить личные контакты с руководителями Северного региона. Еще до приезда в Сыктывкар, 7 апреля 1933 г., он направил в Коми облплан письмо, где определил основные задачи миссии. Те, в свою очередь, подготовили к визиту брошюру «К проблеме Печорского промышленного комбината» с изложением своего видения развития здесь науки. Среди причин, мешающих поступательному движению, авторы назвали отсутствие генерального плана комплексного изучения края с твердой целевой установкой, случайность экспедиций, дублирование тем. «Не было координирующего центра, собирающего результаты работ, намечающего дальнейшие перспективы исследовательской работы, — подчеркивали представители местной власти, — получился разнотек, самотек в работе». И как итог прозвучало предложение создать на Печоре комплексную базу Академии наук СССР.

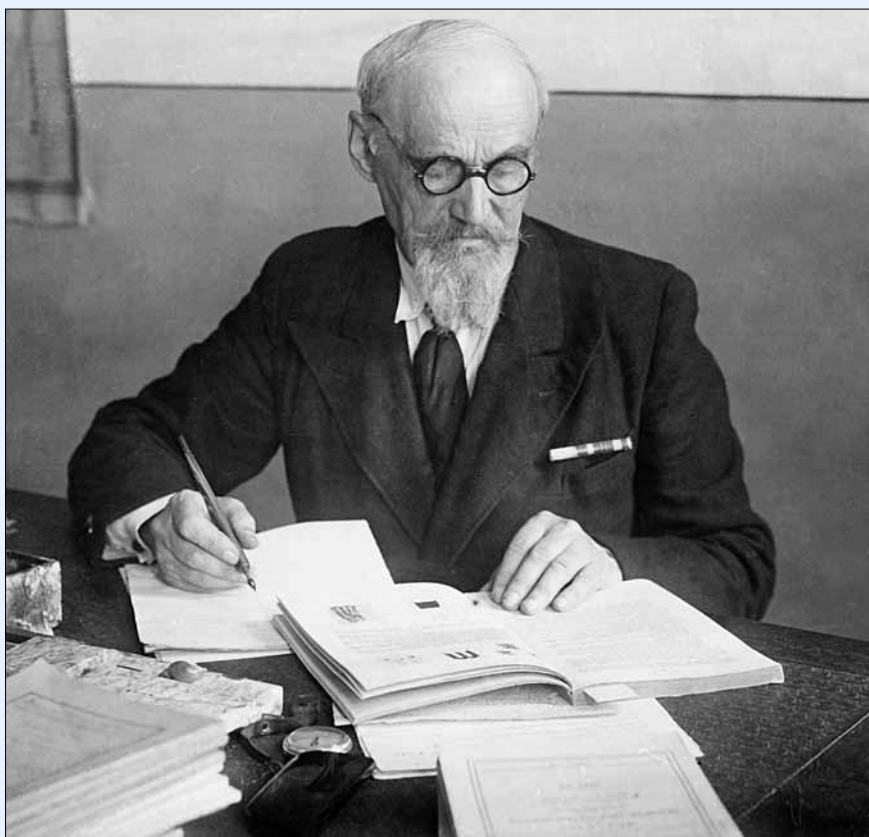
СЕВЕРНЫМИ МАРШРУТАМИ

Бригада Полярной комиссии подошла к разработке рекомендаций по промышленному освоению Европейского Северо-Востока основательно. В ее

задачу входило изучение геологического строения и ресурсных запасов данных территорий, почвенных и климатических характеристик, возможностей организации сельского хозяйства и животноводства. Иными словами, исследования академической экспедиции носили ярко выраженный прикладной характер.

6 июня 1933 г. члены комиссии выехали из Ленинграда в Архангельск, где прошло обсуждение перспектив развития научно-исследовательских работ в Коми крае. Затем на пароходе ученые отправились вверх по Северной Двине и Вычегде. Осмотрев месторождения известняков и гипсов (Усть-Пинега и Орлец), битуминозных сланцев (Котлас), соляные источники в Сольвычегодске и Гамское железорудное месторождение в районе Жешарта, 19 июня они прибыли в Сыктывкар. Здесь президент АН СССР высказал мысль о необходимости организации в Коми стационарных академических исследований, подтвердив правильность предложения республиканских властей.

Проведя в столице региона ряд совещаний, бригада направилась в Усть-Вымь, откуда Карпинский и ряд сопровождавших его лиц на пароходе вернулись в Архангельск. Другие на автомашинах прибыли в поселок Чибью (будущий город Ухта). Их шестидневное знакомство с изысканиями Ухто-Печорского треста завершилось научно-технической конференцией. Ученые рекомендовали ускорить геологическую разведку, предложив, в частности, широкое внедрение геофизических методов. Один из главных выводов состоял в признании промышленного значения Ух-



*Основоположник геологической науки
Коми края профессор Александр Чернов.
1950-е годы.*

тинского нефтеносного района. При этом члены экспедиции обратили особое внимание на необходимость развития транспортной системы для ускоренного освоения Печорского края.

Далее из поселка Чибью бригада направилась на лодках в село Ижма, где в течение двух дней знакомились с местным сельским хозяйством. 17 июля она уже была в Воркуте, где ученые участвовали в митинге в честь закладки узкоколейной железной дороги Рудник—Уса и провели совещание по проблемам освоения месторождения угля. Затем водным путем добрались до угольных месторождений Адзьва и Щугер, посетили Усть-Вою и Каменку. 8 августа экспедиция прибыла в Усть-Усу, а через два дня — в Усть-Цильму, где познакомилась с деятельностью сельскохозяйственной станции и обсудила вопросы организации здесь опорного пункта академии. Затем по реке Печоре добралась до Нарьян-Мара, откуда отправилась в Архангельск для подведения предварительных итогов.

РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ АКАДЕМИЧЕСКОГО «ДЕСАНТА»

В 1933 г. член Печорской бригады Михаил Едемский подготовил первую объемную сводную работу по геологии и полезным ископаемым Северного края, представленную в Госплан СССР (в 1934 г. она вышла отдельным изданием). Основываясь на ре-

зультатах исследований выдающегося первооткрывателя природных богатств европейской части Заполярья профессора Александра Чернова (1877—1963) и его коллег, он указал на промышленные запасы нефти и угля в Печорском крае и необходимость их дальнейшей разведки и добычи.

7 октября 1933 г. Президиум АН СССР принял решение о включении Печорского бассейна в число основных районов исследовательской деятельности академии. Двумя месяцами позже в Архангельске было создано Бюро по изучению Северного края Полярной комиссии АН СССР, в состав совета которого вошли уже упомянутые Толмачев (председатель), Чернов, Кулик и др. Образование данного учреждения стало прямым результатом работы Печорской бригады. Правда, его задачи сначала были ограничены преимущественно совещательной работой и обработкой научных материалов. Однако вскоре появилась насущная необходимость постановки новых исследований собственными силами. В 1934 г. в штате бюро было четыре человека, а в 1935 г. — уже 11.

В феврале 1935 г. Президиум АН СССР провел заседание по итогам экспедиции, где принял рабочую концепцию народнохозяйственного освоения Печорского края на 1935–1950 гг. В нем участвовали также специалисты Госпланов СССР и РСФСР, наркоматов, Главного управления исправительно-тру-

**Заведующий Сыктывкарской группой
Северной базы АН СССР
инженер-геолог Павел Калинин. 1972 г.**

довых лагерей (ГУЛАГа), Гипроводтранса и представители местной власти. Как видно, академическое сообщество оценивало перспективу развития Печорского края в увязке с дальнейшим освоением всего Европейского Северо-Востока страны, а не только Коми автономной области.

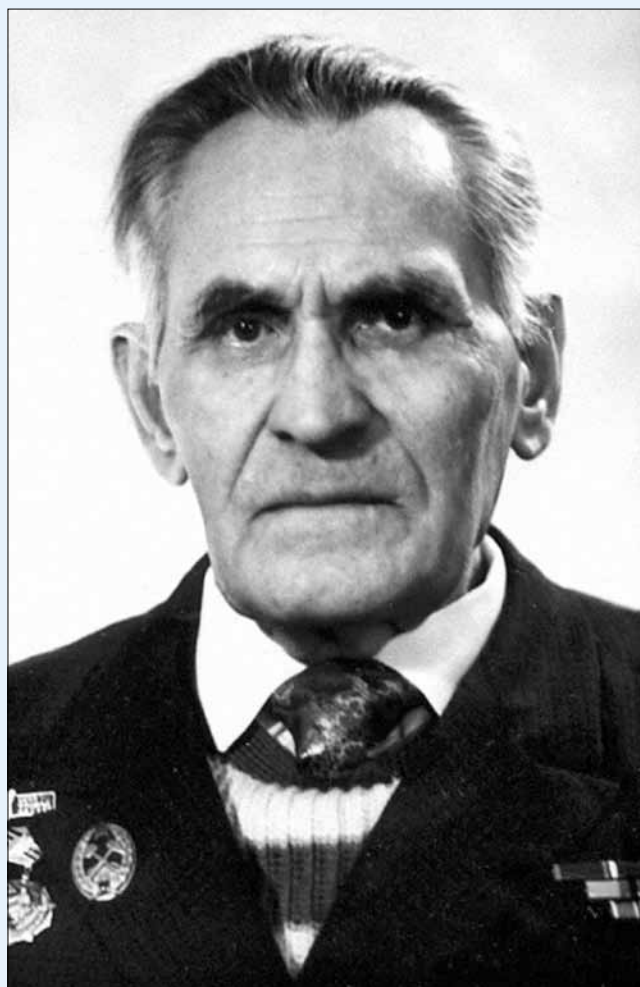
Рабочая гипотеза подразумевала организацию на Печоре комплексной научно-исследовательской станции АН СССР. В результате в августе 1939 г. здесь появилась Сыктывкарская группа Северной базы АН СССР во главе с инженером-геологом Павлом Калинин. Небольшому коллективу выделили комнату в здании Совмина республики. Великая Отечественная война ускорила процесс организации крупного академического учреждения. В 1941 г. в столицу Коми эвакуировали Кольскую базу АН СССР. Вместе с Сыктывкарской они образовали Базу по изучению Севера, которой руководил известный геохимик и минералог академик Александр Ферсман. Она стала предтечей будущего Коми филиала АН СССР.

Еще один важный практический итог работы Печорской бригады — подтверждение правильности проводимых Ухто-Печорским трестом изысканий. Это имело особое значение для ГУЛАГа, так как руководителями и главными исполнителями научно-исследовательских и добычных работ в Печорском крае были ученые и специалисты, осужденные как «враги народа». В подтверждение этого можно привести пример из биографии главного геолога Ухто-Печорского треста Николая Тихоновича, отбывавшего срок в поселке Чибью. Когда решался вопрос о закладке поисково-разведочной скважины, в октябре 1930 г. давшей фонтан нефти на Чибьюском месторождении, он подготовил записку-обоснование на 56 листах и сделал 10 чертежей, переданных руководством ГУЛАГа для экспертизы основателю отечественной нефтяной геологии академику Ивану Губкину (1871–1939). Тот дал положительное заключение на предложение высококвалифицированного, но осужденного специалиста.

ТРАНСПОРТНАЯ СТРАТЕГИЯ

И последнее, о чем следует упомянуть, — о разногласиях членов экспедиции и представителей краевых властей в решении транспортных проблем. Никто не сомневался в необходимости роста сетей. Разными были взгляды на то, какие магистрали развивать. Ученые предлагали регулирование реки Усы и расширение Печорского порта, проведение технической экспертизы Адакской плотины, Камо-Печоро-Вычегодского соединения, а также строительство железных дорог Пинюг–Сыктывкар и Воркута–Юшар.

Интересно, что Печорская бригада не посещала названные объекты железнодорожного строитель-



ства, а, напротив, присутствовала на закладке узкоколейки от воркутинского Рудника до реки Уса. Однако в 1935 г. вышла в свет книга Александра Чернова, в которой автор, опираясь на мнение Северного крайплана, высказал критическое отношение к такому решению транспортной проблемы: «...мы видим в развитии водного транспорта Печоры только частичное разрешение всей проблемы... Железнодорожный путь Воркута–Юшар является также только частичным разрешением всей проблемы, кардинальным же решением ее являются основные магистрали: широтного направления к западу на Архангельск, диагонального к юго-западу на Москву и меридионального вдоль Урала, как по его западной, так и восточной стороне... Уже много лет мы являемся убежденными сторонниками диагонального направления».

Известно, что изыскания на трассе Воркута–Юшар (Хабарово), проведенные в 1932–1934 гг., показали: ледовая обстановка в Баренцевом море неблагоприятно скажется на дальнейшей морской транспортировке воркутинского угля, поэтому строительство дороги было признано нецелесообразным. Железнодоро-



**Дом № 5 по ул. Бабушкина в Сыктывкаре,
где проходила работа
Печорской бригады (современный вид),
и мемориальная доска.**

рожная ветка Пинюг—Сыктывкар строилась с перерывами в 1929—1933 гг. и стала одной из первых «мертвых» в СССР. А диагональное направление Воркута—Москва получило, в конце концов, путевку в жизнь благодаря принятому 9 мая 1940 г. постановлению «О строительстве Северо-Печорской железнодорожной магистрали и развитии добычи воркуто-печорских углей». Первый поезд прибыл в Воркуту 28 декабря 1941 г. Таким образом, к 1935 г. варианты устройства железнодорожных линий Сыктывкар—Пинюг и

Воркута—Юшар были уже отработаны, и их сооружение прекратили. Поэтому транспортное решение, предложенное в рабочей гипотезе народнохозяйственного освоения Печорского края, к тому времени фактически устарело.

*Иллюстрации предоставлены автором
Фото из фондов Геологического музея им. А.А. Чернова*

ОСНОВАТЕЛЬ ЭТНОГРАФИЧЕСКИХ КОЛЛЕКЦИЙ КУНСТКАМЕРЫ

Кандидат исторических наук Александр ТЕРЮКОВ,
заведующий отделом этнографии восточных славян
и народов Европейской России Музея антропологии и этнографии
им. Петра Великого РАН (Кунсткамеры),
доктор исторических наук Антон САЛМИН,
ведущий научный сотрудник Кунсткамеры

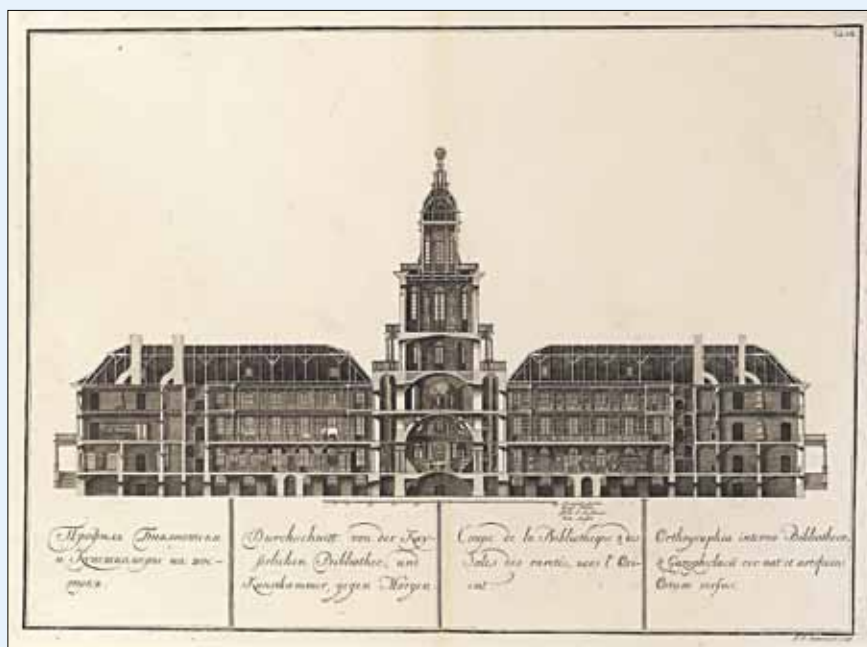
Собрание знаменитой Кунсткамеры пополнялось на всем протяжении ее существования. В течение XVIII в. экспонаты поступали как из специальных академических экспедиций, так и в виде даров от отдельных лиц:

в 1715 г. — от заводчика Никиты Демидова, в 1716 г. — от князя Матвея Гагарина, в 1734 г. — от немецкого естествоиспытателя, исследователя Сибири и Урала, академика Петербургской АН с 1727 г. Иоганна Георга Гмелина, в 1737 г. — от российского историографа немецкого происхождения, академика с 1725 г. Герарда Фридриха Миллера...

В 1739–1740 гг. по Высочайшему повелению шел активный сбор одежды как разных народов России, так и иноземных народов для проведения маскарада, известного в истории как «Ледяной дом».

В 1740 г. в Кунсткамеру поступила коллекция из экспедиции на Крайний Север под руководством астронома, члена нескольких европейских академий, в том числе и Петербургской, Николая Делиля, а после пожара 1747 г. — собрание естествоиспытателя академика Петра Симона Палласа.

Однако большинство первых экспонатов Музея связаны с экспедицией Даниила Мессершмидта.



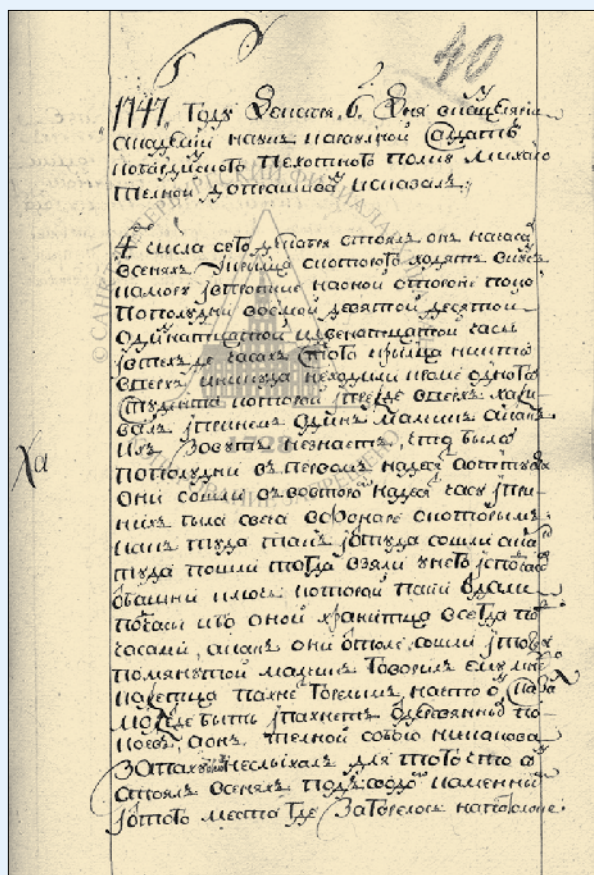
Даниил Мессершмидт родился в 1685 г. в Данциге (Гданьске), умер в 1735 г. в Санкт-Петербурге. В Галле изучал медицину и ориенталистику. Медицинский факультет закончил в 1708 г., а в 1713 г. защитил диссертацию. Кстати, здесь же учились два брата Блюментросты — Иоганн Деодат и Лауренсиус, с которыми Даниил был знаком. Впоследствии судьба их сведет в Санкт-Петербурге: Иоганн станет президентом Медицинской канцелярии Академии наук, а Лауренсиус (известный в России как Лаврентий Лаврентьевич) — ее первым президентом.

Имевший прекрасное для того времени образование по естественным наукам, особенно по зоологии, минералогии и ботанике, Даниил Мессершмидт был приглашен в Россию в 1716 г. После его часовой беседы с императором Петром I 5 ноября 1718 г. появляется указ о его поездке в Сибирь «для изыскания всяких раритетов и аптекарских вещей: трав, цветов, коренья и семян, и прочих статей в лекарственные составы избирая, присылать в Санкт-Петербург в главнейшую аптеку». Этот документ ставил ученого в непосредственное подчинение Медицинской канцелярии (точнее ее начальнику и президенту Медицинского факультета, упомянутому Иоганну Блюментросту), куда Мессершмидт должен присылать все собранные им материалы, а он, в свою очередь, должен направлять в Сибирь выплату ему жалованья и прогонных денег. 5 сентября 1719 г. Даниил Мессершмидт выехал в Сибирь в свите посольства князя Льва Измайлова, направлявшегося в Китай.

На карте путешествия по маршруту «Москва—Тобольск» по реке Волге имеется отмеченный красными точками его путь. Затем пунктир следует вверх по суше от Казани и далее. Обратно в Петербург он вернулся в марте 1727 г.

Известные нам к настоящему времени архивные и опубликованные источники позволяют говорить о доставке Мессершмидтом в Кунсткамеру из своей восьмилетней экспедиции неких экспонатов, среди которых имелись и относящиеся к народам Волго-Камья. Собирали он их в период с 5 сентября по 24 декабря 1719 г. по пути в Сибирь по маршруту Нижний Новгород—Казань и с 5 по 19 января 1727 г. при возвращении из Сибири в Петербург по маршруту Хлынов—Волга—Нижний Новгород, т.е. в течение четырех месяцев. Известно, что он был и на Строгановских приисках, где занимался сбором этнографических и археологических предметов, прежде всего национальных костюмов, которые покупал на собственные деньги, поскольку это занятие не входило в круг его прямых обязанностей. Поэтому дневниковые записи ученого, посвященные жизни народов данного региона, носят случайный характер. А в Волго-Камье он собирал вещи по своей инициативе, что потом и послужило основной причиной раздора между ним и Академией наук в лице Иоганна Блюментроста.

Дело в том, что Мессершмидт старался закупать костюмы в комплекте. Особенно его интересовала такая одежда, в которой люди совершали жертвоприношения, надевали ее в дни праздников. Сохранилась его запись, сделанная в удмуртской деревне Балезино: «Около 2¹/₂ часов по полуночи наконец с огромным трудом сумел полностью собрать <разное> тряпье, относящееся к женскому костюму». Далее исследователь отмечает: «Приказал для начала целиком запаковать, опечатать и обозначил <как> ... удмуртский женский костюм, который я имею намерение в будущем поместить в моем музее на кожаном набитом паклей болване или манекене».



Протокол допроса солдата
Евсевей Ленина о пожаре
в Кунсткамере 1747 г. //
Петербургский филиал
архива РАН. Ф. 3. Оп. 1,
№ 112, л. 41.



Женская чувашская рубаха
из холста с вышивкой. //
Петербургский филиал
архива РАН. Р. IX.
Папка 04. Рис. 432.

Ученый был настолько активен и увлечен, что тут же набрасывал заметки исследовательского плана. Позже академик Петер Паллас, публикуя отрывки из его дневника, напишет так: «Мессершмидт владел отличной ученостью, часто писал дневник всю ночь до утра, записывая все, что за день узнал и собрал, оставляя сну лишь несколько часов. Удивляешься, что этот человек сделал один, тем более что он во всем соблюдал излишнюю даже пунктуальность». Ему вторит Герхард Фридрих Миллер: «Он не только был прилежным собирателем, но и описывал на [уровне, присущем] настоящему ученому... Он был наделен также талантом классифицировать их в соответствии с принятыми тогда [принципами]».

В декабре 1726 г., уже на обратном пути, в районе удмуртской деревни Юска Мессершмидт в своем дневнике записывает: «костюм удмуртских женщин из крапивной <или> конопляной ткани, а именно — из штанов и чулков, и обуви, сплетенной из лыка, из крапивной <или> конопляной рубахи с узкими рукавами до кистей рук, поверх которой они надевали другую, спереди полностью распахнутую рубаху с длинными рукавами». Впервые в истории удмуртской этнографии он подробно описывает женский головной убор ашкон: «Над чепцом они носили высокий головной убор в фут высотой и почти такой же в ширину, <сделанный> из бересты, покрытой

белой крапивной тканью, и спереди надо лбом на половину высоты вышитый разноцветными шерстью и шелком и украшенный множеством стеклянных бус или разноцветной эмалью (по-русски бисер) и четырьмя-пятью горизонтальными рядами свинцовых копеек. На верхушке головного убора прикреплен четырехугольный белый крапивный <или> конопляный платок, который сзади свисает до верхней части шеи, а также, подобно французским женским капорам или кауффлорам, может быть, при желании, опущен на лицо спереди».

Коллекции, собранные Даниилом Мессершмидтом, везли в столицу в шести больших туго набитых ящиках, а также в разных тюках. Считается, что все вместе весили 4 т. По возвращении экспедиции в город на Неве руководство Академии наук хотело, чтобы все привезенные экспонаты сразу же поступили в распоряжение Императорской Кунсткамеры. Но сам собиратель пожелал, чтобы они некоторое время побыли у него дома: он хотел сам привести их в некую систему, дописать начатый в поле каталог, организовать экспозицию как таковую. Кстати, о своих намерениях он писал в АН еще в 1725 г. из Сибири: «Несмотря на отказ в помощниках, я старался по мере сил и возможности — при поддержке и милосердии Всевышнего — выполнять все то, что мог сделать один, своими собственными руками. Как

в предшествовавших рапортах, так и по моем возвращении я прилагал и буду прилагать все свои силы к тому, чтобы подвести итоги возложенным на меня весьма трудным поручениям и окажусь в состоянии представить удобный для пользования каталог». Кроме того, он планировал отобрать из ящиков свои личные вещи и лишь затем всю коллекцию отдать в Кунсткамеру. В связи с этим и возникли разногласия между Блюментростом и собирателем, так как администрация требовала немедленно сдать привезенное им. Более того, из Академии ему письменно сообщили, что статейным списком займются другие профессора. В результате из его бывшей квартиры служащие без спроса стали забирать сундуки и тюки.

В сентябре 1727 г. Мессершмидт обращается с письмом к императрице Екатерине I. В нем он напоминает, что был послан в Сибирь для изыскания всяких раритетов и аптекарских вещей по указу самого Петра I. Оттуда он отправил 22 отчета президенту Медицинской канцелярии Ивану Блюментросту и президенту Петербургской АН Лаврентию Блюментросту. Далее он пишет, что занят составлением большого статейного списка собранным вещам. Притом за 1727 г. ему не выплатили жалованья. А в марте того же года квартиру, где он проживал, опечатали вместе со всеми привезенными предметами, и ему пришлось съехать в другую. В конце послания ученый просит предоставить ему условия для завершения описания собранных в восьмилетней экспедиции экспонатов. После чего обещает все отдать в АН.

Но в ноябре 1727 г. ему вручили Императорский указ, согласно которому он должен представить подлинники документы о расходах денег за время экспедиции (о подводах, о средствах передвижения с указанием верст и т.д.). А в декабре того же года президент Медицинской канцелярии Иван Блюментрост издает две докладные записки (промежуточные), напоминающая в них, что профессора Шумахер, Делиль, Байер и Буксбаум еще в апреле были назначены для свидетельства и обсервации привезенных из Сибири доктором Мессершмидтом «куриозных» вещей. Однако назначенные лица до сих пор не могут приступить к осмотру, хотя предметы находятся в Медицинской канцелярии.

В связи с этим ценно свидетельство Герарда Миллера (он вел протокол комиссии). В нем, в частности, отмечено: «Вещи [находились] в множестве больших и маленьких ящиков и пакетов. Все они были в том виде, в каком они были опечатаны печатями тамошней губернской канцелярии. Из них шесть [ящиков], наполненных всякого рода произведениями природы, господин Мессершмидт предназначил для продажи и снабдил особыми ярлыками, по которым все они были точно определены. Однако остальные вещи, как он считал, должны были быть ему возвращены как ему принадлежащие, независимо от того, были ли среди них произведения природы». В постановлении комиссии сказано, чтобы все древности и редкости (в том числе предметы одежды некоторых сибирских наро-

дов), а также книги сохранить в АН, чтобы обогатить ими Императорскую Кунсткамеру. В письме к императрице от 21 декабря 1727 г. Даниил Мессершмидт жалуется, что не может продолжить работу над коллекциями, которые он собирал в течение 1719–1727 гг., а также говорит о том, что вместе с коллекциями и «собственные мои пожитки забраны без остатку».

В январе 1728 г. по отношению к нему появляется очередная докладная записка, где оговаривается: «Понеже опасно, ежели доктор Мессершмидт отпущен будет в свое отечество, чтобы он не публиковал о книгах, о описании и о куриозных вещах». Известно, что самыми первыми ценителями собрания исследователя были профессора Делиль, Байер и Буксбаум. Первый признал, что карты по географической науке сочинены изрядно, второй усмотрел удивительные «антиквитеты», или древности, а третий загорелся желанием иметь подлинники ботанические экземпляры. Так как никто из них не мог сделать точное описание коллекции, Мессершмидту опять сообщают, чтобы он без всякого отлагательства являлся в Академию тогда, когда его позовут профессора для истолкования некоторых раритетов. В итоге работа академической комиссии по приему коллекций, привезенных исследователем из экспедиции по Сибири, шла с января по август 1728 г.

В конце концов Мессершмидт в августе 1728 г. решает уехать к себе на родину. «А задерживать меня здесь не за чим. И которых, якобы оставшихся у меня плантов спрашивают и ригиналов, а у меня их нет», — заявляет он. Ученый также ходатайствует о выдаче ему паспорта и удержанного жалованья. Ему хочется уехать до закрытия водных путей. Притом из-за невозможности решения его вопросов он обещает больше не обращаться в Академию, а писать в Верховный тайный совет. Этому желанию не удалось осуществиться — Мессершмидт умер 25 марта 1735 г. в нужде в Петербурге, поддерживаемый немногими друзьями.

В справочнике «Российская антропология», изданном в 1928 г., дана такая оценка стараниям Мессершмидта, видимо, написанная российским и советским этнографом, членом-корреспондентом АН СССР Львом Штернбергом: «Первым подлинным этнографическим поступлением в Кунсткамеру в 1727 г. нужно считать богатые коллекции по различным народностям Сибири, собранные натуралистом Мессершмидтом». Его по праву можно смело назвать основателем этнографических коллекций Кунсткамеры, первым исследователем этнографии народов Волго-Камья.

ВО ВСЕМ В ЖИЗНИ — ПО МАКСИМУМУ

Марина ХАЛИЗЕВА, журналист

**Академик Николай Хлопкин (1923–2012),
90-летие которого научная общественность отметила
в конце 2013 г., — одна из ярких фигур
в отечественном атомном кораблестроении.
Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской
и Государственной премий СССР, кавалер двух орденов Ленина,
он входил в когорту людей,
определявших современный облик морских ядерных установок.
Построенные с его участием атомные ледоколы,
подводные лодки четырех поколений,
надводные корабли и суда выдвинули Россию
в первый ряд стран,
освоивших потенциал Мирового океана.**

В НАЧАЛЕ ПУТИ

Окончив в 1940 г. в Петушках (Владимирская область) с похвальной грамотой среднюю школу, Хлопкин поступил на теплоэнергетический факультет Московского энергетического института (МЭИ). Но учебу прервала война. Едва успев сдать экзамены за первый курс, он в июле 1941 г. в составе комсомольского отряда МЭИ отправился на Днепр, под Смоленск, рыть противотанковые рвы и строить огневые точки. Там стал свидетелем прорыва нашей обороны на Вяземском направлении. «Мы были потрясены

беспошадной правдой войны, трудно совместимой с предвоенными понятиями», — писал Николай Сидорович. В Москву он возвратился в тяжелые октябрьские дни на одном из последних поездов.

Институт эвакуировали в г. Лениногорск Восточно-Казахстанской области, где Хлопкина в феврале 1942 г. призвали в армию. Пройдя ускоренное обучение в Тамбовском пехотном училище (г. Семипалатинск), он в звании лейтенанта отправился на Воронежский фронт. В боях получил тяжелое ранение и 14 месяцев находился в госпиталях. Но в конце 1943 г.



Академик Николай Хлопкин.



В кабинете Курчатовского института.

вновь стал в боевой строй. Как заместитель штаба стрелкового полка прошел от легендарной Шепетовки (Житомирская область, Украина) до Берлина и оставил свою роспись на стенах поверженного рейхстага. «По этой подписи, увиденной одним из моих сокурсников по теплоэнергетическому факультету МЭИ, — заметил Николай Сидорович, — в институте узнали, что я еще жив»... В студенческую аудиторию он вернулся капитаном с тремя боевыми орденами.

Дипломную работу — разработка реакторной установки для АЭС — защищал в знаменитой Лаборатории измерительных приборов АН СССР (ныне НИЦ «Курчатовский институт»)*, которой руководил академик Игорь Курчатов**. Уже тогда его заметил председатель государственной комиссии Анатолий Александров (академик с 1953 г.)***, оценивший предло-

женный проект высшим баллом. Впоследствии они будут работать рука об руку 40 лет. Именно Анатолия Петровича Хлопкин назовет своим «великим учителем». «Он оказал исключительное влияние на формирование меня как научного сотрудника, да и на всю мою жизнь, — признался Николай Сидорович. — У него можно было учиться всему: и отношению к порученному делу, стремлению довести его до конца, и широкому охвату явлений, не пренебрегая мелочами, и отношению к людям».

Диплом с отличием (1950 г.) открыл молодому инженеру двери в Курчатовский институт, где трудились стратегически мыслящие люди новой формирующейся отрасли — атомной энергетики. Первые шаги Хлопкина в профессии были связаны с изучением работоспособности топливных блоков промышленных реакторов, позже (1956 г.) обобщенные в кандидатской диссертации. Однако вскоре на передний план выдвинулась другая задача.

ТАК ЗАРОЖДАЛСЯ АРКТИЧЕСКИЙ ФЛОТ

В 1953 г. в стране шла работа по созданию первой отечественной атомной подводной лодки и сооружению наземного прототипа ее реакторной установки. И Курчатов, и Александров считали, что огромные средства, вложенные в создание силовой машины для АПЛ, должны быть использованы в народном хозяйстве. Иными словами, корпусные реакторы

*См.: А. Гагаринский, Е. Яцишина. От секретной лаборатории к национальному исследовательскому центру. — Наука в России, 2013, № 2 (прим. ред.)

**См.: Е. Велихов. 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.: Н. Пономарев-Степной. Во главе атомной отрасли. — Наука в России, 2003, № 2; Е. Велихов. Он не мог жить по-иному; М. Мокульский. У истоков возрождения отечественной генетики; В. Попов. Научные труды академика Александрова. — Наука в России, 2013, № 1 (прим. ред.).



**Штаб реакторщиков (Николай Хлопкин второй справа) в кабинете
директора Института атомной энергии Анатолия Александрова, 1968 г.**

подводных субмарин необходимо и технически возможно применять на судах мирного назначения. Поэтому два академика инициировали в конце 1953 г. выход постановления Совета Министров СССР о строительстве мощного ледокола для Арктики. «Область применения мирной атомной энергетики была выбрана очень удачно, — делился воспоминаниями Хлопкин. — Она была нужна для Арктики, но и Арктика была нужна для атомной энергетики, так как здесь в наибольшей мере могли проявиться ее преимущества перед энергетикой на органическом топливе».

Научный руководитель проекта Анатолий Александров особое внимание уделял атомной паропроизводящей установке, от которой требовались повышенная маневренность, живучесть, гарантирующая сохранение движения в сложной ледовой обстановке, и радиационная безопасность. К созданию такой энергетической машины он привлек лучшие научно-технические силы страны. В Курчатевском

институте они были сосредоточены, в частности, в секторе № 6, возглавляемом доктором технических наук Владимиром Меркиным, в недавнем прошлом главным технологом первого промышленного реактора «А» для получения оружейного плутония*. У него и трудилась группа физиков и теплофизиков во главе с Николаем Хлопкиным, формировавшая техническое задание на ядерную установку для ледокола. В ее задачу входило решение вопросов физики активной зоны, ядерной и радиационной безопасности. Для этого специалисты проводили физические и теплогидравлические расчеты, по-новому компоновали оборудование паропроизводящей установки с биологической защитой от ионизирующего излучения. Все работы Хлопкин и его коллеги координировали с главным конструктором реактора доктором технических наук Игорем Африкантовым,

*См.: М. Хализева. Без права на ошибку. — Наука в России, 2008, № 4 (прим. ред.).



Напутствие учителя.
Слева направо:
академик Анатолий
Александров,
доктор технических наук
Георгий Гладков
и академик Николай Хлопкин.

руководителем Горьковского машиностроительного завода № 92, где изготавливали основное оборудование силовой машины. Работа спорилась, и к середине 1955 г. технический проект реактора был утвержден.

Строили первое в мире атомное судно ледового класса, получившее имя «Ленин», на стапеле Адмиралтейского завода в Ленинграде. 5 декабря 1957 г. его спустили на воду. А в 1959 г. проект вступил в завершающую фазу. Все практические вопросы Хлопкин решал на месте, можно сказать, не отходя от стапеля. Сам присутствовал при загрузке ядерного топлива, пуске реакторов, участвовал в комплексных швартовых испытаниях. Труд сотен конструкторов, ученых и инженеров увенчался успехом: 3 декабря 1959 г. правительственная комиссия подписала акт о передаче атомохода в опытную эксплуатацию Мурманскому морскому пароходству. Это событие вошло в историю как день рождения отечественного атомного ледокольного флота.

«Ледокол «Ленин», — писал позже Хлопкин, — открыл эру мирного использования атомной энергии на море. Он смог поломать не только арктические льды, но и сопротивление бюрократов и скептически настроенных ученых, говоривших о том, что мы строим ледокол, который не будет ходить». Уже в первые 6 лет атомный исполин прошел свыше 82 тыс. морских миль и самостоятельно провел более 400 судов, показав прекрасную работоспособность. Его роль в развитии Северного морского пути трудно переоценить: атомоход в два раза увеличил сроки навигации (с 3,5 месяцев до семи), повысил скорость и безопасность проводки караванов,

открыл новые трассы и способы доставки грузов. Накопленный материал по созданию реакторной установки для ледокола Хлопкин обобщил в докторской диссертации (1968 г.).

НОВЫЙ ОБЛИК АПЛ

В 1962 г. Николай Сидорович, назначенный Александровым заместителем по морским ядерным энергетическим установкам, оказался в эпицентре событий, связанных с созданием второго и третьего поколений подводных лодок с водо-водяными реакторами под давлением*. Основная работа была нацелена на повышение ресурса трубных систем парогенераторов для АПЛ и энергозапаса активных зон. Расширение спектра работ потребовало создания физической и инженерной лабораторий. Вместе они вошли в состав сектора № 67, с 1966 г. работавшего под руководством Хлопкина. В 1968 г. Николай Сидорович стал заместителем начальника отдела по транспортным установкам, а в 1970 г. возглавил это подразделение. В те годы его научные интересы были сосредоточены главным образом на совершенствовании активных зон лодочных реакторов. Под руководством ученого было испытано свыше 15 типов и разновидностей таких устройств.

Он лично принимал участие в швартовых испытаниях головных подводных лодок второго и третьего поколений. Комплексная бригада Курчатовского института с помощью специально созданной регистрирующей аппаратуры выявляла все недостатки и давала рекомендации для их устранения. Но главные

*См.: М.Г. Гладков. Четыре поколения атомных субмарин. — Наука в России, 1999, № 3 (прим. ред.).



Атомный ледокол «Ленин» (1959 г.).



Атомный ледокол «Арктика» (1975 г.).

тактико-технические характеристики, заложенные в усовершенствованные проекты — скорость, маневренность, предельная глубина погружения, как правило, подтверждались. А это важнейшие боевые свойства АПЛ. Высокие скорости давали больше шансов уклониться от торпед и оторваться от слежения противником. «Наши атомные подводные лодки, — заметил Хлопкин, — с самого начала превосходили по этим характеристикам американские. А скорости подводных лодок проекта № 661 (44,7 узла = 83 км/ч) и проекта № 705 (42 узла = 78 км/ч) являются рекор-

дными и до сих пор не превзойдены иностранными лодками».

Очень сложно, по признанию Николая Сидоровича, решалась проблема скрытности АПЛ, главным образом шумности — ее актуальность возросла в связи с появлением дальнедействующего и высокоточного оружия. Обеспечить латентность действий подводных лодок с такой «начинкой» оказалось труднее, чем создать новую реакторную установку. Но и эту задачу постепенно удалось решить путем снижения акустического излучения, что было заложено в ком-



Николай Хлопкин на Северном полюсе.
Слева – капитан ледокола «Арктика» Юрий Кучиев с древком флага российской полярной экспедиции лейтенанта Георгия Седова, не дошедшей до макушки Земли в 1913 г.

плексное проектирование АПЛ. Субмарины нового поколения стали своеобразной акустической «черной дырой» в море, которую не удастся обнаружить и классифицировать.

ПРОЕКТ 1144

Портрет Николая Сидоровича был бы не полным, если не упомянуть о его участии в создании реакторов для тяжелых атомных крейсеров. Боевые корабли большого водоизмещения (800 т) с атомной энергетической установкой, способные действовать в удаленных районах Мирового океана в составе группировки и самостоятельно, преимущественно с противолодочными задачами, в середине 1960-х годов стали объективной потребностью отечественного флота. Тактико-техническое задание на их разработку (проект 1144) наука получила в 1969 г. В 1972 г. проектную часть завершили, и весной следующего года на Балтийском заводе им. Серго Орджоникидзе состоялась закладка корабля, получившего название «Киров» (с 1992 г. «Адмирал Ушаков») — в честь выведенного из боевого состава ВМФ легендарного легкого артиллерийского крейсера проекта 26.

Хлопкин, принимавший участие в разработке ядерно-энергетической установки ракетноносца, вспоминал, что «головной болью» стала его атомная паропроизводящая установка. Дело в том, что применявшаяся на первых советских атомных подводных лодках двухреакторная конструкция уже не удовлетворяла требованиям по мощности, а трехреакторная для ледокола «Ленин» по габаритам и массе не помещалась в корпус надводного корабля, да и по ряду других параметров не устраивала военных. Для «Кирова» пришлось проектировать новый атомный агрегат и разрабатывать концепцию безопасности, включающую системы аварийного расхолаживания реактора и локализации аварии. Разработчики применили блочную схему компоновки, позволившую уменьшить габариты энергетической машины и улучшить ее эксплуатационные параметры.

Головной корабль был спущен на воду в конце 1977 г. и два с лишним года достраивался на плаву. Хлопкин и его коллеги участвовали в швартовных испытаниях противолодочного крейсера, в 1980 г. вошедшего в состав Северного флота.

С 1987 г. после ухода академика Александрова с поста директора Института атомной энергии им. И.В. Курчатова Николай Сидорович осуществлял научное руководство отечественными морскими ядерными установками военного и гражданского назначения.

НА СЕВЕРНОМ ПОЛЮСЕ

Многие годы человечество стремилось к покорению Северного полюса. Впервые в истории его достигла в 1909 г. экспедиция американского путешественника Роберта Пири. В 1937 г. вблизи вершины была открыта советская дрейфующая станция «Северный полюс-1», которой руководил знаменитый исследователь Иван Папанин. Потом над точкой пересечения оси вращения Земли пролетали дирижабли и самолеты, проходили санные экспедиции, всплывали подводные лодки, но не было еще в этом интригующем месте ни одного надводного судна, способного к свободному плаванию в околполюсных льдах. В 1975 г. такая возможность появилась: в нашей стране вступил в строй второй атомоход — «Арктика», более мощный (75 тыс. л.с.) по сравнению с первенцем, обладающий хорошими техническими характеристиками и превосходными ледокольными качествами. Именно этому атомному гиганту под командованием капитана Юрия Кучиева выпала честь впервые в мире совершить беспрецедентное путешествие. Хлопкин оказался в числе 200 с небольшим счастливцев, направившихся 9 августа 1977 г. из Мурманска к макушке Земли.

«Движение ледокола — феерическое зрелище, — вспоминал он. — Особенно когда шли сквозь торосы.

Крейсер «Киров» (слева)
у причала в г. Североморске
Мурманской области
(1980 г.).



Атомная многоцелевая
подводная лодка
проекта 945А «Псков» (1993 г.).

Атомный лихтеровоз «Севморпуть» (1988 г.)
и атомный ледокол «Сибирь» (1977 г.).





С начальником Главного штаба Военно-морского флота СССР адмиралом флота Георгием Егоровым на конференции «Атомная наука, энергетика, промышленность», посвященной 100-летию со дня рождения А.П. Александрова. 2003 г.

Летнее незаходящее солнце успело растопить верхнюю часть льда. Правда, иногда трещина ледовых нагромождений равнялась 10–15 м под водой. При встрече с таким торосом скорость ледокола падает, его нос начинает подниматься и вдруг рушится вниз. Гром, треск, фонтаны брызг, вылетающих на десятки метров вверх... Удары корпуса о неровные края льдин, боковые броски ледокола никак не вяжутся с его огромной массой. Судорожно хватаешься за поручни и все остальное, что оказывается под рукой. Гром при разламывании льдин, как при пушечном выстреле. Предельное напряжение машин, вызывающее вибрации корпуса». 17 августа 1977 г. в 4 ч утра, пробившись сквозь немыслимую толщу льда, «Арктика» достигла искомой точки. Для этого ей понадобилось менее восьми суток и трое — от кромки чистой воды. «Фантастический результат», — скажет потом Хлопкин.

Участники экспедиции отметили событие торжественной церемонией поднятия Государственного флага СССР на десятиметровую стальную мачту, установленную на льду. Атомоход провел на вершине Земли 15 ч. За это время ученые выполнили комплекс важнейших исследований и наблюдений, а перед уходом спустили в воды Северного Ледовитого океана памятную металлическую плиту с изображением Государственного герба СССР. «Поход к полюсу наглядно показал всем, что нам доступен любой район арктического бассейна, — писал академик Хлопкин в институтской газете «Советский физик». — Поход утверждал большую заинтересованность государства в Северном морском пути, нашей национальной транспортной магистрали. И не случайно руководителем рейса был назначен министр морского флота СССР Т.Б. Гуженко».

ЛИХТЕРОВОЗ «СЕВМОРПУТЬ»

Вслед за «Арктикой» на Балтийском заводе им. Серго Орджоникидзе вошли в строй (1971–1992 гг.) ледоколы «Сибирь», «Россия», «Советский Союз» и «Ямал»* мощностью 75 тыс. л.с. каждый. В устьях сибирских рек, куда линейные атомоходы не могли пройти из-за малых глубин, действовали построенные совместно с финнами два исполина «Таймыр» и «Вайгач», имеющие малую осадку, но достаточную мощность — 50 тыс. л.с.

Для успешной работы флота столь представительного ледокольного флота потребовался и соответствующий транспортный. Первое грузовое судно, способное самостоятельно идти во льду толщиной до 1 м — атомный лихтеровоз «Севморпуть» водоизмещением 62 тыс. т, было спущено на воду в 1986 г. у причала Керченского судостроительного завода «Залив» им. Б.Е. Бутомы и в 1988 г. сдано в эксплуатацию. Научное руководство созданием грузоперевозчика осуществлял Николай Хлопкин. Большую часть времени «Севморпуть» работал на трассе Дудинка — Мурманск (с 2007 г. стоит у причала Мурманского морского пароходства, ожидая дальнейшего использования).

ПЛАВУЧИЕ АТОМНЫЕ СТАНЦИИ

Перспективы гражданской судовой ядерной энергетики Хлопкин всегда связывал с развитием плавучих атомных станций (ПАТЭС)**. Попытки создания автономного энергетического объекта предпринимались с 1999 г. И только в 2005 г. после долгих оценок

*См.: А. Чечуров. Рекордсмены среди атомных гигантов. — Наука в России, 2009, № 3; В. Макаров. Будущее судовой атомной энергетики. — Наука в России, 2010, № 4 (прим. ред.).

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



Коллеги.
Академик Николай Хлопкин
и член-корреспондент РАН
Виктор Сидоренко
в Мемориальном доме-музее
И.В. Курчатова. 2006 г.

и экспертиз коллегия Федерального агентства по атомной энергии утвердила проект первой ПАТЭС с символическим названием «Академик Ломоносов». Взявшаяся за ее строительство петербургская компания «Балтийский завод — судостроение» обещает сдать судно заказчику в 2016 г. Хлопкин приложил немало сил для реализации в этом проекте реактора нового класса.

Мобильная электростанция с автономной установкой КЛТ-40С, созданной на основе серийной ледокольной, проверенной в течение длительной эксплуатации в Арктике, имеет электрическую мощность 70 МВт. Наилучшим образом приспособленная для работы в труднодоступных районах, удаленных от систем централизованного энергоснабжения, она может обеспечивать энергией крупные промышленные предприятия, портовые города, комплексы по добыче и переработке нефти и газа на шельфе морей.

Однако и в этом проекте, где максимально использовали предыдущий опыт, не обошлось без новаций. Например, разработчики снизили воздействие нейтронов на материал корпуса реактора, что позволило продлить до 40 лет срок службы важнейшего элемента установки. Существующую на ледоколах канальную структуру активной зоны заменили кассетной конструкцией — это увеличило удельную загрузку урана на 15%. Поменяли и топливную композицию в твэлах на так называемую «керметную» (микрочастицы диоксида урана в циркониевой матрице), что в 2,5 раза повысило емкость урана при сохранении других высоких параметров топливной загрузки. Первым, согласно планам госкорпорации «Росатом», финансирующей ПАТЭС, автономный энергетический объект получит дальневосточный г. Певек.

«Сталкиваясь с Николаем Сидоровичем только по работе, — рассказывали в дни празднования его 80-летнего юбилея коллеги, — трудно поверить в то, какой это азартный и увлеченный человек: путешествия в горы, на байдарках по рекам, озерам и даже морям, рыбалка, фотографирование. А как он собирает грибы! Это надо видеть — в родных Ильинках он знает, какой гриб под каким деревом и кустом растет. Если идет в лес за малиной и земляникой, то будьте уверены, что меньше ведра не принесет... Николай Сидорович очень увлекается рыбной ловлей, но только в отпуске. Зато уж во время похода вся компания обеспечена прекрасной рыбной диетой. И так во всем в жизни — по максимуму». При этом отзвуки его морских дел ощущались постоянно. Друзья всегда называли его «адмиралом». А моряки — «любимым академиком Военно-морского флота». Когда эти слова прозвучали из уст одного из офицеров публично, в день 80-летия Хлопкина, тот не сумел скрыть волнения. Ведь, по сути, это было величайшим признанием реального масштаба его дел.

*Иллюстрации из книги
«Н.С. Хлопкин. Страницы жизни» (М.: ИздАТ, 2003)
и архива лаборатории научно-технической
фотографии Курчатова института*

ОНИ КОВАЛИ «ЩИТ» И «МЕЧ» РУССКОЙ АРМИИ

Доктор исторических наук Сергей БАЗАНОВ,
Институт российской истории РАН (Москва),
доктор исторических наук Алексей ОЛЕЙНИКОВ,
Астраханский государственный технический университет

Глобальный четырехлетний вооруженный конфликт, 100 лет с начала которого исполняется в 2014 г., можно назвать первой современной войной: он породил виды вооружения и техники, поныне преобладающие в арсеналах армий мира. Вместе с тем изобретения и открытия (в том числе принадлежащие отечественным ученым и конструкторам), вызванные тогда к жизни необходимостью дать отпор врагу, впоследствии послужили развитию практически всех отраслей промышленности, особенно авиационной, химической, металлургической, судо- и автомобилестроительной, электротехнической.

Первая мировая война 1914–1918 гг. стала одной из крупнейших в истории человечества как по протяженности фронтов, числу стран-участниц (Четверной союз — Германия, Австро-Венгрия, Турция, Болгария, с одной стороны, и Антанта — Россия, Великобритания, Франция, США и т.д., с другой), так и по количеству человеческих жертв, масштабу затраченных сил и средств. Это было противостояние не только «мускулов», но и умов: после первых же сражений, показавших несовершенство применявшегося вооружения (в первую очередь наступательного), правительства всех противоборствующих государств направили усилия на ускорение разработки новых его видов.

Начавшуюся войну, которую в нашей стране тогда называли Великой, а нередко Второй Отечественной, научное сообщество, как и весь народ, встретило с единоклубным патриотическим подъемом. Как писал доктор исторических наук Анатолий Иванов, «подобно российской буржуазии, выдвинувшей лозунг "Военная мобилизация промышленности!", профессора и преподаватели видели свой первостепенный... долг в "военной мобилизации высшей школы". Под ней подразумевались, во-первых, военнонаправленные... разработки, во-вторых, идеологическое обеспечение желанной победы (статья «Российское "ученое сословие" в годы "Второй Отечественной войны"», журнал «Вопросы истории естествознания и техники», 1999, № 2).

**Плакат времен Первой мировой войны.
Военно-политический союз России,
Франции и Англии — Антанта.**

«РЫЦАРИ ВОЗДУХА»

Важнейшим достижением отечественной научной и конструкторской мысли тех лет был мощный прорыв в развитии авиации, превратившейся из вида спорта в грозное оружие. Ее большое будущее предвидел основатель современной гидроаэродинамики член-корреспондент Петербургской АН (с 1894 г.) Николай Жуковский, во время Первой мировой войны внесший немалый вклад в укрепление обороноспособности страны. В 1915 г. в статьях «Лекции по баллистике», «Теория бомбометания с аэропланов» он предложил методы определения траектории, скорости падения снаряда, изменения плотности воздуха с высотой и т.д., чем заложил основу новой области знаний — аэробаллистики, а в следующем году возглавил работы по созданию авиабомб большого калибра. Кроме того, в 1913–1918 гг. он читал в Москве лекции по баллистике и воздухоплаванию на курсах летчиков.

В начале XX в. яркой звездой вспыхнул талант Игоря Сикорского, в 1912–1917 гг. руководившего конструкторским бюро авиационного отдела Русско-Балтийского завода (Рига, Санкт-Петербург). Во многом благодаря энтузиазму и полету мысли выдающегося изобретателя он вскоре стал одним из ведущих в Европе в своей отрасли. К тому же в стенах этого предприятия трудились другие замечательные инженеры и техники, в том числе Николай Поликарпов — будущий «король истребителей» и Александр Микулин — впоследствии академик АН СССР (с 1943 г.), создатель авиационных двигателей.

Большую поддержку Сикорскому в реализации его идей оказал председатель Совета акционеров Русско-Балтийского завода Михаил Шидловский, и в 1912–1914 гг. в здешних цехах «родились на свет» невиданные дотоле многомоторные самолеты. Первый в этом ряду — «Гранд» («Русский витязь»), деревянное воздушное судно весом более 4 т с четырьмя двигателями немецкой фирмы Argus Motoren Werke мощностью по 100 л.с. каждый, развивавшее скорость до 96 км/ч. Из его просторной кабины с большими окнами можно было выйти на балкон (в носовой части самолета) и к нижним крыльям на случай ремонта в процессе полета.

Следующей ступенью в творчестве «рыцаря воздуха», как называли конструктора современники, стал «Илья Муромец», оснащенный такими же двигателями, как и предыдущая машина, и в целом с ней схожий, однако более крупный. В феврале 1914 г. самолет поднялся в воздух, а весной был построен еще один из этой серии — меньший по размеру, чем первый, но более мощный. Именно на базе такой модели создавалась отечественная бомбардировочная авиация дальнего действия, появившаяся в России намного раньше, чем у остальных воюющих государств. Затем для ее прикрытия и охраны аэро-



дромов от налетов противника Сикорский спроектировал первый в мире легкий истребитель с колесным, лыжным, поплавковым шасси.

В феврале 1915 г. состоялся первый вылет «Ильи Муромца» с бомбометанием. Всего же за годы Первой мировой войны 75 самолетов такого типа различных модификаций совершили сотни рейдов в тыл неприятеля. Они не только несли смертоносный груз, но и собирали информацию о сосредоточении и передислокации войск врага, фотографировали его позиции. Эти «летающие крепости», маневренные и способные с высокой точностью поражать цель, внушали противнику ужас как результатами своей боевой работы, так и неуязвимостью для ружейно-пулеметного огня: они поднимались на высоту более 3700 м, а один самолет даже достиг 5200 м.

С развитием боевой авиации в годы Первой мировой войны армейское руководство (не без просьб самих пилотов) вспомнило и об изобретении инженера Глеба Котельникова — испытанном им еще в 1911 г. ранцевом парашюте, тоже приоритетной российской разработке. Производство нового устройства для спасения летчиков быстро наладили и направили готовые комплекты в авиационные части. Его полусферический шелковый купол, замедляющий падение за счет сопротивления воздуха, находился в



**Бои с применением авиации.
Лубочные картины времен
Первой мировой войны.**

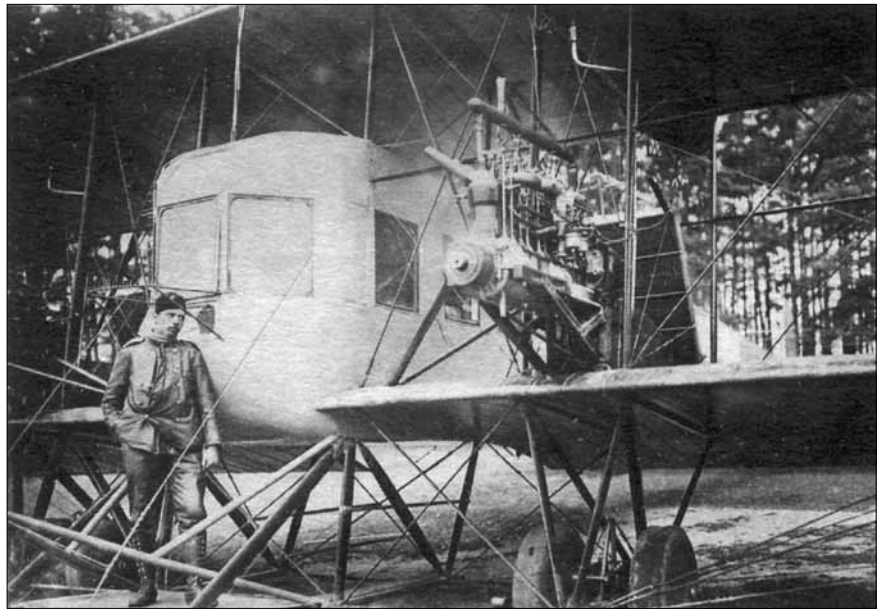
ранце, закрепленном на спине прыгающего, и при выдергивании вытяжного кольца подбрасывался с помощью пружин вверх. С небольшими изменениями ту же схему используют и в соответствующих современных системах.

УЧЕННЫЕ — ФЛОТУ

Пионером нового направления в проектировании авиационной техники стал еще один наш выдающийся соотечественник — Дмитрий Григорович. В 1913 г. он создал «летающую лодку», т.е. аэроплан, способный подниматься и садиться на воду, а через год разработал его улучшенную модификацию — деревянный двухместный биплан, развивавший

скорость до 128 км/ч, который вскоре поступил на вооружение российского флота для ведения разведки и корректировки артиллерийского огня. Кроме того, на счету конструктора гидросамолет-истребитель (первый в мире) и гидросамолет-бомбардировщик.

В числе прославленных деятелей российской науки и техники начала XX в. — выдающийся теоретик, проектировщик, кораблестроитель Владимир Костенко, автор 90 публикаций по гидродинамике, броневой защите кораблей, организации судостроительного производства, воспоминаний «На „Орле“ в Цусиме», создатель первых отечественных транспортных судов. В 1904 г. он закончил кронштадтское



Бомбардировщик «Илья Муромец».

Морское инженерное училище императора Николая I, защитив в качестве диплома проект облегченного, хорошо вооруженного и быстроходного броненосного крейсера.

В своей работе молодой конструктор решил заменить применявшиеся в то время котлы для генерации пара и вспомогательные механизмы более легкими, что позволяло взять на борт более тяжелые пушки. Вместе с тем первым из судостроителей он предложил линейно-возвышенную схему установки орудийных башен (две из четырех приподняты над палубой), благодаря чему увеличивался угол обстрела противника. Именно она в Первую мировую войну стала основной в оснащении кораблей стран Антанты.

Русско-японскую войну 1904–1905 гг. Костенко встретил на броненосце «Орел» в должности инженера и оборудовал его первой в мире системой быстрого выравнивания крена на основе таблиц непотопляемости, составленных механиком, математиком академиком Петербургской АН (с 1916 г.) Алексеем Крыловым и повсеместно используемых по сей день. Корабль участвовал в Цусимском сражении, получил десятки прямых попаданий снарядов, но удержался в ровном положении.

В 1907–1908 гг. Костенко выполнил примерный расчет бионического* движителя типа «рыбий хвост» — гибкой упругой пластины с гофрированной поверхностью и двумя рядами внутренних полостей. Создавая попеременно в одном из них, а затем в другом избыточное давление, этот рукотворный плавник заставлял изгибаться то влево, то вправо, в результате чего он совершает колебательные смеще-

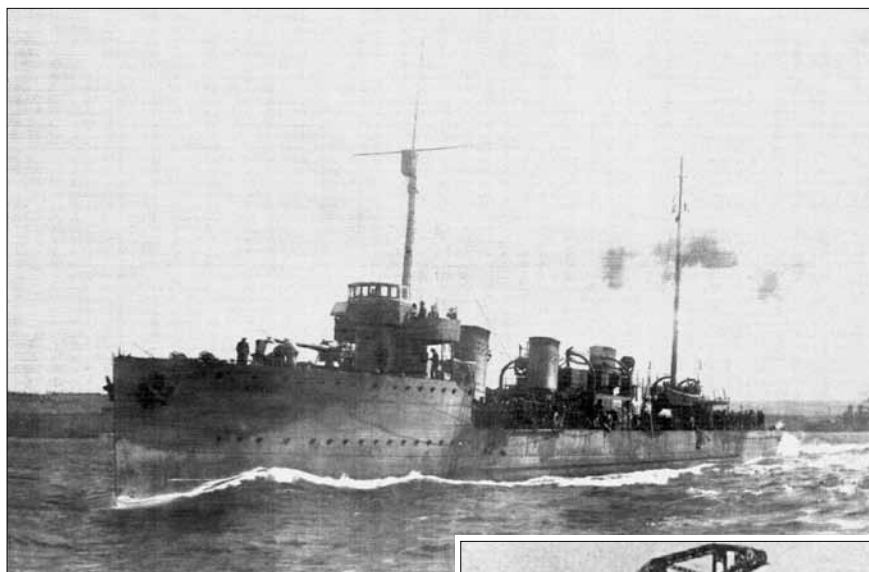
ния. Вычисления показали, что замена винтов такими устройствами значительно повышает скорость корабля. Кстати, ныне их применяют на маломерных плавательных средствах.

Примечательно, что годом позже в Англии Костенко посетил директора фирмы Harland & Wolff Ltd., где в то время был заложен небезызвестный трансатлантический лайнер «Титаник», и, увидев деревянную модель судна, отметил недостатки его системы непотопляемости, основанной лишь на 15 поперечных водонепроницаемых переборках, причем сравнительно низких — не достигающих по высоте до главной палубы. Однако этому замечанию британцы не придали значения.

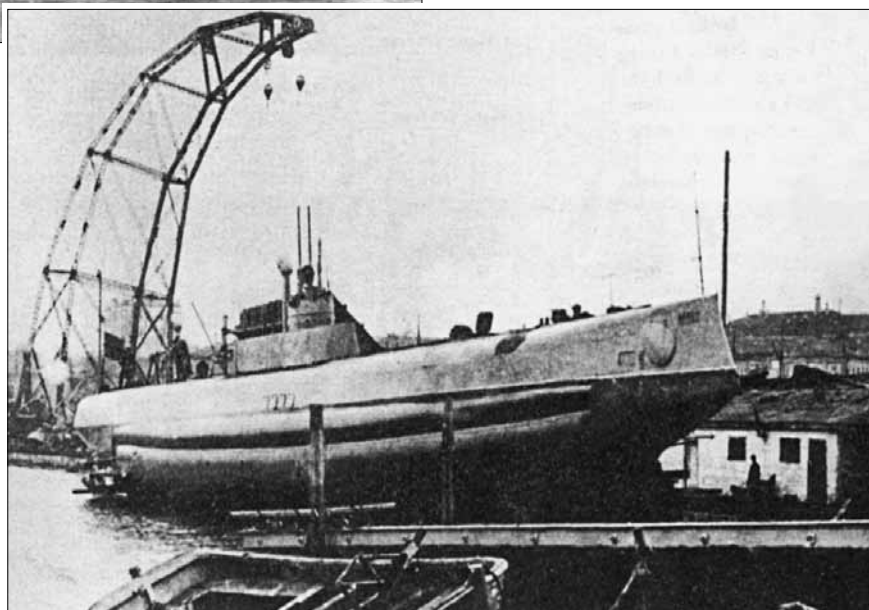
В 1912–1917 гг. Костенко служил главным инженером Общества николаевских заводов и верфей «Наваль» (ныне Черноморский судостроительный завод в городе Николаеве, Украина). Под его руководством здесь построили эскадренные миноносцы «Беспокойный», «Дерзкий», «Гневный», «Пронзительный», линейный корабль «Императрица Екатерина Великая», а также первые русские эсминцы с паротурбинными двигателями типа «Новик» — к началу Первой мировой войны лучшие в мире корабли данного класса.

На этих же верфях «родился» первый в мире подводный минный заградитель «Краб» (конструктор — Михаил Налетов), вооруженный двумя носовыми торпедными аппаратами и пушкой калибра 76,2 мм, способный нести до 60 мин. Работу над ним изобретатель начал еще до Русско-японской войны, но завершил лишь в 1912 г. Через три года новая субмарина вошла в состав Черноморского флота и вскоре отправилась в первый боевой поход: установила минное заграждение, на котором подорвался вражеский крейсер «Бреслау».

*Бионика — прикладная наука о применении в технических устройствах и системах свойств, функций и структур, существующих в живой природе (прим. ред.).



Эскадренный миноносец «Дерзкий».



Подводный минный заградитель «Краб».

ХИМИЯ НА СЛУЖБЕ РОДИНЫ

По сей день в снаряжение российских солдат входит угольный противогаз — простое и надежное изобретение выдающегося химика-органика Николая Зелинского (академика АН СССР с 1929 г.), по мнению самого автора, главное дело его жизни. А толчком к созданию этого средства защиты послужили драматические события на театре военных действий. В апреле 1915 г. близ города Ипр (Бельгия) немцы впервые предприняли газовую атаку, от которой пострадали около 15 тыс. военнослужащих союзных войск (треть из них умерли), а через месяц расплыли 12 тыс. баллонов с хлором на Восточном (Русском) фронте, под Варшавой. Наши потери тогда составили 7000—8000 человек, в том числе свыше 2000 погибли.

Анализируя случаи спасения от невидимого оружия, описанные в сводках с фронта, Зелинский обнаружил важную закономерность. «Сообщалось,

— писал он впоследствии, — что те оставались в живых, кто прибегал к таким простым средствам, как дыхание через тряпку, смоченную водой или уриной, или дыхание через рыхлую землю, плотно касаясь ее ртом и носом, или, наконец, спасались те, кто хорошо покрывал голову шинелью и спокойно лежал во время газовой атаки... Это последнее обстоятельство произвело на нас большое впечатление, и... мы решили испытать и применять также простое средство, действие которого было бы вполне аналогично действию материи солдатской шинели или гумусу почвы. Как в том, так и в другом случае ядовитые вещества не химически связывались, а поглощались, или адсорбировались шерстью и почвой. Такое средство мы думали найти в древесном угле, коэффициент адсорбции которого по отношению к постоянным газам, как известно, много больший, чем для почвы».



Русские солдаты в противогазах.

Проведя летом 1915 г. работы по активированию (т.е. усилению природных поглотительных свойств) этого издавна известного человеку вещества, Зелинский успешно опробовал сделанное открытие на себе. Прижав к носу и рту платок с небольшим количеством угольного порошка, закрыв глаза, он несколько минут смог пробыть в помещении с высокой концентрацией хлора и фосгена. А в ноябре того же года инженер Михаил Куммант сконструировал резиновый шлем с очками, предохраняющий лицо от ядовитых газов. Так «появился на свет» противогаз Зелинского—Кумманта.

В феврале 1916 г. в Ставке Верховного главнокомандующего в Могилеве, в специальном вагонелaborатории, по приказу императора Николая II состоялись испытания всех российских и зарубежных видов противохимической защиты. Противогаз представлял помощник Зелинского Сергей Степанов: он провел в атмосфере смеси хлора и фосгена смертельно опасной концентрации свыше часа, что значительно превышало возможности масок и прочих средств, созданных для той же цели. За проявленное мужество государь наградил его Георгиевским крестом IV степени, а вскоре повелел начать массовое производство изобретения великого химика.

ОРУЖИЕ «ЦАРИЦЫ ПОЛЕЙ»

В 1907 г. выпускник Михайловской артиллерийской академии капитан Владимир Федоров начал проектирование автоматической винтовки, и в годы Первой мировой войны продолжал ее доводку, в частности разработал специальный патрон. Принцип действия этого оружия был следующий: при выстреле отдача сдвигала ствол назад (тем самым осуществлялся новый взвод спускового механизма), специальная пружина отбрасывала его на прежнее место, и одновременно подавался очередной патрон.

Работая над улучшением характеристик своего детища, конструктор добился уменьшения его веса

(до 5 кг), высокой скорости (порядка 100 выстрелов в минуту) и дальности стрельбы (около 300 м), предложил эффективный способ охлаждения ствола. В результате было создано оружие, «сходное с самострельными винтовками», — писал впоследствии сам Федоров, — но имеющее приставной магазин емкостью в 25 патронов и укороченный ствол с рукояткой..., пригодное для выполнения широкого спектра боевых задач», — автомат. В 1916 г. он поступил в наши гренадерские части. С тех пор такое вооружение является главным у пехоты всех армий мира.

Развивались в России и другие виды вооружения «царицы полей», в частности появилось девять систем огнеметов, разработанных разными конструкторами. Самым интересным с точки зрения технических решений и лучшим по боевым характеристикам был первый в мире фугасный поршневого, созданный в 1916 г. инженерами Странденом, Поварниным и Столицей, из которого горячая смесь выбрасывалась давлением пороховых газов. Причем этот принцип остается основным и для современных образцов такого оружия.

БРОНЕВЫЕ СИЛЫ РОССИИ

Еще в 1904 г. подъяесаул Михаил Накашидзе на базе французского автомобиля Charron 50CV сконструировал первый отечественный броневик. Проект оказался весьма удачным, и вскоре по заказу военного ведомства изобретатель организовал постройку 12 таких машин. Сверху донизу защищенные хромоникелевой броней, они имели поворотную башню для пулемета, перископ для наблюдения за действиями противника, неуязвимые для пуль резиновые шины — словом, набор элементов, по сей день считающийся базовым для подобной техники.

Накашидзе продолжал свои изыскания, но, увы, 12 августа 1906 г. жизнь изобретателя оборвалась на Аптекарском острове (Санкт-Петербург) при покушении на



Бронеавтомобиль «Накашидзе-Шаррон».



Бронеавтомобиль «Руссо-Балт С».

премьер-министра Петра Столыпина*, к которому он прибыл, чтобы представить новый проект. В итоге работы по созданию отечественных бронеавтомобилей свелись к минимуму и возобновились с новой силой лишь с началом Первой мировой войны, кстати, по приказу тогдашнего Верховного главнокомандующего великого князя Николая Николаевича-младшего**.

Не откладывая дело в «долгий ящик», полковник Александр Добжанский вместе с помощниками орга-

низовал подготовку проекта блиндированного пулеметного автомобиля (на базе легкового «Руссо-Балт» С24/40, производимого вышеупомянутым Русско-Балтийским заводом в Риге) и уже в начале сентября 1914 г. представил его руководству. Корпус машины защищала закаленная особым способом хромоникелевая броня, состоящая из листов разной толщины (передний и задний — 5 мм, бортовые — 3,5 мм, крыша — 3 мм), для повышения пулестойкости закрепленных под рациональными углами, т.е. под наклоном относительно расчетной траектории полета боеприпаса противника; на вооружении экипажа было три пулемета.

*См.: О. Базанова. Трагедия упущенных возможностей. — Наука в России, 2007, № 5 (прим. ред.).

**См.: С. Базанов. «Славный былинный богатырь». — Наука в России, 2013, № 6 (прим. ред.).



Автоматическая винтовка Федорова.

9 октября семь машин (всего было выпущено 15) отправились на Северо-Западный фронт, и вскоре сформированная на их основе 1-я автомобильная пулеметная рота (первая броневая часть в мире) получила «боевое крещение» — ворвалась в занятый немцами город Стрыков (Польша), чем способствовала его быстрому освобождению. И таких рейдов русские броневики совершили немало, оставаясь невредимыми и нанося врагу ощутимые потери.

Одновременно с пулеметными наши специалисты работали и над созданием тяжелого пушечного бронев-автомобиля. Автором одного из наиболее удачных проектов был теоретик и конструктор стрелкового оружия генерал-майор Николай Филатов. На шасси пятитонного грузовика американской фирмы Garford Motor Truck Co он установил кузов, защищенный броней толщиной 6,5 мм. Вооружение машины составляли три пулемета — на левом и правом спонсонах (боковых выступках корпуса, позволяющих увеличить угол обстрела противника) и в оружейной башне, где также размещалась мощная скорострельная 76-мм пушка. Именно благодаря ей «Гарфорд-Путилов», как называли эту модель (ее постройка шла на Путиловском заводе, Петроград), был весьма результативен на полях сражений.

В 1914–1915 гг. мастер Русско-Балтийского машиностроительного завода в Риге Александр Пороховщиков создал первый в мире танк, назвав его «Вездеход». Он был совсем не похож на закованных в броню «богатырей», знакомых нам по кинохронике времен Второй мировой войны, а тем более на комплексные системы вооружения, участвующие в современных парадах боевой техники. Их предшественник имел в длину лишь 3,6 м, в ширину — 2 м, в высоту (без башни) — 1,5 м, а весил всего 3,5–4,0 т. Машина представляла собой стальной каркас, закрытый пуленепробиваемым и водонепроницаемым корпусом, а ее широкая гусеничная лента из прорезиненной ткани

была натянута на четыре вращающихся барабана (колеса).

По признанию самого Пороховщикова, «Вездеход» не был свободен от недостатков, однако необходимо отметить: автор предвосхитил главные принципы, впоследствии легшие в основу создания подобной техники. Это двигатель внутреннего сгорания, гусеничный ход, вращающаяся цельнометаллическая башня с пулеметом, защищающая корпус многослойная броня. Намного опережая свое время, изобретатель разработал ее как «комбинацию из упругих и жестких слоев металла и особых вязких и упругих прокладок».

Однако от серийного производства этого танка военное ведомство отказалось ввиду выявленных на испытаниях изъянов. Похожая судьба постигла «Царь-танк», построенный в 1915 г. Николаем Лебедевым, — гигантское бронированное устройство с огромными передними колесами и значительно меньшим задним катком (диаметры порядка 9 и 1,5 м соответственно), которое планировалось оснастить 3–4 пулеметами и даже пушкой. Такую конструкцию автор предложил, полагая, что машина будет легко преодолевать любые препятствия, но из-за своих размеров и малой скорости она оказалась практически беззащитна перед артиллерийским обстрелом, особенно фугасными снарядами.

Тернистый путь науки — это прежде всего длинная череда экспериментов, проб и ошибок, но именно они готовят почву для рождения гениальных открытий и изобретений. Не все проекты отечественных инженеров и конструкторов времен Первой мировой войны были воплощены в жизнь — многие остались лишь на бумаге или в виде опытных образцов, однако немало выдвинутых в них идей стали ступенью к дальнейшим поискам и находкам.

Иллюстрации предоставлены авторами

МИНЕРАЛЬНЫЕ БОГАТСТВА ИЛЬМЕНСКИХ ГОР

Кандидат геолого-минералогических наук
Турсын НИШАНБАЕВ,
заведующий Естественно-научным музеем
Ильменского государственного заповедника
(г. Миасс Челябинской области)

**Начиная рассказ о Естественно-научном музее,
нельзя обойти историю изучения Ильменских гор:
она неразрывно связана с формированием
нашей обширной коллекции.**

**А все началось более 200 лет назад, когда в России
и Европе стало известно
о богатстве и своеобразии Южного Урала.**

ТЕРРИТОРИЯ И РАСПОЛОЖЕНИЕ

Сегодня Ильменский государственный заповедник — старейшее природоохранное государственное научно-исследовательское учреждение в составе Уральского отделения РАН и один из первых заповедников нашей страны. В его штате сейчас числится 29 научных сотрудников, в том числе 20 кандидатов наук. Территориально он расположен в восточных предгорьях Южного Урала, к востоку от г. Миасс. После образования заповедника по декрету от

14 мая 1920 г. первые демонстрационные коллекции минералов и горных пород здесь были созданы в 1925 г. До 1936 г. коллекции минералов и горных пород Ильменских гор демонстрировали на летних верандах сотрудники заповедника на Горной станции. В 1936 г. построили деревянное здание для самого Естественно-научного музея, а с 1990 г. он размещается в новом доме, где находится шесть залов общей площадью 2050 м². Ныне он входит в пятерку ведущих геолого-минералогических музеев

**Здание Естественно-научного
музея в г. Миасс
Челябинской области.
Современный вид.
Фото 2000-х гг.**



**Зал систематики минералов
Естественно-научного музея
г. Миасс.**

России, имеет в экспозиции одну из крупнейших биологических диорам страны. Его фонд насчитывает около 30 тыс. единиц хранения, выставлены 9 тыс. экспонатов. Учреждение также является крупным региональным центром просвещения в области естественных наук, ежегодно принимает свыше 50 тыс. посетителей.

В нынешнюю территорию заповедника входит Ильменский хребет, вытянутый в субмеридиональ-

ном направлении на 40 км, с наивысшей абсолютной отметкой 747 м на горе Ильмен-Тау. С восточной стороны на некотором удалении через торфяное болото и долину речки Няшевки дугой вытянулась на север Косая гора, знаменитая своими жилами — амазонитовыми гранитными пегматитами*, в них издавна добывали самоцветные и редкие минералы. С

*Пегматиты — как правило, кислые (могут быть и основными) интрузивные (преимущественно жильные) горные породы (*прим. ред.*).



Кристалл самарскита в полевом шпате.
Образец из Естественно-научного музея
г. Миасс.



Монацит. 1/1,5 см.

западной стороны вдоль хребта на многие десятки километров протянулась Миасская Золотая Долина, где нашли самый крупный в России золотой самородок «Большой Треугольник» весом 36,2 кг, хранящийся в Алмазном фонде Кремля в Москве.

ИЛЬМЕНЫ В XVII — XXI вв.

Современный Естественно-научный музей, как и сам заповедник, по сути начал зарождаться с конца XVII в., когда местные жители, старатели и чиновники золотых приисков стали собирать первые частные коллекции минералов (камушков) из Ильменских гор, украшением которых, несомненно, были «тумпазы», «тяжеловесы» — так в то время называли топазы. Ювелирные изделия с бесцветными (чистойшей воды!) и слегка голубыми ильменскими топазами были тогда в большой моде у столичных светских дам.

Известно, что примерно с середины XVIII в. между озерами Аргаяш и Чебаркуль, а также по западному склону Косой горы начали интенсивную добычу

(ломку) белой слюды. Руководил работами обер-бергмейстер (полковник) Василий Раздеришин, и делалось это для нужд уральских железоделательных заводов. Тем не менее, отряды Оренбургской экспедиции 1768–1772 гг., возглавляемые академиками Петербургской АН (1771 г.) Иваном Лепехиным (1740–1802), Петром Симоном Палласом (1741–1811) и шведом Иоганном (Юханом) Петером Фальком (1732–1774), не посетили Ильменские горы и слюдяные разработки. Паллас в своем капитальном труде «Путешествие по некоторым районам Российского Государства», изданном в 1768–1770 гг., лишь упоминает ломки слюды в окрестностях озера Аргаяш, недалеко от Чебаркульской крепости. А Иван Лепехин, в свою очередь, нанес на карту несколько озер, расположенных восточнее Косой горы.

В 1774 г. мастеровой Прутов находит топазы в амзонитовой жиле на юго-восточном берегу озера Ильменское близ г. Миасса. С его находки топазов и начинается «самоцветная лихорадка»: в поисках тум-

Турмалин (шерл)
в ассоциации с гранатом.
Копь № 232.
Циркон в ассоциации
с полевым шпатом
и аннитом (биотитом).
Копь Барбота де Марни № 7.



Монацит.



пазов и аквамаринов открывают десятки новых жил, добывают чудной красоты самоцветы! Но никто пока не обращает осмысленного и пристального внимания на разнообразие минерального мира Ильмен.

Это был период географического, промышленного и ювелирного интереса к здешним местам. Например, с конца XVIII в. вплоть до середины XX в. для Екатеринбургской гранильной фабрики, кроме топазов, здесь добывали амазонский камень (голубовато-зеленая разновидность полевого шпата микроклина). Причем, после упомянутой самоцветной эпопеи наступила эпоха научных коллекций, и она принесла

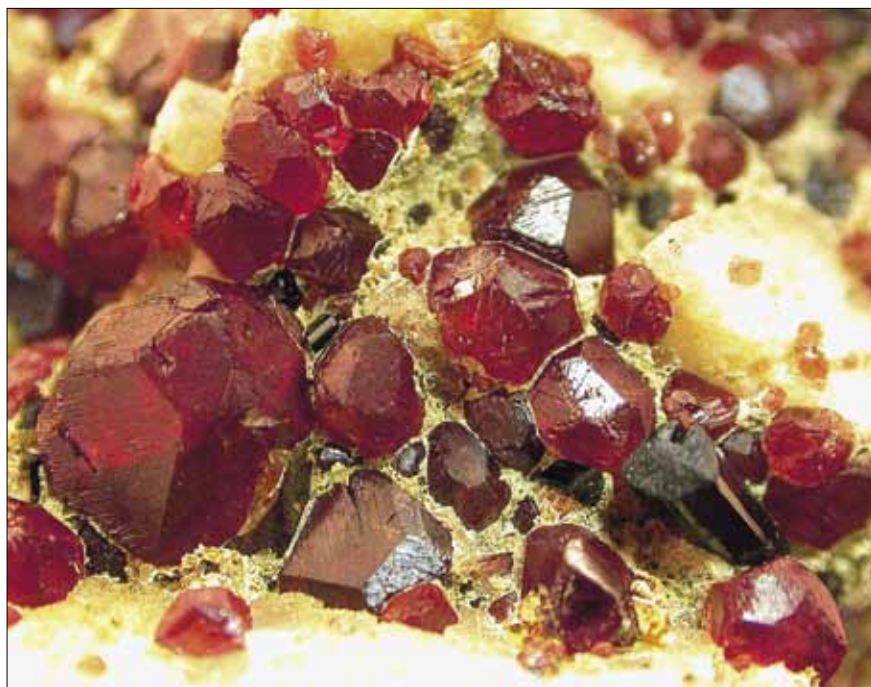
в музеи мира богатейший минералогический материал Ильменских гор.

«МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ РАЙ»

А интерес научной, прежде всего европейской минералогической общественности к этим горам пробудил Йоханес Менге из Беаубейрена (Германия), немецкий коллекционер минералов, член Российского Императорского Минералогического общества, по поручению акционерного общества Германии в 1825 г. приехавший на Урал на Миасские золотые прииски. Вероятно, для поисков алмазов, которые, как было известно уже в то время, сопутствовали золоту в россыпях Бразилии. А нет ли их и в Миасской Золотой Долине? Не оказалось. Первый алмаз на Урале был найден только четыре года спустя, летом 1829 г., Павлом Поповым и не в Золотой Долине близ Миасса, а на Адольфовской золотоносной россыпи на Крестовоздвиженских промыслах, расположенной в Горнозаводском районе Пермского края.

Осенью того же 1829 г. Миасские золотые прииски и Ильменские горы посещает по приглашению императора Николая I (1796—1855) во время своего путешествия по России почетный член Петербургской АН знаменитый германский естествоиспытатель Александр фон Гумбольдт (1769—1859). В Миассе он встречает свой 60-летний юбилей, во время празднования которого управляющий Крестовоздвиженскими промыслами, выпускник Фрейберской горной школы, первым определивший уральский алмаз среди находок Попова и приехавший по этому случаю в Миасс, вручает Гумбольдту этот уральский алмаз.

Александра фон Гумбольдта в путешествии сопровождал наблюдательный и по-своему азартный химик и минералог, профессор Берлинского университета Густав Розе.



**Гранат в ассоциации
с турмалином (шерлом).
Копь № 232.**



**Корунд с пятнистой окраской.
Копь № 29.**

А четырьмя годами раньше, в 1825г., при осмотре одной частной коллекции минералов ранее упомянутый Йохан Менге обнаружил циркон*, вероятно, найденный в золотых россыпях. Занявшись более тщательным поиском, он нашел его коренное залегание как раз в Ильменских горах и собрал довольно

*Циркон — минерал подгруппы островных силикатов, содержит, как правило, 1–4% гафния, изоморфно замещающего цирконий в кристаллической решетке (прим. ред.).

обширную и разнообразную коллекцию минералов, среди которых оказались и неизвестные ему новые минеральные виды. А привезенная Менге в Европу минералогическая коллекция из Ильмен заинтересовала видных минералогов и химиков того времени. Таким образом этот удивительный, весьма смелый человек своей деятельностью дал сильный толчок развитию минералогии, химии и кристаллографии. Пройдет 167 лет со времени посещения Менге Иль-

Берилл.



менских гор и его благодарные потомки, проживающие ныне в Австралии, в 1992 г. привезут в Ильмены медную мемориальную доску в знак памяти о сотрудничестве российских и германских ученых того времени.

Кстати, Йохан Менге также опубликовал статью «Геогностические наблюдения над Уралом и преимущественно над Ильменскими горами, находящимися в окрестностях Миасского завода», вышедшую в «Горном журнале» (1826–1827 гг.), где перечислил довольно обширный ряд минералов — альбит, апوفиллит, берилл, гранат («вениса»), диопсид, кальцит, магнетит, нефелин («элеолит»), рутил, содалит («дихроит»), скаполит, титанит («сфен»), топаз, флюорит, фторапатит («берилл» саксонский), циркон, эпидот. В этой статье он впервые описал новую горную породу — миаскит («ильменский гранит»). Это название будет официально ей дано позже уже Густавом Розе.

Между тем среди собранных Йоханом Менге минералов, привезенных в Старый Свет, вскоре европейские исследователи выявили новые, ранее неиз-

Циркон. Копь № 7.



**Мусковит (белая слюда).
Копь № 136.**

вестные миру: ильменит (1827 г., определен Густавом Розе и Адольфом Купфером), эшинит (1828 г., выявлен шведским химиком Иенсем Якобом Борцелиусом), монацит (1829 г., открыт Иоанном Августом Фридрихом Брейтгауптом). Позже Густав Розе выявил еще ряд: канкринит (1839 г., в честь министра финансов графа Егора (Георга Людвига) Канкрин) и чевкинит (1840 г.), они находятся в коллекции, собранной им самим некогда в Ильменских горах во время путешествия (1829 г.) на Урал в совместной экспедиции с Гумбольдтом.

САМАРСКИТ

Особо же интересна история открытия минерала самарскита. Черный, радиоактивный, со смоляным блеском на сколе... Но в этом смоляном блеске искрится скрытое благородство и аристократичность. Он, несомненно, является ключевым минералом, когда-либо открытым в Ильменских горах. Его впервые описал Густав Розе в 1840 г. Изучал его в 1843–1844 гг. московский аптекарь, ученый химик-физиолог из г. Дрездена Рудольф Герман (1805–1879), содержащий тут завод искусственных минеральных вод: он ошибочно определил в нем новый химический элемент и назвал его «ильмением». На самом же деле это была смесь ниобиевой с частью танталовой кислоты, выделенных из самарскита. Его образцы для исследований передал Густаву Розе русский майор Корпуса горных инженеров Петр Евреинов (1812–1849). Но для полного изучения этого полученного материала тогда не хватило. А следующую партию образцов для исследования предоставил Розе

начальник штаба Корпуса горных инженеров Василий Самарский-Быховец (1803–1870), в честь которого минерал и назвали самарскитом. Позже в нем открыли не один, а два новых химических элемента: самарий и европий. Ильмения же, увы, так и не нашли.

МИНЕРАЛЬНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИЛЬМЕН В XVIII в.

В XVIII в. Ильменские горы интенсивно изучали и осваивали российские геологи, которые вели активные поиски и разработки минеральных месторождений, организовывали специальные партии для поиска золота и цветных камней. Одним из первых руководителей поисков был гиттенфервальтер (управляющий) Иван Лисенко. В 1828 г. партия шихтмейстера* Павла Барбот де Марни, смотрителя Миасских золотых приисков, нашла минерал корунд на восточном склоне Ильмен.

В 1830 г. партия горного чиновника Павла Карпова выявила два богатых месторождения корунда на западном склоне в окрестностях деревни Селянкиной, «в коих встречались кристаллы редкой величины и весьма высокого цвета». Настоящие сапфиры! Разрабатывали также и цирконовые, топазовые, берилловые, ильменитовые, корундовые и другие копи.

Между тем партия коллежского секретаря Федора Блюма в 1835 г. заложила новую топазовую копь по шурфу (горной выработке) геолога Павла Версилова, (ныне Блюмовская копь № 50). Последний,

*Шихтмейстер — в России горный чиновник 14-го класса в «Табели о рангах» (прим. ред.).



**Ильменит.
Савельев Лог. Копь № 154.**

заложив разведочный шурф на жиле, не заметил удачливых знаков на топаз и бросил свою работу. А «здря», как говорят на Урале. Федор Блюм оказался прозорливее: он увидел знаки и пошел дальше — вглубь. И жила дала не только хорошие топазы, но и прекрасные аквамарины. До недавнего времени эта жила была самая значительная для добычи самарскита — до открытия корундовой жилы копи № 298 в 1976 г. Именно из Блюмовской копи Радиевой экспедицией (1911–1917 гг.) под руководством академика Императорской Санкт-Петербургской АН Владимира Вернадского* отрядом Елизаветы Ревуцкой** добыли самарскит для извлечения из него радия и изучения явления радиации профессором Томского университета Петром Орловым (1859–1937), организовавшем лабораторию для изучения радиоактивности природных объектов, и первым дважды лауреатом Нобелевской премии по физике (1903 г.) и по химии (1911 г.) Марией Складовской-Кюри (1867–1934). В свою очередь, детально изучая строение Блюмовской копи, действительный член, вице-президент АН Александр Ферсман (1883–1945)*** в 1920-х годах открыл явление минералогической индукции и осмыслил образование гранитных пегматитов.

*См.: О. Яницкий. Владимир Вернадский: политик, историк, общественный деятель. — Наука в России, 2013, № 2; В. Волков. По страницам дневников Владимира Вернадского. — Наука в России, 2013, № 2 (прим. ред.).

**Елизавета Ревуцкая (1866–1942) — минералог, ученица Владимира Вернадского, его ассистентка на Высших женских курсах (прим. ред.).

***См.: Р. Баландин. Поэт камня. — Наука в России, 2003, № 6 (прим. ред.).

Таким образом, подводя итог краткого и отрывочного изложения истории изучения Ильменских гор периода XIX — начала XX вв. можно с уверенностью утверждать: освоение и пристальное внимание к Ильменам привело к значительным научным открытиям в минералогии, кристаллографии и химии. Следующий же период ознаменовался, наряду с минералогическим направлением в изучении Ильменских гор, еще и развитием петрографических и геологических исследований. Нам же хотелось бы завершить статью актуальными и по сей день замечательными словами об Ильменах, принадлежащими видному ученому, кандидату геолого-минералогических наук Владимиру Крыжановскому (1881–1947), из его монографии «Минералы Ильменского заповедника» (1949 г.): «Закончена ли история изучения Ильменских гор? — Конечно, нет! Наша общая работа над геологией, петрографией и минералогией Ильменских гор показала, как много еще остается недоделанного, неизученного, неизвестного. Изучение Ильменских гор должно и будет продолжаться».

Иллюстрации предоставлены автором

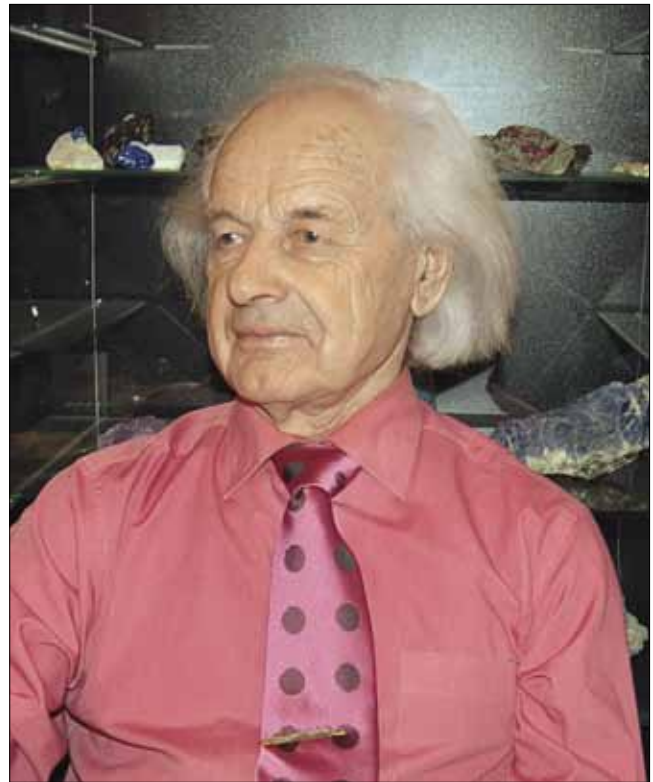
ПРИРОДНОЕ НАСЛЕДИЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ СИБИРИ

Лариса ИГНАТЬЕВА, старший научный сотрудник
Музея геологии Центральной Сибири
(г. Красноярск)

Территория Центральной Сибири, сложенная породами докембрийского, палеозойского, мезозойского и кайнозойского возраста (т.е. от древнейших до современных), относится к числу уникальных в России. В ее пределах находятся крупнейшие геологические структуры Земли: западная часть Сибирской платформы, Западно-Сибирская плита, Енисей-Хатангский прогиб, Таймырско-Северо-Земельская и Алтае-Саянская складчатые области, Енисейский кряж, Минусинская, Тувинская, Рыбинская и Канско-Тасеевская впадины. Сочетание разнотипных и разновозрастных горных систем, занимающих три четверти всей территории, с обширными низменными пространствами предопределило образование здесь многочисленных месторождений угля, черных, цветных, редких и благородных металлов, нерудного сырья, выявленных и оцененных трудами многих поколений профессиональных геологов и первопроходцев. Богатая палитра полезных ископаемых региона, история изучения и освоения его недр широко представлены в Музее геологии Центральной Сибири.



**Основатель Музея геологии
Центральной Сибири старейший российский спелеолог
Мавр Добровольский (1918–2012).**



**Первый заведующий Музеем геологии Центральной Сибири
Василий Моисеев.**

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ ВЗГЛЯД

Профессионально изучать геологию района начали в середине XIX в. А в 1943 г. с этой целью было создано Красноярское геологическое управление. Его сотрудники наряду с научными изысканиями большое внимание уделяли сбору каменного материала. Найденные ими редкие экземпляры, а также полученные в 1944 г. из Минералогического музея АН СССР (ныне Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана) первые несколько десятков образцов горных пород и минералов стали основой будущего крупного собрания.

При этом официальной датой создания музея краеведы считают 1960 г. Тогда Красноярское геологическое управление впервые подготовило выставку полезных ископаемых. Она и послужила отправной точкой для систематического сбора каменного материала, характеризующего геологическое строение и минерально-сырьевой потенциал Красноярского края с Таймырским и Эвенкийским автономными округами (2339,7 тыс. км²), республиками Тыва (170,5 тыс. км²) и Хакасия (61,9 тыс. км²).

Организатором и идейным вдохновителем этой работы стал начальник геологического отдела управления Мавр Добровольский (1918–2012). В 1960 г. в его подразделении появилась должность заведующего геологическим музеем, на которую был назначен

Василий Моисеев — первый сотрудник нашего учреждения (он и сегодня трудится здесь).

Спустя 50 с лишним лет из скромного хранилища образцов природного камня музей превратился в крупный научно-учебный геологический центр, один из лучших в Сибири и на Дальнем Востоке. В альманахе «Музейные коллекции» (2000 г.) он представлен среди десятка лучших в России. Теперь в его запасниках 35 тыс. предметов: редчайшие по красоте и природному совершенству минералы, образцы ценнейших руд, окаменелые остатки древних представителей флоры и фауны нашей планеты. Однако на всеобщее обозрение выставлена лишь седьмая часть редкостей — свыше 5 тыс. экспонатов.

АРХЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАХОДКИ И ИЗУЧЕНИЕ СИБИРСКИХ НЕДР

В 1974 г. вблизи Абакана был открыт памятник мустьерского времени (культурно-технологический комплекс, возникший примерно 300 тыс. лет тому назад, ассоциируемый с поздними неандертальцами), свидетельствующий о том, что человек поселился на берегах Енисея более 50 тыс. лет тому назад. В позднем палеолите (35–10 тыс. лет тому назад) по всей южной части Центральной Сибири, от Тувы до долины Ангары, жили люди, обладавшие навыками добычи и обработки камня. Сегодня в регионе



Кальцит.
Месторождение Дальнегорское,
Приморье.



Медь самородная
(объемный дендрит).
Месторождение Рубцовское,
Горный Алтай.

обнаружено свыше 100 палеолитических стоянок. Найденные там артефакты (ножевидные пластинки, нуклеусы, скребки, ножи, топоры, стрелы, тесла и др.) вошли в выставочный фонд музея.

В коллекции также представлены экспонаты бронзового века, когда на территории Центральной Сибири (месторождения Кантегир, Чибижек, Узун-Жуль) вели добычу золота и серебра. В век железа (II в. до н.э.—V в. н.э.) в регионе сформировались довольно развитые культуры — шурмакская в Туве и таштыкская в Минусинской котловине. Основным достижением этого периода стало полное освоение металлургии железа. Следы его выплавки и обработки можно встретить на Карасукском, Арысканском, Мугурском и других месторождениях в Туве и Хакасии. В Минусинском межгорном прогибе в середине VI в. сложилось государство древних кыргызов, где получили развитие кузнечное и ювелирное ремесла.

Особую ценность этого раздела коллекции представляют документы по истории изучения и освоения недр Центральной Сибири, связанные с деятельностью Петра I. Музей располагает раритетным первоисточником — Приказом рудокопных дел, согласно которому в 1700 г. в России была создана первая горная администрация. Из-за границы (в основном из Германии) были приглашены знаменитые ученые того времени — руководитель первой научной экспедиции в Сибирь медик и ботаник Даниэль Мессершмидт, историограф Герхард Миллер, врач, ботаник и этнограф Иоганн Гмелин, естествоиспытатель, географ и путешественник Петр Паллас.

Кроме того, в коллекционном фонде хранятся документальные материалы, свидетельствующие о развитии в регионе золотодобывающей промышленности (XIX в.), об изучении и освоении в XX в. сибирских недр известными российскими исследо-

Кварц.
Месторождение Нижнеканское,
Енисейский край.



Горный хрусталь.
Месторождение Перекатное,
Алданский район, Якутия.

вателями докторами геолого-минералогических наук Александром Чураковым (Кузнецкий Алатау), Иваном Баженовым и Александром Сивовым (Западный Саян), членом-корреспондентом АН СССР Сергеем Обручевым (Сибирская платформа). В эти годы были открыты месторождения полезных ископаемых, ставшие минерально-сырьевой базой крупных горнодобывающих предприятий.

МИНЕРАЛОГИЯ И ГЕММОЛОГИЯ

Минералогическая коллекция — одна из наиболее представительных — насчитывает 1800 образцов. Причем каменный материал из месторождений Центральной Сибири составляет ~40% экспозиции, остальная часть поступила к нам из других регионов России, а также из стран ближнего и дальнего зарубежья. В собрание включены редкие и уникальные экземпляры минералов Норильских (талнахит, мои-

хукит, сперрилит), Сорского медно-молибденового (восточные остроги Кузнецкого Алатау) и Хову-Аксинского кобальт-никелевого (Республика Тыва) месторождений.

В земной коре в самородном виде встречаются свыше 40 минералов. Двенадцать из них, в частности медь, серебро, золото, теллурическое и метеоритное железо, сера, графит и др., представлены в нашей экспозиции.

Отдельный раздел посвящен проблемам геммологии* — науки, изучающей драгоценные камни (их еще называют самоцветами). Это уникальные по красоте, относительно редко встречающиеся в природе минералы, обладающие, как правило, высокой прочностью и химической стойкостью. В настоящее время в ювелирном и камнерезном производстве используют

*См.: В. Пахомова. Геммология и ее развитие в Сибири и на Дальнем Востоке. — Наука в России, 2013, № 4 (прим. ред.).



Сфалерит
(друза тетраэдрических
кристаллов).
Месторождение
Дальнегорское, Приморье.



Кубанит на гипсе.
Месторождение Октябрьское,
Красноярский край.

~200 разновидностей самоцветов. Однако широкое применение нашли немногие: бирюза, опал, рубин, сапфир, жемчуг, изумруд, гранат, топаз и ряд других минералов. Они, как и значительная часть ювелирно-поделочных камней, включены в наше собрание. Музей располагает образцом чароита из единственного в мире месторождения «сиреневого камня», находящегося на площади всего чуть больше 10 км² на границе Иркутской области и Республики Саха. Его добычу ведут только на одном участке Старый, расположенном в вершине ручья Дитмаровский.

СОПРИКОСНОВЕНИЕ С ТАЙНАМИ МИНУВШИХ ЭПОХ

В палеонтологической коллекции, формирование которой началось с момента создания учреждения,

представлены уникальные образцы ископаемых видов растений и животных, костных останков вымерших млекопитающих (свыше 1 000 единиц), «рассказывающих» историю жизни на Земле. Практически весь материал собран на территории Красноярского края.

Немногие музеи страны могут гордиться экспонатами возрастом 500–570 млн лет. У нас они есть. Из наиболее интересных — отпечатки крыльев пермских насекомых отрядов *Eoblattida* и *Dictyonurida* с побережья реки Абакан, фрагменты раковин головоногих моллюсков ортоцератидов и коллекция силурийских кораллов с прекрасно сохранившимися скульптурно-структурными элементами с берегов реки Подкаменная Тунгуска, отпечатки нижнекарбоновых рыбок в породе Изыкчульского горизонта, названного так по месту их нахождения в поселке Изыкчуль.

Парагонит. Алтай.



Апофиллит, кальцит, пирит.
Месторождение Талнахское, рудник Комсомольский,
Сибирская платформа.

Настоящая жемчужина собрания — образцы горных пород с отпечатками и окаменелостями ископаемых растений древнего континента Ангарида (назван по реке Ангаре), существовавшего 440–170 млн лет назад на месте Центральной Сибири. Позднепалеозойская флора в периоды влажного тропического климата после отмирания образовывала многометровые толщи залежей каменного угля. Ее отпечатки сохранились в виде окаменелых стволов лепидодендронов, иголок юрской хвои, филигранной росписи пермских папоротников и других артефактов. Флора Ангарида сыграла главную роль в образовании палеоландшафтов и климатических зон на обширной территории Центральной Сибири и послужила связующим звеном в цепочке распространения растительности по всему Евразийскому континенту.

Соприкоснувшись с тайнами минувших эпох помогает и часть палеонтологической коллекции, представленная разнообразными древними останками крупных млекопитающих, среди которых можно выделить бивень, берцовую кость, зубы и челюсть мамонта, рог и позвонок бизона, рог мускусного быка.

МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА

Красноярский край — один из старейших в стране горнодобывающих регионов. Здесь выявлено 83 вида минерального сырья. 1472 месторождения и 474 рудопроявления полезных ископаемых находятся в

фазе активной эксплуатации — это ~7% всех подземных кладовых России.

Экспозиция знакомит с металлическими (рудами черных, цветных, благородных, редких и рассеянных металлов) и неметаллическими (кимберлиты, графит, термоантрацит, магнезит, цеолиты и др.) полезными ископаемыми Центральной Сибири. При этом особое место занимают топливно-энергетическое сырье — уголь, нефть, природный газ. В пределах края, полностью или частично, располагаются 12 нефтегазоносных областей трех провинций — Западно-Сибирской, Хатангско-Вилуйской и Лено-Тунгусской, а также Минусинский нефтегазоносный район. На стендах музея в колбах представлена нефть и конденсаты с месторождений Сузунское, Юрубченское, Собинское и Куюмбинское. Кроме того, экспозиция насыщена плакатной информацией, содержащей сведения по формированию месторождений нефти и газа, их использованию и поиску. Разумеется, не обошлось и без отражения экологических проблем добычи горючих полезных ископаемых. Интерес представляют также материалы по истории нефтегазодобычи в Сибири и сведения о крупных добывающих предприятиях. Причем вся информация рассчитана на широкую аудиторию: от школьников средних классов до студентов вузов.

Красноярский край относят к перспективным алмазоносным регионам. В 1934 г. известный минералог Николай Федоровский опубликовал книгу «В



Чароит — минерал фиолетового цвета с шелковистым блеском, единственное в мире месторождение которого находится на стыке Якутии и Иркутской области в долине реки Чара.



Муляж самого крупного самородка Центральной Сибири «Бычьей голова» массой 31,57 кг.

стране алмазов и золота», где писал: «...алмазы надо искать... в областях Сибири и Северного Урала». Это было научное предсказание талантливого ученого. Его точку зрения разделял и академик АН СССР Владимир Соболев (1908–1982), курировавший алмазную отрасль народного хозяйства. В 1936 г. он, обобщая исследования сибирских траппов (комплекс излившихся и субвулканических основных пород) и сопоставляя их с аналогичными формациями других древних образований, сделал вывод о том, что Сибирская платформа является перспективной на алмазы по аналогии с Южной Африкой. В 1940 г. Соболев рекомендовал направить поисковые работы

в северные районы Красноярского края. И результат не замедлил сказаться. Алмазы были найдены в местах, приуроченных к бассейнам рек Подкаменной и Нижней Тунгусок, Ангара. Повышенные содержания минерала нашли также в русловых отложениях других рек, в частности Тычаны, где обнаружили 94 кристалла со средним весом 50,9 мг (0,25 карата). Так была открыта первая в Красноярском крае Тычанская алмазоносная россыпь с ювелирными алмазами протяженностью 150 км. В последующие годы экспедиции выявили и ряд других перспективных алмазоносных районов. Однако когда обнаружили первые трубки в Якутии (1949 г.), центр поиска и добычи ал-

**Отпечаток крыла
двукрылого насекомого
среднеюрского периода.
На данный момент известны
два местонахождения:
г. Красноярск
(остров Татышев)
и деревня Кубеково
(Емельяновский район,
Красноярский край).**



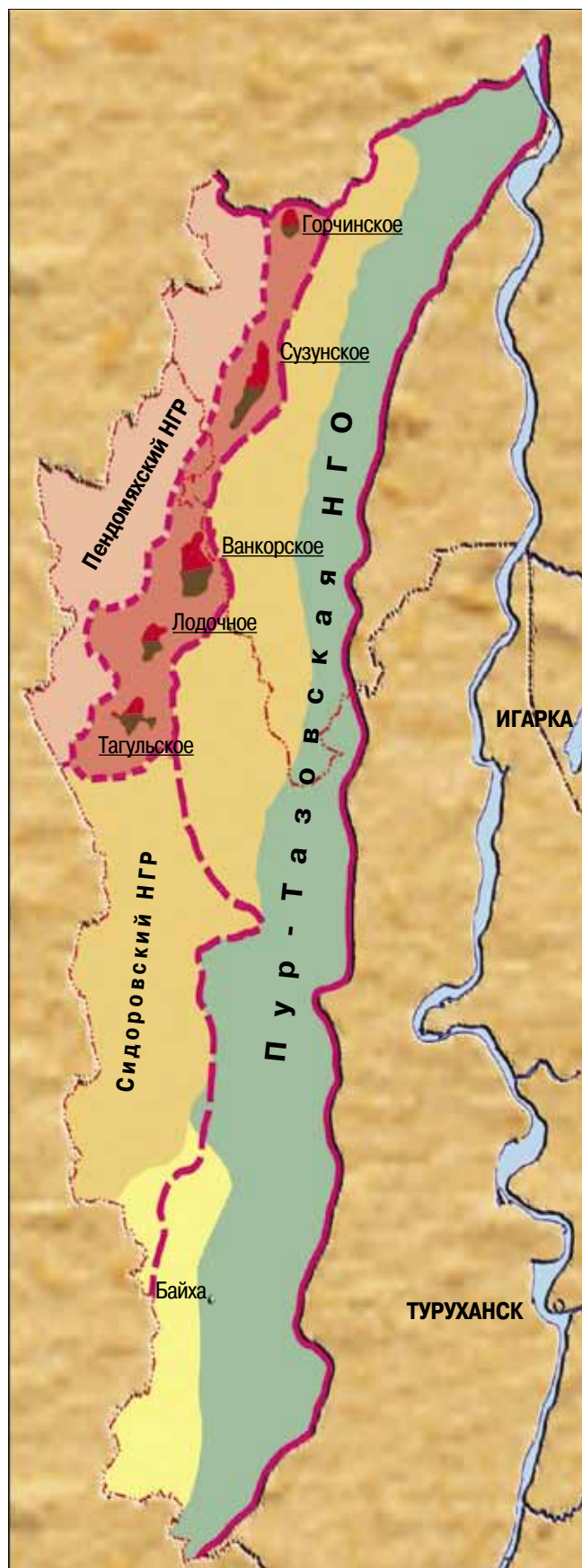
**Скопление брахиопод
(морских беспозвоночных
животных) в известняке
девонских отложений.
Местонахождение
поселок Новоселово,
Красноярский край.**

мазов сместился туда. А большие перспективы, которые вырисовывались в Красноярском крае, остались нереализованными. Но сегодня ученые активно обсуждают вопрос о возобновлении алмазопроисловых работ в западной части Сибирской платформы.

Следует отметить, что в нашем музее хранятся кристаллы алмазов, найденных в Прианабарье, в русле реки Догой и в Харамайской россыпи.

Экспозиция дает представление о мощном развитии в регионе золотодобывающей промышленности. В настоящее время выделено 10 золотоносных и золото-платиноносных провинций: Таймыро-Североземельская, Норильская, Маймеча-Котуйская,

Анабарская и Западно-Эвенкийская, Енисейская, Восточно-Саянская, Кузнецко-Алатауская, Западно-Саянская и Южно-Эвенкийская. Объем золота, добытого в 1998 г., составлял 14% от общероссийского (второе место после Магаданской области). После 2005 г. ежегодная добыча драгоценного металла превысила 30 т, что вывело край на первое место в стране. Сегодня в промышленном освоении находятся 140 месторождений золота (16 рудных и 124 россыпных), для его добычи задействовано 27 предприятий. При этом шесть из них («Полюс», «Золото», «Ангара», «Северная», «Северо-Ангарский ГОК», «Центральная») обеспечивают 97% производства металла.



Минусинский нефтегазоносный район.

За всю историю золотодобычи в мире найдены многие тысячи мелких, средних и крупных самородков (природное обособление золота, обладающее особыми морфологическими и размерно-весовыми параметрами). На территории Центральной Сибири, начиная с 1898 г., найдено ~50 самородков весом более 1 кг. Самый крупный из них «Бычья голова», поднятый в 1898 г. старателями Романом Тарханом и Николаем Беловым на Спасо-Преображенском прииске (Восточный Саян), весил свыше 31 кг и стал третьим по размерам из обнаруженных в нашей стране. В 2004 г. в россыпи реки Левая Жайма (Манский район) нашли слиток весом 1078 г. — это одна из последних заметных находок.

В коллекционном фонде музея собраны натуральные образцы золотосодержащих руд и муляжи золотых самородков, выявленных на территории Красноярского края. Почему муляжи, а не оригиналы? Ответ прост: еще 1825 г. в России вышел специальный государственный указ, по которому все самородки весом несколько золотников (1 золотник = 4,266 г) должны поступать в музей Петербургского горного института «как предметы особо редкие». Собранная там коллекция стала основой организованного впоследствии Алмазного фонда СССР (ныне Гохран РФ). Туда теперь отправляют все крупные образцы драгоценного металла.

Не меньший интерес вызывают инструменты и оборудование, с помощью которых в XVII–XIX вв.

Карта Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции.

**Памятник природы «Мининские столбы»
в Емельяновском районе на левом берегу Енисея.**

добывали золото в Центральной Сибири. В коллекции — нехитрый инвентарь первых старателей, состоявший из лопаты, кайла и лотка. Как символы сибирской «золотой лихорадки» тех лет в музее хранят заявочные столбы первых приисков. Собирается большой архив документов и фотографий, рассказывающих о труде золотодобытчиков.

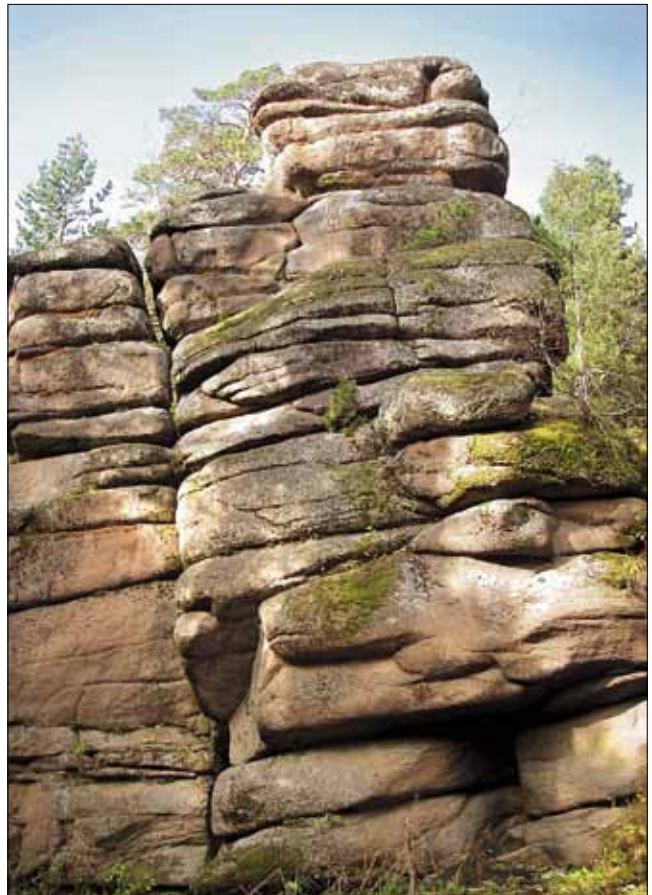
ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПАМЯТНИКИ ПРИРОДЫ

В Красноярском крае, расположенном на сочленении четырех глобальных структур в 11 природно-климатических зонах, сосредоточены уникальные объекты, отнесенные к геологическим памятникам природы и достопримечательностям. На регистрационной карте, которую уже много лет ведет музей, нанесено ~150 таких объектов, представляющих научную и культурную ценность. О 45 из них собрана обширная информация. В этот список входят геологический разрез по Ореше, пещеры Айдашенская, Караульная-2, Кубинская, Майская, Баджейская, Большая Орешная и Лысанская, Мининские столбы, ледоминеральный комплекс «Ледяная гора» и ряд других памятников.

Музей располагает богатейшей спелеологической коллекцией «Карст Центральной Сибири» — лучшей в стране, а возможно, и в мире. Разнообразный материал — кораллиты, оникс, сталактиты, сталагмиты, сталагнаты (~600 образцов) — отобран в пещерах Восточного Саяна и Кузнецкого Алатау без нарушения спелеоландшафтов.

Напомним, на территории нашего края сконцентрировано свыше 200 уникальных по красоте и редкости пещер, подземных ходов и пустот с запутанными лабиринтами проходов, озерами, залами и каменными колоннами. Крупнейшие из них имеют протяженность до 45 км и глубину до 270 м. Они приурочены к районам распространения карбонатных пород на юге Красноярского края, в Хакасии и Тыве. Богаты ими и окрестности Красноярска. Наиболее интересные — Кубинская в Емельяновском районе — одна из сложных вертикальных карстовых полостей Сибири, образовавшаяся в нижне-среднекембрийских известняках, представляющая собой чередование колодцев и гротов, Дивногорская и Майская. Кроме того, в пределах Торгашинского хребта между реками Енисей и Базаиха находится Торгашинская пропасть — самая труднопроходимая в регионе. Выработана она в светло-серых массивных известняках нижнего-среднего кембрия и имеет очень сложную конфигурацию. Здесь же находятся пещеры Ледяная, имеющая карстовую полость с разветвленной системой ходов, Мокрая, состоящая из двух гротов, соединенных переходом, и Белая.

По геологическим меркам пещеры — молодые образования с коротким периодом жизни. В основ-



ном они имеют возраст до 100 тыс. лет. Их датировку обычно определяют радиоуглеродным методом.

Сегодня музей перестает быть исключительно хранителем памятников геологической истории. Выражаясь фигурально, он выходит навстречу к людям в формате выставок в библиотеках, школах, специализированных центрах. Только за последнее время наши сотрудники организовали несколько выездных экспозиций с многозначительными названиями: «Богатства недр Красноярского края», «Нефть и газ Красноярского края», «Золото Центральной Сибири», «Тунгусский феномен», «Карст Центральной Сибири», «Ископаемые рифообразователи — естественные ловушки-коллекторы для нефти и газа», «Геологические памятники природы Красноярского края», «Ангарская флора древних эпох» и ряд других. Теперь и сам музей, с основания располагавшийся в здании учебного корпуса бывшего женского Епархиального училища (1909 г.) — памятника истории и культуры краевого значения, переезжает в новое, более приспособленное здание.

Иллюстрации предоставлены автором

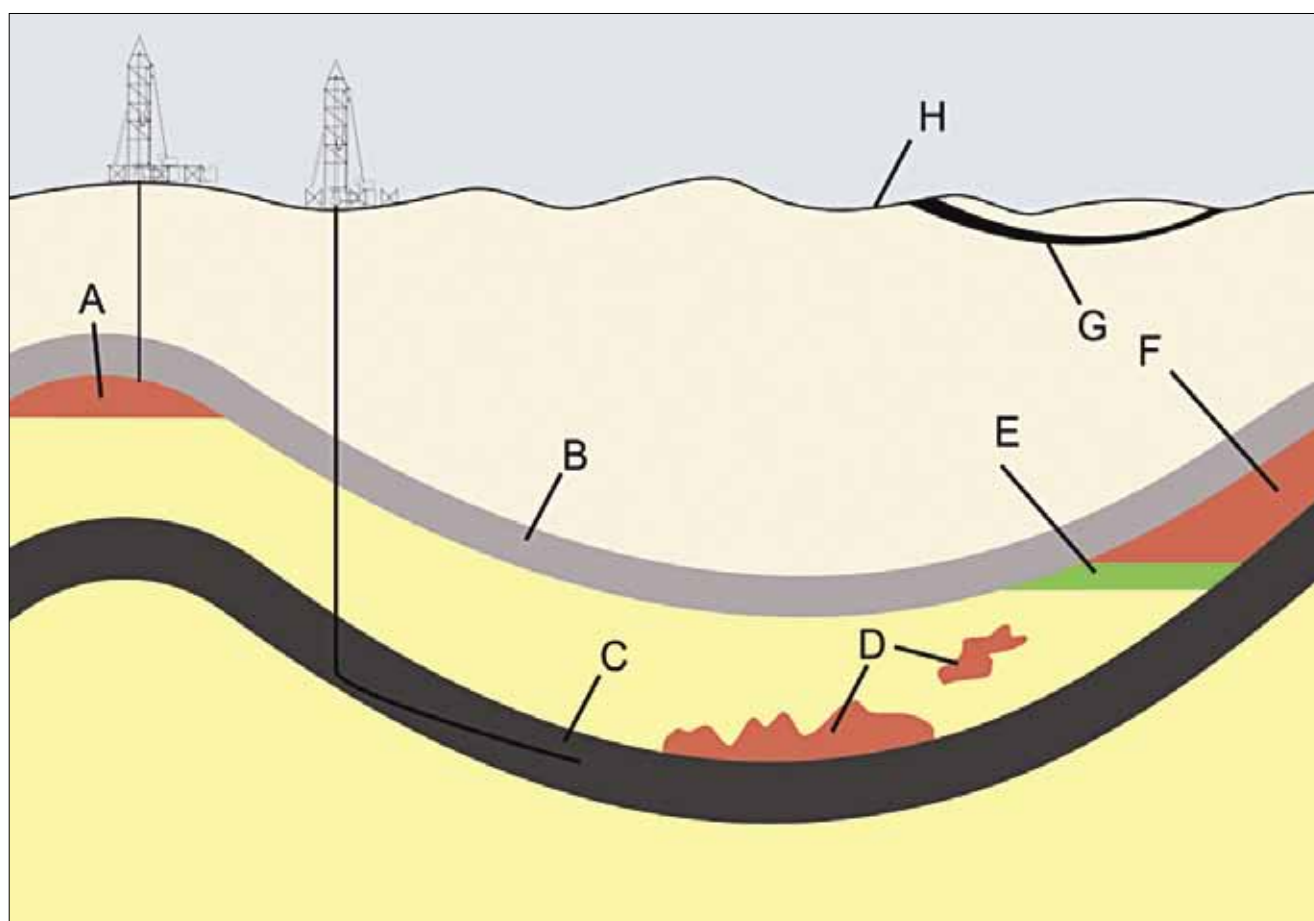
СЛАНЦЕВЫЙ И ВОДОРАСТВОРЕННЫЙ ГАЗ: ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ

Сланцы, состоящие в основном из минеральных (кальцит, доломит, гидрослюда, монтмориллонит, каолинит, полевые шпаты, кварц, пирит и др.) и органических веществ, образовавшиеся 450 млн лет тому назад на дне моря из растительных и животных остатков, не относятся к особо ценным полезным ископаемым. Теплоотдача при их горении раза в два меньше, чем у угля, и в четыре — по сравнению с нефтью. При этом они дают много шлаков. Тем не менее издавна их использовали как горючее, особенно там, где с качественным топливом были проблемы. Теперь же сланцевый газ все чаще называют прямым конкурентом традиционным углеводородам.

Не обошлось без этих сравнений и на выездной сессии Объединенного ученого совета СО РАН по энергетике, машиностроению, механике и процессам управления, в середине июля 2013 г. собравшейся на базе отдыха «Сосновый бор» Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе (г. Новосибирск), чтобы обсудить ресурсные, технологические и экономические аспекты сланцевой революции, а также определить позицию и роль в ней нашей страны. Председатель совета академик Василий Фомин и ученый секретарь кандидат физико-математических наук Виталий Зиновьев сделали на страницах газеты «Наука в Сибири» обстоятельный обзор прозвучавших докладов.

Согласно некоторым прогнозам, констатировали авторы, запасов сланцевого газа на земном шаре больше, чем традиционного, и его общие мировые ресурсы оцениваются свыше 700 трлн м³. В основном (50%) они сосредоточены в Китае, США, Аргентине и Мексике. В Европе промышленно значимыми бассейнами располагают Франция, Польша, Германия, Украина, а также южная часть Северного моря. В США в результате внедрения эффективных технологий удельная доля сланцевого газа в общей добыче природного возросла с 2 % в 2000 г. до 37% — в 2011 г. При сохранении такой динамики, утверждают авторы, после 2020 г. Америка может отказаться от импорта природного газа и к 2030 г. перейти на его экспорт. Эти факторы, по мнению специалистов, уже привели к уменьшению цен на мировом рынке голубого топлива.

С точки зрения доктора технических наук Сергея Сендерова (Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, г. Иркутск), экономические показатели добычи сланцевого газа определяются геологическими особенностями залежей, стоимостью оборудования, наличием и качеством инфраструктуры, динамикой изменения суточных дебитов (объемов) в период эксплуатации скважины. В числе факторов, положительно влияющих на перспективы развития промыслов, Сендеров назвал близость месторождений к рынкам сбыта, значительные запасы, заинтересованность



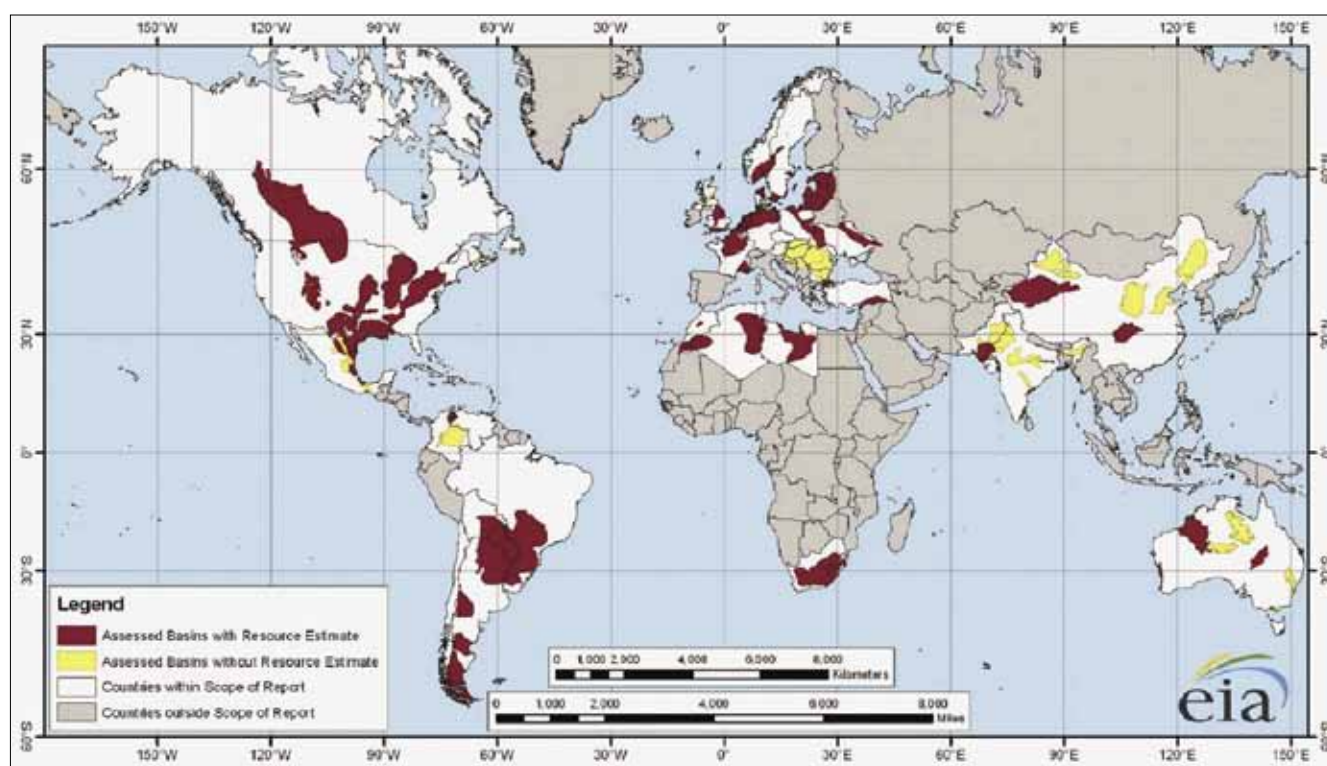
Типы природного газа: обычный (А), сланцевый (С), из жесткого песка (D), попутный (F), угольный метан (G). (В — изолирующий слой, Е — нефть, Н — поверхность земли).

властей в снижении зависимости от импорта топливно-энергетических ресурсов, а среди недостатков — относительно высокую себестоимость, непригодность для транспортировки на большие расстояния, быструю истощаемость залежей, значительные экологические риски, вызванные особой технологией добычи, известной как фрекинг или гидроразрыв пласта.

Теоретическую базу под фрекинг, говорится в обзоре, заложили еще в 1955 г. выдающийся инженер, математик и механик академик Сергей Христианович и доктор технических наук Юрий Желтов, обосновавшие метод гидравлического разрыва нефтеносного пласта. Суть его заключается в следующем: в скважине путем закачки, например геля на основе воды, создается избыточное давление, значительно превышающее пластовое. В результате порода разрывается, образуя трещины, увеличивающиеся в размерах за счет продолжающегося поступления в них жидкости. Туда же транспортируют расклинивающий агент (проппант) и другие химические вещества для фиксации трещин в раскрытом состоянии после снятия давления. Экологи считают: закачка химических реагентов для извлечения природного газа из сланцевых по-

род может привести к загрязнению и существенному изменению состава грунтовых вод. Кроме того, вместе с водой на поверхность будут подняты и вредные вещества: бензол, мышьяк и радиоактивные материалы. В связи с этим страны Евросоюза — Франция, Румыния, Болгария и др. — уже запретили разведку природных ископаемых с применением фрекинга.

Тем не менее, замечают авторы статьи, резкий рост добычи сланцевого газа в США и, как следствие, замещение части угля газом и увеличение объемов его экспорта в страны Евросоюза могут ослабить позиции России в конкурентной борьбе на энергетических рынках Европы и Азиатско-Тихоокеанского региона. А повышенное внимание к проблемам добычи сланцевого газа в Китае, где сосредоточены значительные объемы углеводородов в сланцах (до 20% мировых), может поставить под вопрос целесообразность сооружения газопроводов из Восточной Сибири в Поднебесную и существенно изменить современную структуру рынков Юго-Восточной Азии. В связи с этим, подчеркивают ученые, насущной необходимостью становится реструктуризация отечественной экономики, направленная на сокра-



48 сланцевых бассейнов (выделены коричневым цветом) в 38 странах (выделены белым цветом), включенных в отчет американского Управления по энергетической информации (U.S. Energy Information Administration).

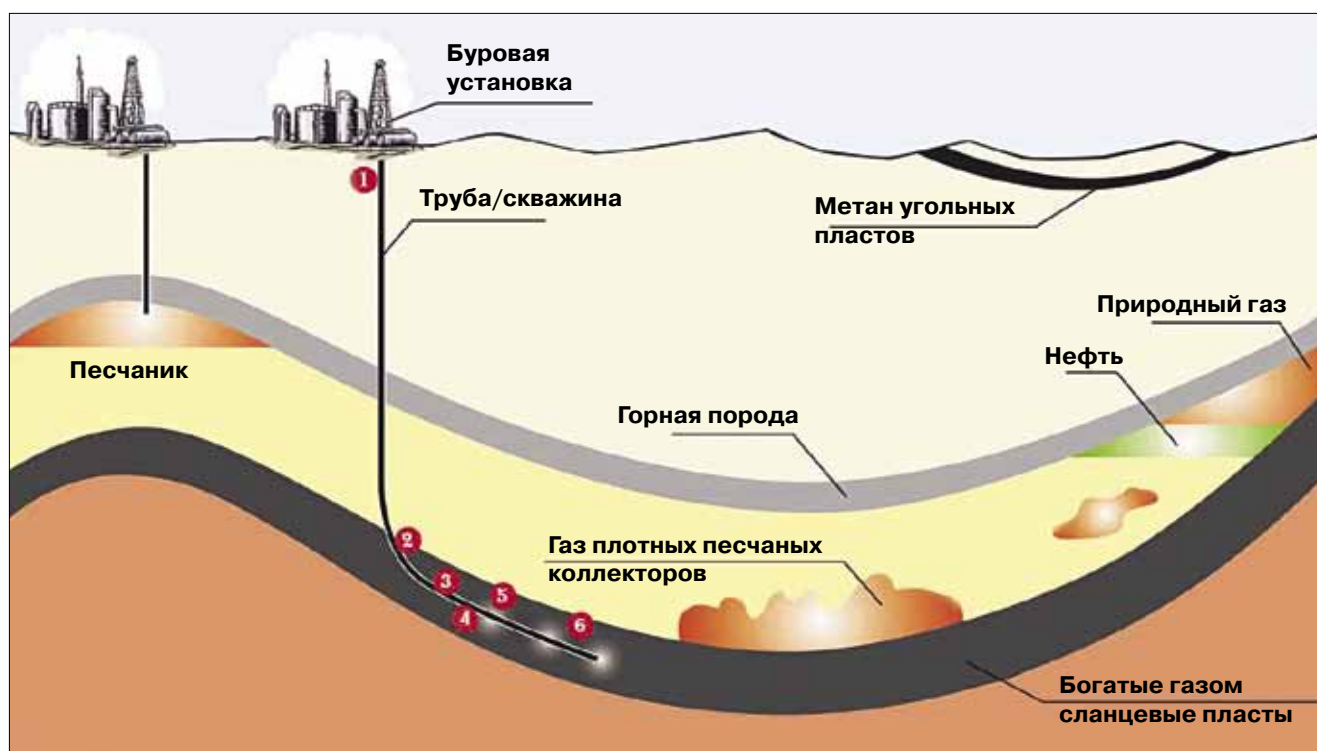
шение доли энергоемких и увеличение вклада в ВВП высокотехнологичных производств.

Оценку ресурсному потенциалу сланцевого газа и нефти в нашей стране дал член-корреспондент РАН Владимир Каширцев (Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск). Значительные месторождения горючих сланцев, сообщил он, находятся на Русской платформе, в Оленёкском, Прибалтийском и Волжском бассейнах. В Западной Сибири сланцевая нефть сосредоточена главным образом в баженовской свите* — труднопроницаемых породах, залегающих среди традиционных нефтеносных горизонтов. В сущности это отечественный аналог знаменитого месторождения Баккен в Северной и Южной Дакоте (США). По мнению некоторых экспертов, ресурсы нефти в баженовской свите, сопоставимые с запасами традиционных месторождений Западной Сибири, но при этом еще не поставленные на баланс, следует рассматривать как весьма перспективное сырье. Для отработки технологий добычи ее запасов и подтверждения существующей модели геологического строения запланировано сооружение 3–5 горизонтальных скважин специальной конструкции с проведением множественных гидроразрывов пласта.

*Баженовская свита — пачка горных пород, выявленных в Западной Сибири на двухкилометровых глубинах и распространенных на территории свыше 1 млн м², при этом она имеет сравнительно небольшую толщину — 20–30 м (прим. ред.).

Доктор физико-математических наук Владимир Кузнецов (Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, г. Новосибирск) считает, что одна из основных проблем добычи сланцевого газа и нефти в настоящее время состоит в отсутствии прорывных технологий, позволяющих существенно снизить стоимость добычи этого сырья. Между тем именно такой технологией может стать заводнение трещиноватых нефтенасыщенных пластов, хотя она и достаточно сложна из-за возможного прорыва воды в добывающие скважины. Но эту проблему, утверждал Кузнецов, можно решить снижением расхода воды и активизацией капиллярной пропитки блоков породы. Причем ученые СО РАН располагают значительным опытом в данной области.

В докладе он рассмотрел также способ решения проблемы малотоннажного производства жидкого топлива посредством конверсии сланцевого газа в синтез-газ в микрореакторных установках, представил схемы таких агрегатов и методы получения высокоактивных катализаторов с оптимальными структурными и размерными характеристиками. В Институте теплофизики, сообщил он, разработаны основы создания конверторов — аппаратов для попутного и сланцевого газа с использованием микро- и нанотехнологий, получены многокомпонентные наноструктуры, показавшие высокую эффективность при конверсии метана в синтез-газ и водород. Они были использованы для создания прототипов энергоэффек-



Технология добычи сланцевого газа: 1 — бурение вертикальной скважины; 2 — бур отклоняется от вертикали; 3 — бурение горизонтальной скважины; 4 — под давлением в скважину поступает смесь песка, воды и химикатов; 5 — происходит гидроразрыв пласта; 6 — газ собирают в трубу

тивных процессоров, используемых для получения жидкого топлива из попутного и сланцевого газа.

Член-корреспондент РАН Владимир Лихолобов (Институт проблем переработки углеводородов СО РАН, г. Омск) остановился на традиционных способах химической переработки метана как главного компонента сланцевого газа, основанных на базовом варианте синтеза Фишера—Тропша*, для производства синтетических углеводородов, применяемых в качестве смазочного масла или топлива.

Лихолобов подробно рассмотрел аспекты комплексной технологии пиролиза природного газа с получением легких алкенов (этиленовых углеводородов) и компонентов моторных топлив. В его институте на лабораторном уровне изучили стадии пиролиза метана в ацетилен, гидрирования ацетилена в этилен, синтеза пропилена из этилена, олигомеризации (химического превращения) олефинов в полимер-бензин. Данная технология, отметил докладчик, предполагает возможность получения из одной тонны метана 680 кг пропилена, 75 кг ароматических углеводородов, 36 кг жидкого топлива и 88 кг водоро-

да. Однако для пиролиза природного газа требуются дополнительные изыскания.

Большой практический интерес, подчеркнул Лихолобов, представляет также процесс одностадийного синтеза пропилена из этилена. Для его реализации в институте разработаны катализаторы на основе оксидов никеля и рения и показана возможность получения горючего газа с выходом не менее 80% от теоретического. В заключительной части докладчик рассмотрел перспективы малотоннажной технологии переработки природного газа в углеродные материалы, в частности получения высокодисперсного технического углерода, широко применяемого в качестве усиливающего компонента при производстве резины и других пластических масс.

Академик Михаил Эпов из Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН (г. Новосибирск) обратил внимание участников сессии на вероятность появления новых глобальных неконвенциональных (нетрадиционных) ресурсов, способных, подобно сланцевому топливу, оказать влияние на мировую ситуацию. К разряду таковых он отнес прежде всего водорастворенные газы (ВРГ) и газогидраты, запасы которых, по некоторым оценкам, на один-два порядка превышают сланцевые. ВРГ, заметил Эпов, локализуются не в минерально-органическом комплексе пород, а в поровых водах. Механизмы «улавливания» углеводородов при формировании таких скоплений резко отличаются от аккумуляции газа в обычных залежах.

*Процесс Фишера—Тропша — многостадийная химическая реакция, в ходе которой из углеводородов сначала получают так называемый синтез-газ ($\text{CO} + \text{H}_2$), а из него — метанол или синтетические углеводороды, используемые преимущественно для получения моторных топлив. Эту технологию активно развивали в середине прошлого века на базе переработки угля, теперь же перспективным направлением ее использования становится переработка газового сырья (прим. ред.).



Буровая на месторождении сланцевого газа в Пенсильвании (США).

Идея практической возможности утилизации ВРГ в нашей стране была сформулирована еще в 1974 г. Тогда ученые предлагали самотеком перепускать высоконапорные газонасыщенные воды в верхние сравнительно слабонапорные горизонты. Рассматривались и другие возможности: засоление предельно газонасыщенных подземных вод при помощи перепуска рассолов в нижние горизонты и нарушение фазового равновесия для усиления дегазации вод как следствие сверхмощных глубинных взрывов.

Основная проблема при разработке месторождений ВРГ, по мнению Эпова, заключается в транспортировке подземных вод на дневную поверхность, где они будут дегазироваться при атмосферном давлении, и в утилизации рассолов. Для их решения требуются значительные материальные вложения, но дело стоит того. Например, для Губкинского нефтегазоконденсатного месторождения (Пуровский район Ямало-Ненецкого автономного округа) снижение давления в контурных водах на 2–3 МПа приведет к выделению газа в объеме 150–200 млрд м³. Таким образом, заключил академик, уже сейчас можно и нужно ставить вопрос об использовании водораство-

ренных газов геопрессированных зон в промышленных масштабах.

Закрывавший сессию Объединенного ученого совета СО РАН по энергетике, машиностроению, механике и процессам управления академик Василий Фомин подчеркнул: в ближайшем будущем соотношение сил и сфер влияния на мировом топливном рынке будут определять передовые наукоемкие технологии добычи и переработки природных энергоресурсов, а не наличие их абсолютных запасов. И наша задача, сказал он, заключается в развитии фундаментальных исследований, составляющих основу прикладной базы для развития таких технологий и их внедрения в жизнь.

Фомин В., Зиновьев В. Сланцевый газ, водорастворенный газ — возможные перспективы использования. — Газета «Наука в Сибири», 2013, № 32–33.

Иллюстрации из интернет-источников

Материал подготовила Марина МАЛЫГИНА

ФИВАНСКАЯ ГРОБНИЦА ЧАИ В ЛУКСОРЕ

Сергей ИВАНОВ, научный сотрудник
Центра египтологических исследований (ЦЕИ) РАН
(Москва)

**В 2006 г. Центр египтологических исследований РАН
инициировал длительную археологическую миссию в Луксоре
по исследованию и консервации Фиванской гробницы № 23 (ТТ 23),
расположенной в «Долине вельмож» (Шейх абд аль-Курна).
Основной целью экспедиции являются расчистка
и изучение Фиванской гробницы Чаи — «министра иностранных дел»
при дворе царя Меренптаха (XIII в. до н.э.).**

МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ

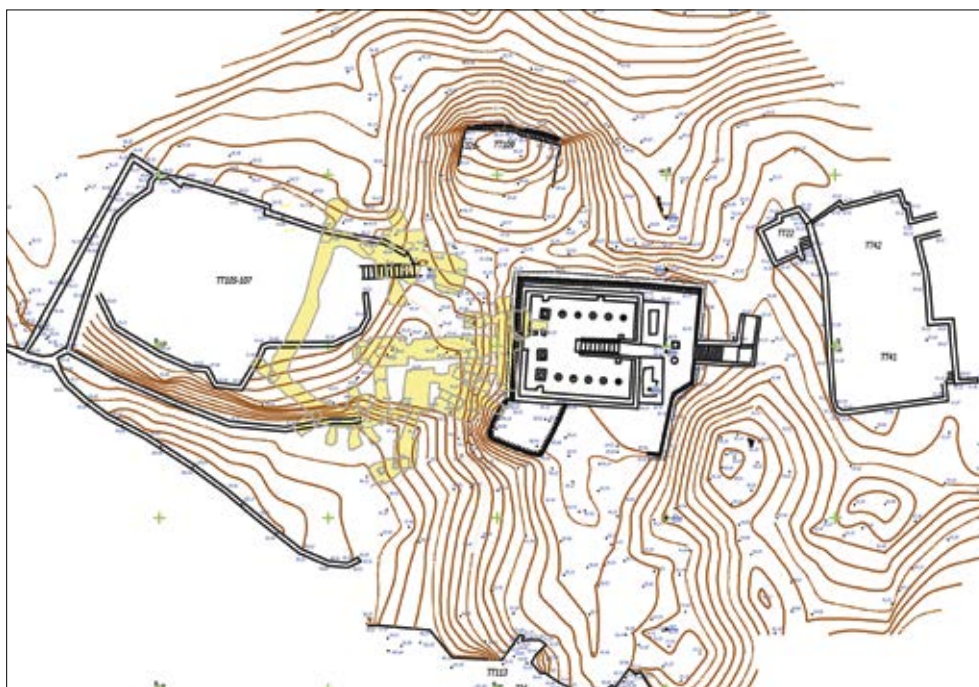
Гробница № 23 расположена в Луксоре, на западном берегу Нила, в пределах так называемой «нижней ограды Шейх абд эль-Курны» — небольшой изгороди, которая в 1900-х годах ограничивала территорию концессии (зоны археологических изысканий) английского археолога Роберта Монда (1867—1939). Благодаря этому указанную часть этого некрополя ученые традиционно причисляют к восточному склону горы Шейх абд эль-Курна, хотя топографически она относится к западному склону другого близлежащего холма — эль-Хоха.

Большинство исследователей сходятся во мнении: во время правления египетских царей XVIII династии че-

рез этот участок проложили дорогу, которая соединяла долину Нила с основной частью некрополя Шейх абд эль-Курны. В начале Рамессидского времени (1195—1069 гг. до н.э.) указанный путь утратил свое бывшее значение, а местность, где он проходил, использовали для сооружения новых гробниц. В современном ландшафте гробница Чаи находится в низине между погребальными комплексами ТТ 109 (на севере), ТТ 41—42 (на востоке), Т 44 (на юге) и ТТ 105—107 (на западе).

ВЛАДЕЛЕЦ ГРОБНИЦЫ

Итак, Фиванская гробница № 23 была сооружена для Чаи, занимавшего пост писца царской корреспонденции при дворе Меренптаха (XIX династия,



Топоплан местности вокруг гробницы Чаи (южная часть некрополя эль-Хоха). Составители В.Н. Сорокин и К.Г. Логинов.

ок. 1290–1214 гг. до н.э.). Его карьера началась при фараоне XIX династии Древнего Египта, правившем приблизительно в 1279–1212 гг. до н.э., — Рамсесе II Великом. На одной из стел, найденных в мемфисском Серапеуме (религиозный центр, где хоронили священных быков Аписов. — *Прим. ред.*) и относящейся к 55-му году правления этого фараона, Чаи упоминают как секретаря наследного принца Меренптаха. После воцарения последнего он был назначен «царским писцом корреспонденции Владыки Обеих земель», т.е. личным секретарем фараона. В его ведении находилась канцелярия фараона, располагавшаяся в нижнеегипетской столице — Пи-Рамсесе, получившей такое название по имени упомянутого выше фараона Рамсеса II Великого. Наиболее вероятно, что Чаи находился в дружеских отношениях с царем, поскольку был его советником и поверенным во многих вопросах. За исправную службу правитель удостоил его почетной награды «Золото почета» — массивного золотого ожерелья, каким он одаривал своих отличившихся чиновников и воинов. Следует отметить, Чаи был единственным, кто получил ее во время правления царя Меренптаха. С большой долей вероятности Чаи можно идентифицировать также и с одноименным «начальником сокровищницы», который на седьмом году правления Меренптаха участвовал в комиссии по проверке строительства гробницы этого фараона в Долине царей.

АРХИТЕКТУРА ГРОБНИЦЫ

Фиванская гробница вырублена в известняковом массиве и представляет собой архитектурный ком-

плекс, ориентированный по оси восток—запад. К основным его частям относятся монументальные ворота — пилон, открытый двор, внутренние структуры, включающие несколько помещений, и нисходящий коридор, который ведет в погребальную камеру. Сам пилон, возведенный из известняка, сильно разрушен, вероятно, еще в древности. Осталась лишь его нижняя часть — основание и три-четыре ряда каменной кладки; на их поверхности видны фрагменты рельефов и надписи. С внешней стороны пилона археологи нашли две базы колонн диаметром 0,75 м, обрамлявшие дверной проем. К внутренней его части примыкает лестница из десяти ступеней, ведущая в открытый двор гробницы. Невысокие лестничные перила были украшены рельефными изображениями погребальной процессии.

Вдоль северной, восточной и южной стен двора в древности строители установили колоннаду из круглых колонн, поддерживавшую крышу, затенявшую, в свою очередь, часть открытого пространства. Длина двора составляет 11,87 м, ширина — 10,75 м, ширина его крытой части — 2 м. Древние колонны и перекрытия не сохранились до нашего времени, но их современная реконструкция, выполненная в 1980-х годах Высшим советом по древностям Арабской Республики Египет, в общих чертах повторяет первоначальные пропорции и облик сооружения. Двор или, по крайней мере, его крытая часть, был вымощен сырцовым кирпичом; в юго-западном углу двора специалисты-археологи обнаружили большой фрагмент оригинального пола. Вдоль западной стены двора конструкцию крыши поддерживают четыре прямо-

План Фиванской гробницы Чаи (ТТ 23).
Составитель Д. Айгнер.

угольных в сечении столба, образующих портик перед входом во внутренние помещения гробницы, соединенные с самим двором узким дверным проемом.

Согласно современной классификации немецкой исследовательницы Фредерики Каммп-Зайфрид, планировка внутреннего пространства гробницы относится к «типу Vb», отличительным признаком которого является наличие трансепта (переднего помещения) и длинной галереи, ведущей к так называемому «святилищу» — небольшому пространству, где в то время устанавливали статуи богов и самого умершего. Архитектура и убранство внутреннего отдела гробницы во многом напоминают расположенную неподалеку гробницу Дхутимеса (Фиванская гробница № 32), сооруженную во время правления фараона Рамсеса II Великого.

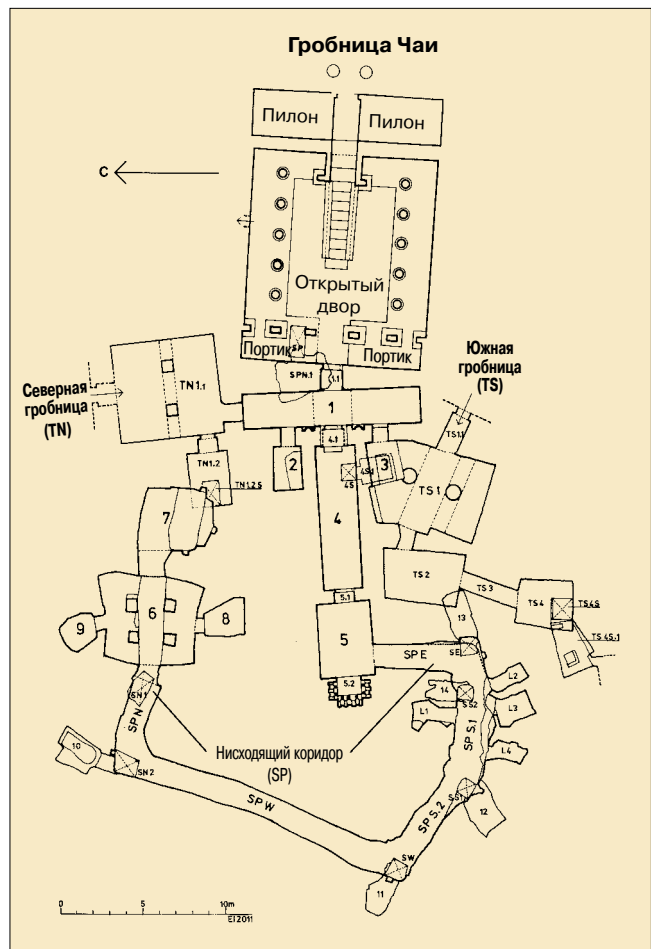
Общая протяженность всего комплекса гробницы Чаи (от пилон до восточной стены погребальной камеры) составляет 87,12 м, перепад высот — 20,7 м. Отметим, в разное время в первоначальный план и структуру вносили различные изменения. Первые произошли еще до погребения Чаи, когда проемы ряда помещений расширили для проноса саркофага покойного. Уже в Рамессидское время в северной стене открытого двора ТТ 23 прорубили вход в еще одну усыпальницу («Северную гробницу 2»). С этим строительным периодом может быть связана и установка колонн с внешней стороны пилон Чаи.

Однако основные изменения произошли в Третий переходный (1075–664 гг. до н.э., династии XXI–XXV) и, в основном, Поздний периоды истории Древнего Египта (правление фараонов XXVI–XXX династий; 664–332 гг. до н.э.). К этому времени относится сооружение шахты, ведущей в небольшую погребальную камеру в северной части портика. Строительные работы тогда затронули один из его столбов, размеры которого незначительно уменьшили.

Последние захоронения, где древние строители осуществили перепланировку гробницы Чаи, произошли в Греко-Римское время (332 г. до н.э.—III в. н.э.). К ним относятся локулы (специальные боковые камеры; горизонтальная ниша в стене погребальной камеры, куда клали покойного), вырубленные по сторонам второго сегмента нисходящего коридора.

ДЕКОРАТИВНОЕ УБРАНСТВО

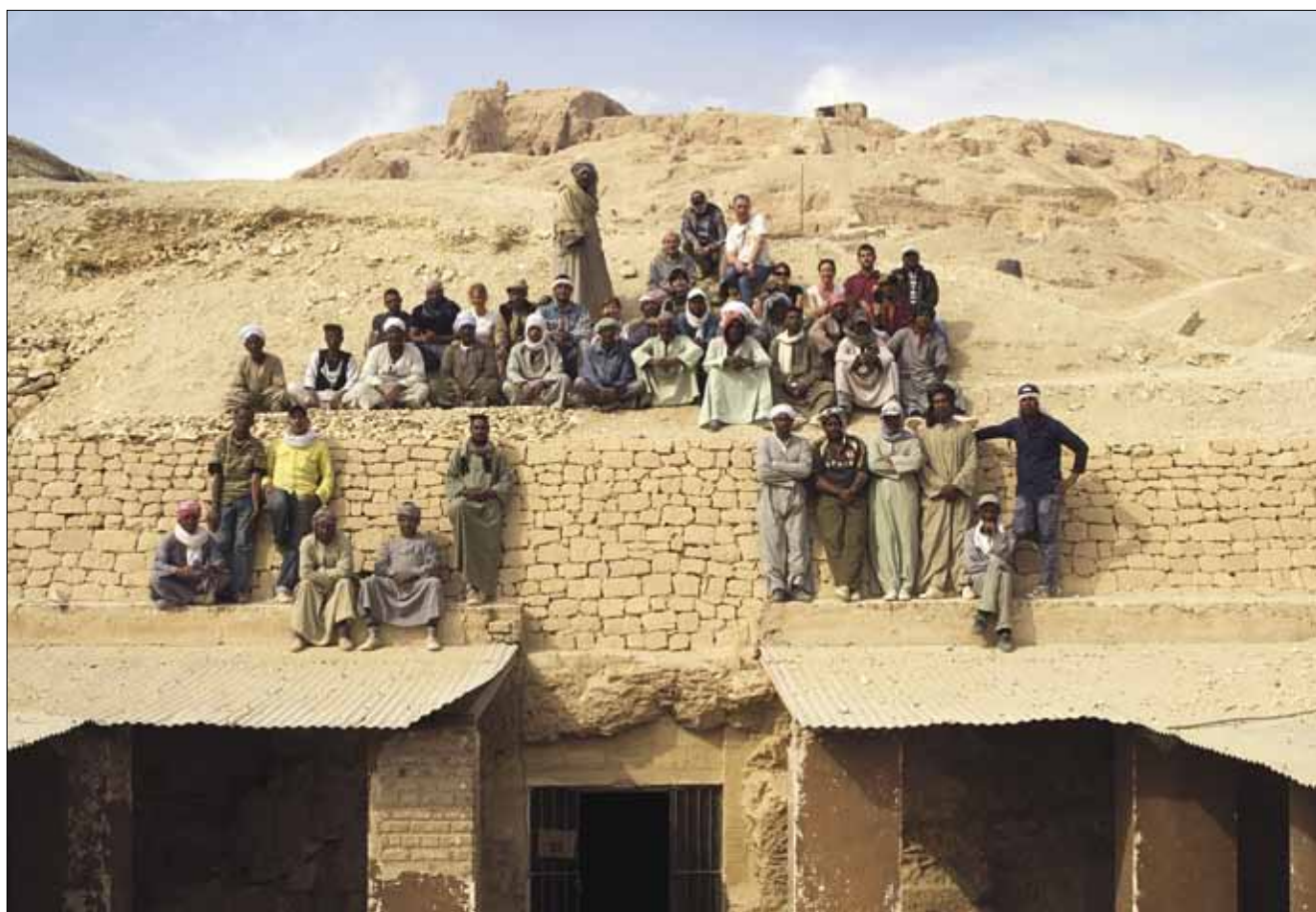
Стены открытого двора гробницы и основные внутренние помещения украшены полихромными (многоцветными) рельефами. Массив известняка, в котором вырублена непосредственно сама гробница, неоднороден, поэтому в отдельных частях комплекса для нанесения рельефов стены облицовывали плитами песчаника или покрывали толстым слоем лёссовой штукатурки (желтоватой однородной глины, образо-



ванной из осадочных пород, — мелких пылевых и илистых частиц). Большая часть изображений и надписей гробницы выполнена в технике врезанного рельефа (углубления контуров изображения. — Прим. авт.) и раскрашена.

Рельефы гробницы № 23 довольно информативны: в них отражаются основные события из жизни Чаи, а также особенности погребального обряда и религиозные представления египтян эпохи Нового царства.

Кстати, одним из интереснейших среди них является изображение царской канцелярии, выполненное на юго-восточной стене открытого двора. Сцена разделена на три части, что, видимо, соответствовало действительной планировке данного здания. В левой из них представлена собственно канцелярия — помещение, разделенное на три части двумя рядами колонн. В боковых частях работали писцы; в центральной же находилась приемная самого главного писца. В противоположной части здания располагался царский архив, изображенный в виде двух небольших помещений в верхнем и нижнем углах. Скрипторий (место работы писцов) и архив соединял открытый двор, где отправляли культ покровителя писцов бога



Команда Российской археологической миссии в Луксоре.

Тота (средняя часть композиции), чье святилище было в центральной части правого крыла здания.

Отметим, надписи гробницы Чаи во многом типичны для фиванских гробниц Рамессидского времени. Тем не менее многие тексты относятся к оригинальным вариациям или считаются наиболее полными версиями известных текстов, таких как «Гимн свету» или «Песня лютниста». В связи с этим изучение и публикация текстов гробницы Чаи является в настоящее время одним из приоритетных направлений Российской археологической миссии в Луксоре.

СТЕЛЫ

В портике открытого двора по сторонам от входа во внутренние помещения гробницы установлены две массивные прямоугольные стелы, посвященные богам Осирису и солнечному божеству Ра-Хорахти («Ра-Хор Небосклонный»). В верхней их части помещены изображения самого Чаи, поклоняющегося богам. А основная часть отведена текстам, в которых восхваляются упомянутые боги.

В конце XIX — начале XX в. археологи обнаружили в гробнице стелы меньшего размера, установленные как родственниками Чаи, так и членами семей погреб-

енных уже в более позднее время. Часть из них ныне хранится в коллекции Британского музея в Лондоне, местонахождение остальных памятников пока не установлено.

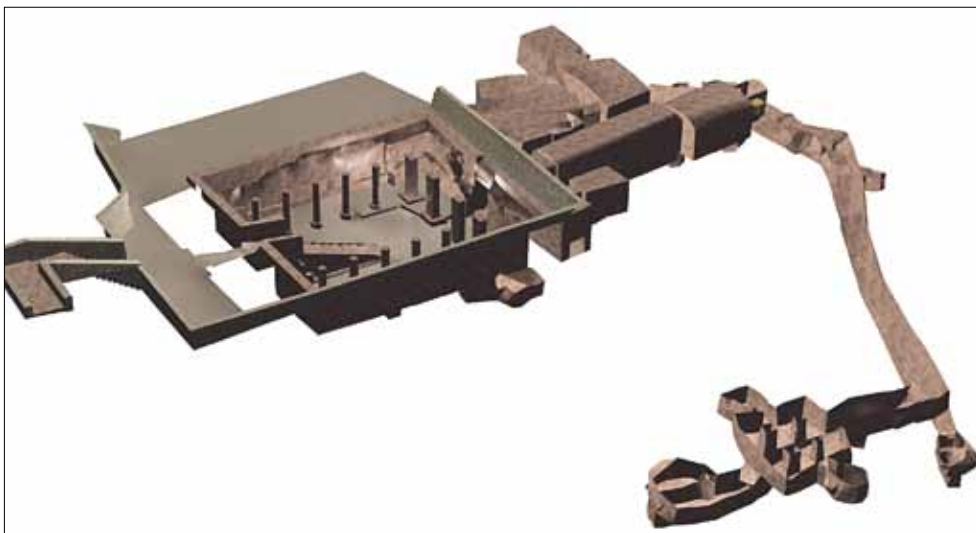
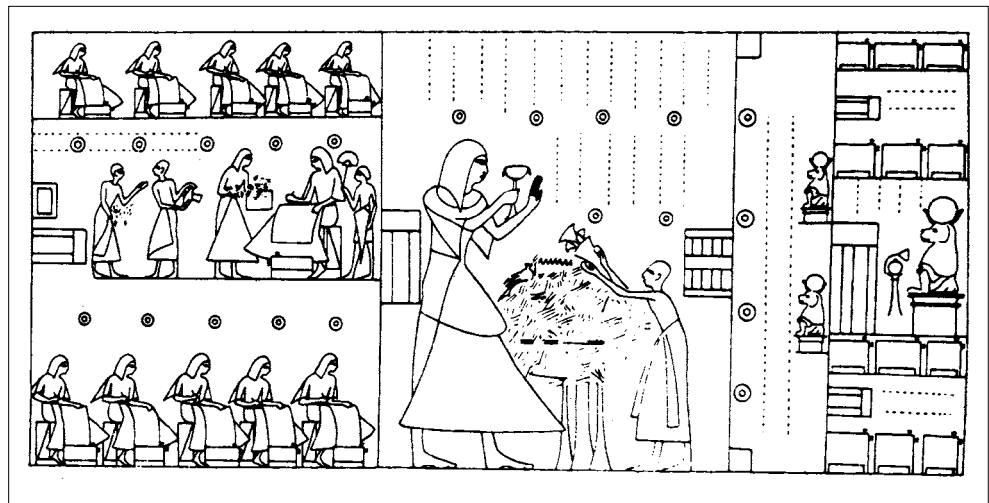
СКУЛЬПТУРНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Кстати, в гробнице Чаи сохранились два скульптурных изображения самого владельца. Его фигуры представляют стоящего мужчину, облаченного в парадные одежды. К сожалению, их лица повреждены. В «Святилище» также размещены статуи сидящих богов Осириса, Исида и Хора и скульптурные диады (двойные скульптуры) Чаи с супругой. Все они высечены из известняка в натуральную величину и раскрашены. Убранство гробницы включало и небольшие статуи, огромное количество фрагментов которых археологи нашли во внутренних помещениях и открытом дворе ТТ 23.

СОХРАННОСТЬ ГРОБНИЦЫ

Добавим, естественные факторы, равно как и деятельность человека, плохо отразились на степени сохранности уникального памятника архитектуры и культуры. К настоящему времени осталось менее

Прорисовка сцены
«Министерства
иностраных дел» —
изображения царской
канцелярии.



Трехмерная модель
гробницы Чаи.
Составители В.Н. Сорокин
и К.Г. Логинов.

10% первоначальной конструкции пилон. Наиболее вероятно, что он начал разрушаться еще в древности из-за ослабления связующего строительного раствора и выветривания. Его разобрали на материалы для сооружения близлежащих гробниц. То же самое привело в дальнейшем к выпадению блоков песчаника из облицовки открытого двора. Очевидно, это разрушение также началось еще в древности, поскольку в северо-западном углу двора сохранились следы старинной реставрации рельефов. В результате разрушения колоннады и крыши двора расписные рельефы подверглись негативному воздействию прямых солнечных лучей, ветра и дождей, что также значительно усугубило их состояние. Более 70% рельефов превратились в многочисленные фрагменты, рассредоточенные внутри и поблизости гробницы. А вот рельефы и росписи внутренних структур ТТ 23 сохранились значительно лучше. В целом же в результате воздействия негативных природных факторов (геологических подвижек, изменения микроклимата

и др.), а также человеческого вандализма было уничтожено около 43% убранства гробницы.

В 1980-х годах Высший совет по древностям Арабской Республики Египет осуществил первичные мероприятия по структурному укреплению гробницы № 23 и консервации оставшихся ее ценных рельефов и уникальных росписей. Однако значительное увеличение человеческой активности в этом районе, продолжавшееся вплоть до 2006 г., и естественный износ материалов вызвали крайнюю необходимость повторного применения комплексных мер по улучшению сохранности археологического памятника.

ЮЖНАЯ И СЕВЕРНАЯ ГРОБНИЦЫ

Гробница Чаи соединяется с другими усыпальницами: примыкающей с юга Южной гробницей и Северной гробницей.

Планировка и архитектура Южной гробницы типичны для погребальных сооружений Позднего времени Древнего Египта (правление фараонов XXVI—



«Святынище» гробницы Чаи.
В центре фигуры богов Осириса, Исиды и Хора;
по сторонам — статуи Чаи и его супруг.



Изображение богини Хатхор,
владычицы некрополя, в образе коровы.
Лёсс, грунт, темпера.

XXX династий (664–332 гг. до н.э.). Эта датировка подтверждается керамикой и фрагментами заупокойной утвари, что нашли в нижних слоях заполнения гробницы. Вполне вероятно, строители неправильно рассчитали тогда расстояние до внутренних помещений усыпальницы Чаи и вторглись в ее пространство. После этого архитекторам пришлось изменить первоначальный план Южной гробницы, полностью изменив ее ориентацию с востока на запад на ось юг–север.

Стены Южной гробницы вообще не были декорированы: они, как и пол, и потолок, вырублены только грубыми уступами. Очевидно, сооружение этой усыпальницы в древности вообще не завершили.

Завершение изучения шахты Южной гробницы, расширенной на глубину около 3 м, остается одной из основных задач Российской археологической миссии в Луксоре.

К сожалению, приходится констатировать, что Северная гробница находится в аварийном состоянии. Высокий холм отвалов археологических экспедиций 1905–1998 гг. оказывает сильное давление на всю ее

структуру и негативное воздействие на ее структурную стабильность.

ИССЛЕДОВАТЕЛИ О ГРОБНИЦЕ

Бесспорно, богатство декоративного убранства гробницы Чаи издавна привлекало многих египтологов и простых путешественников со всего мира. К сожалению, оно было крайне заманчиво и для собирателей древностей, что привело к дополнительным разрушениям. В частности, в 1865 г. некоторые изображения попали в коллекцию Египетского музея в Берлине, где они были утрачены в годы Второй мировой войны.

Английский египтолог сэр Алан Хендерсон Гарднер (1879–1963) был первым, кто в 1913 г. нанес ТТ 23 на сводный план Фиванского некрополя (место для захоронений на западном берегу Нила, напротив древнеегипетского города Фивы). Архитектуру гробницы вкратце описали египетский ученый Александр Бадауи (1913–1986) и немецкий специалист Арнольд Дитер. Более подробный обзор двора и внутренних помещений ТТ 23 сделала немецкая исследователь-

Гробница Чаи. Общий вид.**Проведение реставрационных проб на расчистку и укрепление живописи гробницы.**

ница Федерика Каммп-Зайфрид в обобщающей работе по истории развития Фиванского некрополя.

Но одним из первых специалистов, обратившихся к рельефам гробницы, был немецкий египтолог, известный как «человек, открывший Нефертити», Людвиг Борхардт (1863–1938), посвятивший большую статью изображению царской канцелярии. Другие сцены воспроизвели в своих работах видный немецкий египтолог Вальтер Рыжинский (1880–1935) в 1923 г. и заслуженный профессор Лондонского университета англичанин Норман де Гаррис Дэвис. Наиболее подробный каталог композиций, составленный на основе публикаций и архивных материалов Института

Гриффитса в Оксфорде, сделали английские египтологи-библиографы в 1960 г.: Берта Портер (1852–1941) и Розалинд Луиза Бьюфорт Мосс (1890–1990).

Надписи гробницы также стали предметом изучения и других зарубежных исследователей. Так, несколько небольших текстов опубликовал немецкий археолог и египтолог Карл Рихард Лепсиус (1810–1884), которого считают первым ученым, посетившим ТТ 23 в 1840-х годах. Британский историк Кеннет А. Китчен, опираясь на свои личные заметки и архивные фотографии, подготовил более полный, но не исчерпывающий свод надписей гробницы Чаи. Некоторые из них, преимущественно поэтические



Сцена награждения Чаи «Золотом почета». Грунт, темпера.

тексты и гимны богам, опубликованы в переводах американца Эдварда Франка Венте в 1962 г. и немца Яна Ассмана в 1998 г. В 1985 г. египетская исследовательница Файза Хайкаль опубликовала (с переводом и комментариями) скопированный ею текст «Гимна свету».

Но все же первым исследователем, посетившим гробницу Чаи в 1840-х годах, был упомянутый Карл Рихард Лепсиус. Вскоре о ее местоположении забыли, а вновь ее открыл американец Чарльз Вильбур уже в 1881 г.

Зимой 1904–1905 гг. гробницу раскопал английский археолог Роберт Монд (1867–1938). К сожалению, результаты его работы тогда не опубликовали. Впрочем, информация полевых заметок Монда довольно скудна. Известно, что сам он поднял из погребальной камеры гранитный саркофаг Чаи и установил его в одном из помещений. Во время раскопок англичанин обнаружил множество предметов, включая гробничные конусы, саркофаги, фигурки «ушебти» (они изображают человека, как правило, со скрещенными на груди руками, либо с какими-нибудь орудиями труда) и др., часть которых впоследствии попала в лондонский Британский музей.

В 1980-х годах Высший совет по древностям Арабской Республики Египет предпринял капитальные работы уже по реставрации гробницы. Увы, документация о работе, проделанной специалистами данной организации, отсутствует. Тем не менее, абсолютно очевидно: в это время произвели реконструкцию колоннады и перекрытий открытого двора гробницы, что было просто необходимо для предохранения рельефов и росписей от воздействия прямого солнечного света и выветривания. Завершили и укрепление структуры внутренних помещений гробницы, реконструкции рельефов в одном из помещений.

Тогда же экспедиция Центра изучения и документации Древнего Египта под руководством египтянки Файзы Хайкаль осуществила фотофиксацию гробницы и копирование ее надписей. Однако и эти материалы опубликованы не были. В 2006 г. Центр египтологических исследований РАН* получил концессию (заключил договор и получил согласие) на археологическое исследование и консервацию гробницы Чаи и прилегающих к ней структур. Перед нами тогда поставили следующие важные задачи:

*См.: Е. Толмачева. Достижения современной египтологии. — Наука в России, 2013, № 1 (прим. ред.).

расчистить помещение гробницы; провести тесты на укрепление, расчистку и тонировку рельефов и росписей; осуществить на объекте реставрационные работы после утверждения результатов тестов Высшим советом по древностям Арабской Республики Египет; изучить архитектуру гробницы, составить точные обмеры и план всего комплекса; копировать и изучать надписи; реконструировать историческую колоннаду и перекрытия открытого двора; опубликовать результаты исследований; установить надлежащие системы вентиляции воздуха (освещения и т.д.) и — как своеобразный итог всей миссии — провести музеефикацию* изучаемого памятника.

ЭКСПЕДИЦИИ ЦЕИ РАН

Итак, мы приступили к кропотливой работе: в течение первого и второго археологических сезонов (12–29 декабря 2006 г. и 4–24 декабря 2007 г.) основной задачей нашей экспедиции были общее обследование гробницы, изучение строительной техники, а также техники рельефов и росписей; выявление аварийных участков, проведение тестов на укрепление и расчистку живописи в различных местах гробницы и составление программы необходимых реставрационных работ. В 2007 г. реставрационная группа из Всероссийского художественного научно-реставрационного центра им. академика И.Э. Грабаря приступила к консервации рельефов восточной стены открытого двора. Последние, выполненные по мягкой лёссовой штукатурке, долго подвергались воздействию прямого солнечного света и осадков, что привело к разрушению красочного слоя и его отслоению от основы. Реставрационное вмешательство включало укрепление основы и красочного слоя, очистку и консервацию рельефов и живописи. Эти работы мы продолжили и в 2008 г.

Для освобождения рабочего пространства и организации хранения наша команда начала расчистку Южной гробницы. Под слоем мусора непосредственно на полу гробницы находился 5–15-см слой разложившегося известняка, покрытого экскрементами домашних животных. В нем наши специалисты нашли фрагменты заупокойной утвари: керамика, фигурки ушебти, бусы, амулеты и многочисленные части мумифицированных тел людей. Все находки относятся к Третьему переходному (1075–664 гг. до н.э., династии XXI–XXV) и преимущественно к Позднему периодам истории Древнего Египта (правление фараонов XXVI–XXX династий; 664–332 гг. до н.э.).

Приступая к работам по консервации внутренних

помещений гробницы Чаи, во время нашего Третьего археологического сезона (14 декабря 2008 г.–25 января 2009 г.) мы перенесли расчистку в нисходящий коридор. В течение сезона нам удалось полностью освободить погребальную камеру и некоторые отдельные помещения, которые были полностью заполнены отщепами известняка с равномерным включением фрагментов погребальной утвари (многочисленных фигурок ушебти разных типов, полихромных (многоцветных) саркофагов, картонажей (изящных изделий из картона), амулетов, керамики и др.) и «современного» мусора (упаковок табака и свечей, спичечных коробков и т.п.). Найденный нами обширный погребальный инвентарь относится к различным периодам — от конца XVIII династии до Римского времени. Датировка «современного» мусора (начало XX в.) позволяет сделать вывод: это заполнение совершила еще экспедиция англичанина Роберта Монда в начале XX в. (1905 г.). Вероятно, в целях экономии времени он складывал отвалы внутри гробницы и впоследствии использовал их для выравнивания пола нисходящего коридора и нивелировки его уклона при подъеме гранитного саркофага Чаи.

Между тем расчистку коридора участники нашей экспедиции продолжили и в Четвертом археологическом сезоне (27 декабря 2009 г.–31 января 2010 г.). Основные усилия мы сосредоточили на расчистке шахт и погребальных камер, расположенных в различных участках нисходящего коридора. Заполнение этих шахт и помещений было идентично заполнению других частей нисходящего коридора, расчищенных в ходе предыдущего нашего пребывания здесь.

А расчистку коридора полностью завершили в ходе Пятого археологического полевого сезона (1–31 января 2011 г.), во время которого открыли также Восточную шахту. Шестой и Седьмой наши сезоны (1–31 января 2012 г.; 15 января–15 февраля 2013 г.) были посвящены разведке вокруг ТТ 23 с целью точной локализации входов в Южную и Северную гробницы и поиска сохранившихся дополнительных элементов комплекса. В результате мы обнаружили остатки внешней ограды, окружавшей заупокойный комплекс Чаи, а также изучили особенности конструкции стен открытого двора и пилон гробницы, восстановили их первоначальную высоту, нашли большое количество блоков и фрагментов погребального инвентаря, происходящих из ТТ 23. Из-за низкого качества известнякового массива, где вырублены усыпальницы, под воздействием природных и антропогенных факторов вход, стены и колонны гробницы были поражены глубокими трещинами. Несмотря на общую структурную стабильность, они могли стать причиной обрушения значительной части всего комплекса. Поэтому в ходе своего последнего сезона (2013 г.) мы

*Музеефикация — направление музейной деятельности, заключающееся в преобразовании историко-культурных или природных объектов в места музейного показа с целью максимального сохранения и выявления их научной и художественной ценности (прим. ред.).



**Директор экспедиции,
доктор исторических наук Галина Белова
изучает папирусы с текстами «Книги Мертвых».**

провели работы по заполнению трещин и структурному укреплению гробниц.

Наряду с этим начиная с 2006 г. вместе с реставрационными и археологическими работами наши специалисты изучали архитектуру гробницы Чаи и примыкающих к ней структур. Они составили топоплан (крупномасштабный топографический план) местности, где находится гробница, произвели точные обмеры помещений и сделали доскональный план комплекса, который ежегодно дополняется и корректируется в соответствии с результатами новых исследований. Использование высокоточной измерительной техники дало нам возможность создать и трехмерную модель всего уникального комплекса.

В 2006 г. мы также приступили к работам по копированию надписей и документации рельефов и росписей гробницы. Особое внимание уделили более чем 3000 отдельным блокам с фрагментами росписей и рельефов, изучение которых позволяет реконструировать значительную часть убранства всей гробницы.

Помимо указанных работ в 2006–2009 гг., мы изучали находки, обнаруженные в процессе расчистки гробницы. Ныне нами уже установлено: большая

часть материала (саркофаги, картонажи (красивые картонные коробки), фигурки ушебти, папирусы «Книги Мертвых», статуэтки божеств и др.) относится к эпохе Нового царства (1552–1069 гг. до н.э.) и Позднему периоду истории Древнего Египта (правление фараонов XXVI–XXX династий; 664–332 гг. до н.э.) и отражает этапы эволюции древнеегипетского погребального ритуала.

В частности, в ходе расчистки гробницы Чаи наши археологи обнаружили останки, принадлежавшие более чем 100 индивидам, которых в разное время здесь погребли. Изучение части антропологического материала позволяет ученым сделать вывод, что он принадлежал европеоидному населению с грацильным (утонченным, тонким) костяком и слаборазвитой мышечной системой. С большой долей вероятности можно утверждать: захороненные в гробнице принадлежали к аристократическому сословию, для которого занятия физическим трудом не были повседневной необходимостью.

В ходе продолжающейся расчистки мы нашли еще множество фрагментов текстиля эпохи Нового царства (Римского времени) — бинтов мумий, погребальных пелен и других предметов, использовавшихся при мумификации и погребении. Исследование более 2000 фрагментов позволяет сделать еще один весьма важный вывод: большая часть текстильных изделий была из льна, с небольшим включением изделий из шерсти, хлопка и даже шелка. Часть тканей изготавливали специально для погребения — такие бинты и пелены отличались высоким качеством и стоили тогда довольно дорого. Большую же часть бинтов сделали из старой повседневной одежды, которая неоднократно подвергалась ремонту и подгонке. Несмотря на фрагментарность, некоторые изделия поддаются идентификации и реконструкции, что значительно расширяет наши научные знания о формах и технологических особенностях древнеегипетского костюма.

Однако до окончания археологических работ в гробнице ТТ 23 результаты исследований носят пока только предварительный характер, хотя и позволяют сделать отдельные первичные выводы об истории ТТ 23 и Фиванского некрополя в целом, а также обогащают наши знания о повседневной жизни и погребальных обрядах древних египтян.

РОССИЙСКИЕ ЭНТОМОЛОГИ В АФРИКЕ

Кандидат биологических наук Роман ЯКОВЛЕВ,
научный сотрудник Южно-Сибирского ботанического сада
Алтайского государственного университета
(АлтГУ, г. Барнаул)

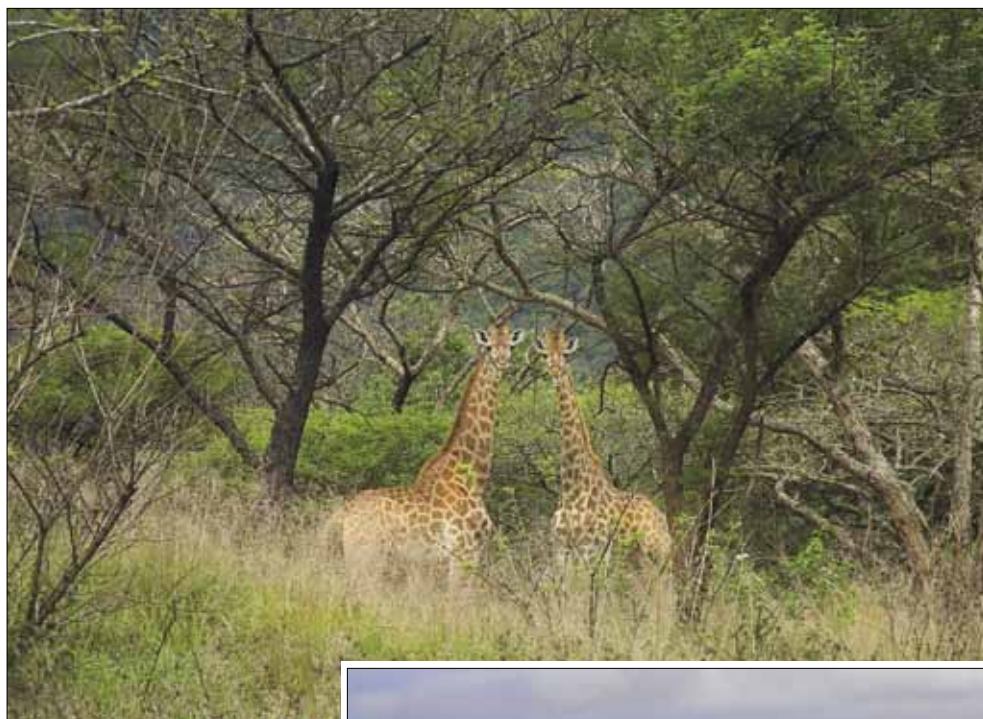
**Исследования сильно нарушенных человеком субтропических
и тропических регионов представляют важную задачу
для современных биологов во всем мире,
ведь множество видов насекомых еще не известны науке.
Так, в апреле 2011 г. мне как научному сотруднику
Ботанического сада АлтГУ
удалось принять участие в увлекательной и познавательной
с научной (и обывательской) точки зрения поездке
по нескольким странам Юго-Восточной Африки в составе
Российской энтомологической экспедиции
и зафиксировать несколько важных наблюдений.**

ПЛАНЫ ЭКСПЕДИЦИИ

Отмечу, мои коллеги-биологи из Москвы, Саратова, Ульяновска и Новосибирска уже 6 раз посещали разные страны Африки (ЮАР, Замбию, Намибию, Зимбабве, Свазиленд, Лесото, Мозамбик, Малави, Конго и Гану) для изучения их биологического разнообразия. Результатом данных поездок стал выпуск не менее трех десятков статей в ведущих зоологических журналах мира. В начале 2011 г. я, в свою очередь, тоже

согласился принять участие в подобной экспедиции под руководством кандидата биологических наук Василия Ковтуновича из Москвы и кандидата биологических наук Петра Устюжанина из Новосибирска.

Здесь стоит кратко рассказать о наших научных планах. Так, мы должны были, совершив небольшой круиз по национальным паркам северо-восточной части ЮАР, уехать через Зимбабве и Мозамбик в Малави, где собирались обследовать дождевые леса



Жирафы
в заповеднике Камберлэнд
(ЮАР, провинция
КваЗулу-Наталь).



Антилопы
в национальном парке
Ватерберг (ЮАР,
провинция Лимпопо).

на берегах озера Ньяса, третьего по площади и наиболее южного из озер Великой рифтовой долины в Восточной Африке, заполняющего глубокую впадину в земной коре между Малави, Мозамбиком и Танзанией. Оно протекает с севера на юг, его протяженность 560 км, глубина 706 м. Это девятое по величине и третье по глубине (после Байкала и Танганьики) среди пресноводных водоемов мира. Содержит 7%

мировых запасов жидкой пресной воды и создает наиболее разнообразную озерную экосистему по числу видов, большая часть из которых эндемики.

Вместе с тем один факт пересечения еще и таких знаковых мировых рек, как Лимпопо и Замбези, сильно вдохновлял наш искренний научный интерес. Тем более, что Черная Африка (это пока неоспоримый факт!) еще очень плохо исследована и изучена.



Горы Бвумбе (граница Зимбабве и Мозамбика).

ПУТЕШЕСТВИЕ В ЮАР

Итак, через три дня после нашего прибытия в ЮАР мы собрали необходимые документы-разрешения и стартовали. В сборах и подготовке нам помогал сотрудник Музея в провинции Наталь русский энтомолог Михаил Мостовский. Сначала мы все вместе отправились в северную провинцию Лимпопо: ее территория огорожена, нет ни малейшей возможности съехать хотя бы на 10 м от дороги, везде колючая проволока, часто — еще и под током. Все земли тут — частные, с большинством фермеров можно было договориться и спокойно работать на их пастбищах. Гости из России — редкость и потому вызывают большой интерес. Огромные пастбища, столовые горы*, озера, горные цепи, запорошенные снегом, в стороне Королевства Лесото — своеобразный пейзаж. По пути у нас были остановки и ночевки в различных национальных парках и небольших

кемпингах. В этой местности находится масса различных видов особоохраняемых территорий — национальные, лесные и простые парки и заповедники... У них весьма разные площади — от сотни до другой гектаров до огромного Крюгер-парка*. Все ухожено, территория обустроена для жилья, а кругом — дикая природа... Так, на нашей первой стоянке в частном заповеднике Камберлэнд, отойдя всего метров 500 от лагеря, я сразу встретил двух жирафов. Зебры, многие виды антилоп, слоны, страусы — это не редкость. Посетив еще несколько заповедных мест в провинциях Свободные Территории, КваЗулу-Наталь и Лимпопо, мы достигли границы с Зимбабве.

Здесь я не могу не сказать о нескольких ярких впечатлениях не только как ученого-энтомолога, но и простого обывателя-туриста о ЮАР. Ее население

*Столовая гора — гора с усеченной плоской вершиной. Как правило, она сложена из осадочных горных пород. Склоны такой горы обычно крутые, почти отвесные (прим. ред.).

*Национальный парк Крюгер — старейший национальный парк ЮАР. Расположен на северо-востоке страны и является частью биосферного резервата Крюгер-ту-Кэньонс, образованного в 2001 г. (прим. ред.).



**Столовые горы
в заповеднике Стеркфонтейн
(ЮАР, провинция Свободные Территории).**



**Вырубка леса под плантации гевеи
(Малави).**



Озеро Ньяса (Малави).



Быт семьи в Мозамбике.

делится на черное и белое. Черное представляет в основном потомков зулусских и бушменских племен, издревле населявших территории Южной Африки. Зулусы стройны, высоки, худощавы, бушмены — прямая противоположность. Белых тоже можно условно разделить на две категории — англосаксы и буры (потомки голландских и немецких переселенцев). Отсюда и два государственных языка: английский и африкаанс (староголландский). К примеру, в «бурской» провинции Лимпопо мы не могли объяснить на английском. Кстати, уклад и прелесть колониальной жизни здесь вовсе не забыты. А замечательный климат, вулканические почвы, интересные сорта винограда способствуют изобилию высококачественных и недорогих вин.

ЗИМБАБВЕ, ИЛИ «НАСТОЯЩАЯ АФРИКА»

10 апреля 2011г. мы пересекли Лимпопо и очутились на территории Зимбабве (старое название — Южная Родезия). Именно здесь начинается «настоящая Африка». Грязь, жуткие условия и т.д. — это вовсе не выдумки... Местные дороги относительно неплохие, но природа довольно сильно пострадала от разрушительной деятельности человека. Обширные поля, присутствует эрозия почв, леса почти тотально вырублены, кроме горных районов на границе с Мозамбиком. В этот же день мы достигли Хараре*. Здесь к нам присоединился наш коллега и товарищ

— немецкий энтомолог-любитель Юрген Ленц. Художник, хозяин нескольких галерей африканской скульптуры в Европе и Британии, сейчас Ленц занимается изучением обширной группы бабочек-пядениц — он нашел в дебрях Африки множество неизвестных науке видов.

Следующие несколько дней мы провели в саваннах и миомбо (редкостойные леса, представленные большим числом видов деревьев; сухие саванные леса) Зимбабве. Наши научные заметки и наблюдения были объемны, поэтому по приезде мы решили подготовить несколько публикаций о фауне Зимбабве. Так, прекрасные впечатления оставил горный массив Бвумбе на границе с Мозамбиком, где мы остановились. Горные дождевые леса поражали здесь великолепием: переплетения лиан, исполинские деревья, масса интереснейших насекомых...

МОЗАМБИК

Далее мы отправились в Мозамбик: невероятная жара (ночью 34–36°C при стопроцентной влажности!) в долине Замбези; очень нездоровый климат; население ожесточено нищетой и длительной Гражданской войной, полыхавшей в Мозамбике почти 20 лет. Полное отсутствие автомобилей на дорогах — и почти сплошная заселенность земель! Здешняя природа уничтожена почти полностью — все население занято в сельском хозяйстве, территория тотально распахана под кассаву (маниок съедобный, тропическое растение) и маис (сахарную кукурузу).

*Хараре — столица Зимбабве и административный центр одноименной провинции (прим. ред.).



Карта маршрута нашей экспедиции.

Перенаселение ужасает — мы ехали около 400 км по сплошной деревне, хотя на карте никакие населенные пункты не обозначены. Заметна разница между бывшими колониями Соединенного Королевства и Португалии. Англичане создавали довольно хорошую инфраструктуру, насаждали примат порядка и закона; португальцы же выдавливали все ценное из своих колоний, процветала и работорговля — оттого и положение Анголы и Мозамбика одно из самых ужасных в Африке.

НА ОЗЕРЕ НЬЯСА В МАЛАВИ

После этого мы пересекли границу с Малави: тут опять появились дороги, асфальт и т.п. Снова виднелся лес, хоть и весьма сильно порубленный. В Малави, как говорилось выше, нашей целью было исследование берегов озера Ньяса — огромного резервуара пресной воды, входящего в цепь Великих Африканских озер (сюда входят, в частности, имеющие сток в Белый Нил озера Виктория, Альберт, Эдуард и др.). Ньяса — уникальный природный комплекс, обитель огромного числа редчайших и эндемичных (обитающих только в Ньясе) видов рыб. По нашему мнению, интересные виды насекомых могли встретиться еще и в прибрежных джунглях. Поэтому мы поселились на южной оконечности озера. Местность вокруг была действительно великолепна — мне с коллегами удалось найти здесь несколько редчайших и новых для науки видов насекомых. После замечательных дней, проведенных в национальном парке «Uzuzu Hill», мы работали еще в нескольких заповедниках Малави. В одном из них — «Mwabvi Wildlife Reserve» — мне

посчастливилось увидеть небольшую группу бегемотов, мирно плескавшихся в озере.

В малавийском городке Мзузу, известном своим крайне нездоровым климатом, мы познакомились с англичанином Рэйем Мёрфи, который уже более 40 лет живет в Малави. Он со страстью исследует природу своей второй родины: к настоящему времени ему удалось открыть массу новых видов насекомых, он с интересом изучает птиц и растения. Натуралист широкого профиля, большой энтузиаст, он, несмотря на свой уже совсем немолодой возраст (в этом году Рэю исполняется 80 лет) совершает путешествия по самым удаленным уголкам Малави. Мёрфи находится в творческом союзе и постоянном общении со многими специалистами-зоологами всего мира, в том числе и с российскими. Кстати, сейчас мы с коллегами готовим цикл научных статей по фауне бабочек Малави в соавторстве с ним. Недавно в журнале «Zootaxa» была опубликована наша совместная с Мёрфи статья о бабочках-древоточцах Малави, где описаны два новых для науки вида. С большим сожалением мы констатируем следующее: леса в Малави нещадно вырубают под поля, плантации гевеи* и чая. Отметим, малавийский чай, практически неизвестный в нашей стране, действительно высокосортный и весьма оригинален по своим вкусовым качествам.

Замечу, ситуация с природопользованием в большинстве стран Африки катастрофическая. Подавляющее большинство людей занято в крайне экстенсивных формах сельского хозяйства. Рост населения подобен хаосу.

Однако наше путешествие близилось к финалу. Мы проехали обратно до ЮАР, останавливаясь лишь на ночлег в национальных парках. Итак, общий километраж нашей энтомологической экспедиции составил 8900 км. Мы посетили 4 страны в юго-восточном секторе Африканского континента. По ее итогам подготовили и выпустили около 10 статей по материалам, собранным в ходе поездки и взятым для обработки у специалистов из ЮАР, Зимбабве и Малави. Будем надеяться, что российский экспедиционный отряд, работающий в Африке под руководством бесценного Василия Ковтуновича, сделает еще немало интересных открытий.

*Гевея — род вечнозеленых однодомных деревьев семейства молочайных (прим. ред.).