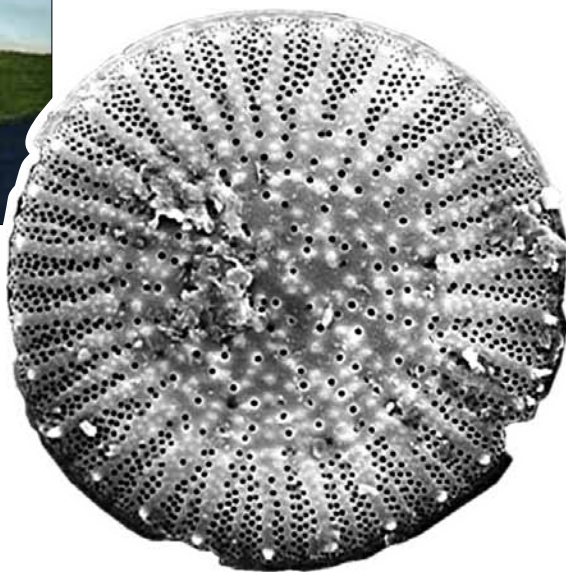




45 Компания «Лиотех», открывшая под Новосибирском первый в нашей стране и крупнейший в мире завод по производству литий-ионных аккумуляторов, шаг за шагом приближает нас к эпохе экологически чистого транспорта, способного оздоровить окружающую среду и повысить качество жизни в мегаполисах.

56 Кремнеземные панцири и створки диатомовых водорослей в благоприятных условиях сохраняются в породах миллионы лет. Эти «свидетели» многое могут рассказать о биологическом разнообразии и даже климате прошлых геологических эпох.



105 Натурализм многих фигур и сцен Беломорских петроглифов, относящихся к наиболее ярким памятникам первобытной культуры на территории Европейской России, дает основание рассматривать наскальные изображения как своего рода «картинки с натуры». Но все же их следует воспринимать как более сложные символы, запечатлевшие представления о мире, его движущих силах и связях.





Вода — поистине эликсир жизни для растений. Недаром даже пустыни расцветают при обилии влаги. Закономерности ее движения в системе «почва–растения–атмосфера» исследуют на факультете почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, где развивается относительно молодая научная дисциплина — экологическая гидрофизика почв. Цель специалистов, работающих в этой области, — научиться минимизировать последствия почвенной засухи для садовых и сельскохозяйственных культур.

Редакция осуществляет продажу отдельных номеров журнала и подписку на него

Адрес редакции: 119049,
Москва, ГСП-1,
Мароковский пер., 26.
Тел./факс: 8-499-238-43-10
www.ras.ru

Издательство «Наука»: 117997,
ГСП-7, Москва, В-485,
Профсоюзная ул., 90

ОАО «Типография «Новости»,
105005, Москва, ул. Ф. Энгельса, 46

Свидетельство о регистрации
№ 014399 от 26.01.1996 г.

Подписано в печать 11.05.2012.
Заказ № 855

© Российская академия наук,
Президиум,
«Наука в России», 2012



СОДЕРЖАНИЕ

ПРОБЛЕМЫ. ПОИСК. РЕШЕНИЯ

Григорьев А., Моруков Б.

«Марс-500»:предварительные итоги4

Синицын А. Портфель будущих инноваций12

Судницын И., Шеин Е. Вода и жизнь растений19

ТЕХНИКА XXI ВЕКА

Пономарев-Степной Н., Кухаркин Н., Гребенник В.

Эффект высоких температур27

ЮБИЛЯРЫ

Каблов Е. ВИАМ: продолжение пути36

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Хализева М. Литий-ионные аккумуляторы из Сибири45

Малыгина М.

Зарубежные ноу-хау в российскую фармацевтику52

Кузьмин М., Хурсевич Г.

Диатомовая летопись Байкала и изменение климата.....56

ВРЕМЕНА И ЛЮДИ

Баландин Р. Александр Герцен: жажда идеала68

Базанова О.

«Чайная столица Российской империи»83

РАЗМЫШЛЕНИЯ НАД КНИГОЙ

Маркин В. Он был соизмерим с эпохой75

ПУТЕШЕСТВИЯ ПО МУЗЕЯМ

Борисова О. Самый «московский» музей93

НАШ ДОМ – ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

Жульников А. Петроглифы Белого моря105

ПАНОРАМА ПЕЧАТИ

Лазеры для проекционного телевидения33

Глобальное потепление: масштабы и последствия.....65

Хлеб – всему голова.....91

Мониторинг лесов102



Проблема получения новых материалов сегодня — одна из ключевых. Без них не может быть решена ни одна из прорывных задач, будь то создание более совершенных компьютеров, межпланетных станций, авиационной техники.

Жаропрочные сплавы с заданными свойствами, керамические композиты, стеклопластики, термопласты, ионно-плазменные покрытия, герметики, клеи для применения в оборонных и гражданских отраслях разрабатываются в ГНЦ Всероссийский институт авиационных материалов, отмечающем в июне 2012 г. свое 80-летие. О его истории и сегодняшнем дне читайте в этом номере журнала.

«МАРС-500»: ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ИТОГИ

Академик Анатолий ГРИГОРЬЕВ,
вице-президент РАН, научный руководитель Института
медико-биологических проблем РАН,
доктор медицинских наук Борис МОРУКОВ,
летчик-космонавт РФ, заместитель директора по науке
того же института

В ноябре 2011 г. в Институте медико-биологических проблем РАН завершился уникальный эксперимент по моделированию полета на Марс: в герметично замкнутом пространстве наземного медико-технического комплекса шестеро испытателей-добровольцев из России, Италии, Франции, Китая провели в полной изоляции 520 суток. Получен огромный массив научных данных — они еще нуждаются в анализе и осмыслении. Этот опыт интересен для подготовки и организации в будущем длительных межпланетных полетов. Эксперимент позволил существенно продвинуться в понимании многих аспектов их медико-биологического обеспечения, однако задача настолько сложна, что требует продолжения целенаправленных исследований.



15 июня 2010 г. – день «отлета от околоземного орбитального комплекса».

ШАГ НА ДЛИННОМ ПУТИ К КРАСНОЙ ПЛАНЕТЕ

Еще ждут своего решения проблемы воздействия всего комплекса факторов дальнего космоса на организм человека, включая микрогравитацию, радиационное облучение, изменения магнитной обстановки как на этапе перелета, так и на поверхности осваиваемых планет*. Полеты за пределами околоземных орбит будут иметь и другие специфические особенности, в том числе автономность, большую продолжительность, длительное пребывание экипажа в условиях социальной изоляции, ограниченного пространства и отрыва от земных условий жизни на фоне высокой степени ответственности за успех миссии в сочетании со значительным риском. Эти особенности диктуют повышенные требования к участникам экспедиций.

Очевидна необходимость объединения опыта наземных исследований и реальных полетов в пилотируемой космонавтике. И использование результатов эксперимента «Марс-500»**, несомненно, может

быть полезным при планировании длительных орбитальных полетов с элементами моделирования межпланетных миссий.

Опыт предшествующих экспериментов, в том числе со 105-суточной изоляцией добровольцев-испытателей в замкнутом пространстве (31 марта – 14 июля 2009 г.), заставил нас пересмотреть требования к участникам «полета на Марс» на всех этапах отбора и подготовки. Личностные качества оценивали не только стандартными тестами, но и по результатам совместной работы в составе группы. При этом на первый план выступили такие характеристики, как толерантность, высокий уровень мотивации, концентрация на поставленных задачах, наличие творческих способностей, умение воспринимать и осваивать новую информацию в различных областях деятельности.

Программа подготовки к 520-суточному эксперименту предусматривала полугодовой период фоновых (контрольных) обследований и обучения добровольцев. Медицинский и психологический отбор кандидатов в испытатели был завершен в феврале 2010 г., а их обучение и тренировки – в мае того же года. Фоновые обследования добровольцев начали в апреле 2010 г. и завершили к июню. Оработку программ научных

*См.: К. Труханов, Н. Кривова. Брать ли на Марс магнитное поле Земли? – Наука в России, 2010, № 3 (прим. ред.).

**См.: А. Григорьев, Б. Моруков. Марс все ближе. — Наука в России, 2011, № 1 (прим. ред.).



Разминка перед тренировкой.



Медицинские укладки – составная часть автономной системы оказания медицинской помощи.

исследований, в том числе с использованием медикотехнического комплекса, провели с октября 2009 г. по май 2010 г. Сам же эксперимент был начат в 14 часов 3 июня 2010 г. и завершён спустя 520 суток – в 14 часов 4 ноября 2011 г.

Интенсивная совместная работа группы кандидатов в участники эксперимента в обстановке конкуренции оказалась полезной для выявления психологических характеристик претендентов и формирования гармоничного экипажа. В его состав вошли инженер Алексей Ситев, хирург Сухроб Камолов, военный врач и физиолог Александр Смолеевский (Россия), представители Европейского космического агентства инженеры Шарль Ромен (Франция) и Диего Урбина (Италия), а также сотрудник Китайского центра подготовки космонавтов Ван Юэ. Национальная и связанная с ней культурная неоднородность экипажа как бы заранее предопределяла дополнительные трудности в его консолидации, однако за почти полтора года совместной деятельности этих очень разных, в том числе и по возрасту (от 25 до 38 лет) людей, разделения по языковому или национальному принципам не произошло. Ровные, дружеские отношения друг к другу и хоро-

ший контакт с группой управления экспериментом сохранялись на протяжении всех 520 суток. Конфликтов, требующих коррекции и вмешательства, также не было.

Испытанием для экипажа, несомненно, стало его разделение на две группы, одна из которых принимала участие в высадке на имитатор марсианской поверхности, а вторая (условно) оставалась на круговой орбите. Эмоционально насыщенная новая работа, повышенное внимание наземных служб ставили участников «марсианского десанта» в предпочтительное положение. Но остававшиеся «на орбите» оказывали поддержку своим товарищам, выполняли увеличенный вдвое объём операций по обслуживанию комплекса. Объединение групп после завершения цикла работ на поверхности планеты прошло дружелюбно, и последующий период эксперимента протекал без значимых психологических проблем.

В ходе «полета» члены экипажа выполняли большую научную программу, контролировали свое физическое и психическое здоровье, а для его поддержания в норме ежедневно не менее часа посвящали занятиям на тренажерах, использовали другие профилактические



Шарль Ромен
на посту управления
межпланетным комплексом.

средства. Они проводили контроль параметров среды обитания (давления, температуры, влажности и т.д.), а также учет потребляемых ресурсов (пищи, воды, расходных материалов, запасных частей, ресурсов систем жизнеобеспечения). Регулярно проводили профилактические регламентные и ремонтные работы по поддержанию нормального функционирования систем модулей, санитарно-гигиенические мероприятия, в том числе на основе результатов токсикологического и микробиологического контроля.

1 сентября 2010 г., т.е. спустя три месяца после начала «полета» к Красной планете, к экипажу перешли функции мониторинга параметров среды обитания и выдачи команд на управление системами комплекса.

Мы учитывали, что межпланетный полет с удалением космического корабля на многие десятки миллионов километров от Земли будет предполагать и ограничения оперативного получения информации из-за задержки прохождения электронного сигнала, что затруднит коммуникацию с центром управления. Поэтому голосовая (телефонная) связь функционировала по расписанию: 1–50 и 470–520 сут эксперимента без временной задержки. А с 51-х суток и далее использование такого вида связи допускалось исключительно по решению командира или врача экипажа и лишь для проведения экстренных консультаций с наземными службами в случае возникновения угрозы здоровью (жизни) испытателей. Основной вид коммуникации представлял собой передачу информации в электронном виде (текстовых или видеофайлов) два раза в сутки: с 10.00 до 12.00 и с 16.00 до 18.00. Вся личная переписка осуществлялась также в электронном виде, вне модуля доступ к ней имел только системный администратор из группы сопровождения эксперимента.

КОНТРОЛЬ ЗА СОСТОЯНИЕМ ЗДОРОВЬЯ

Длительный межпланетный полет с его экстремальными факторами воздействия на организм человека потребует немалых усилий для поддержания здоровья и работоспособности участников миссии*, поэтому совершенствование систем соответствующего мониторинга и оказания медицинской помощи являлось одной из важнейших задач проекта «Марс-500». Врачи, входившие в состав экипажа, располагали специально разработанным автономным медицинским центром (в него входили укладки с медикаментами, инструментарием, средства диагностики и др.). Уделялось внимание и методам дистанционного контроля, в том числе с помощью телемедицины.

Ежедневно на каждого из испытателей заполняли специальную анкету, в которой фиксировали субъективную оценку состояния его здоровья, дважды в сутки измеряли основные показатели жизнедеятельности (давление, частота пульса, температура тела, вес). Помимо этого ежемесячно вели расширенный контроль, включавший углубленную оценку деятельности сердечно-сосудистой системы (снятие электрокардиограмм в покое и при нагрузке, холтеровское мониторирование, с помощью которого осуществляется суточное наблюдение за работой сердца, мониторинг артериального давления), лабораторные исследования крови и мочи, индивидуальные медицинские и психологические консультации. А раз в полгода проводили экспертные обследования: кроме перечисленных показателей оценивали состояние органов зрения, слуха, ротовой полости, кожных покровов, а с помощью ультразвукового метода — состояние внутренних органов.

*См.: О. Газенко, А. Григорьев, А. Егоров. Космическая медицина: вчера, сегодня, завтра. — Наука в России, 2006, № 3, 4 (прим. ред.).



**Запись
электроэнцефалограммы
до и после
физической нагрузки.**

Санитарно-гигиеническое обеспечение в эксперименте «Марс-500» включало прежде всего поддержание чистоты тела, для чего в жилом модуле был установлен душ. Постельное белье меняли один раз в семь суток, а нижнее белье — раз в трое суток. Экипаж ежедневно проводил уборку помещений комплекса с использованием пылесоса, дезинфицирующих растворов для поддержания уровня микробной обсемененности не выше допустимых значений.

В эксперименте использовали две системы водоснабжения: одна — для питья и приготовления пищи, другая — для санитарно-гигиенических нужд. Качество питьевой воды контролировали по стандарту среды обитания в пилотируемом космическом аппарате.

Что касается рационов, то по содержанию пищевых веществ они соответствовали принятым физиологическим нормам для контингента, чья профессиональная деятельность по энерготратам относится к категории средней тяжести. Для питания испытуемых были скомплектованы три варианта рационов. Первый — на время «полета» к Марсу (1–250 сут), при этом использовали продукты 111 наименований, в том числе 56 — замороженных полуфабрикатов готовых блюд, изготовленных девятью европейскими и одной российской фирмами. Экипаж на этом этапе был обязан строго следовать меню. Второй вариант (251–270 сут) — при имитации высадки трех членов экипажа на поверхность планеты — состоял из продуктов, готовых к употреблению без подогрева, но предусматривал возможность использования горячих первых блюд и напитков (все они соответствовали продуктам питания экипажей космического транспортного корабля «Союз»). Третий вариант: трое испытуемых, не «спускавшихся» на поверх-

ность Марса, использовали его с 251 по 520 сут, а участвовавшие в высадке — во время полета к Земле (271–520 сут). В этот рацион включили 131 наименование продуктов, произведенных, в основном, российскими фирмами, в него входили также итальянские, корейские и китайские национальные блюда. Конечно, был составлен рекомендуемый вариант меню, но при этом экипажу предоставили возможность замены отдельных компонентов по желанию. Пищу готовили с применением СВЧ-печей и горячей воды.

«МАРСИАНСКИЙ ДЕСАНТ»

В ходе эксперимента моделировали динамические операции по взлету, посадке на Марс и стыковке с межпланетным космическим комплексом, три выхода (14, 18 и 22 февраля 2011 г.) двух испытуемых в скафандрах «Орлан-Э» на «поверхность планеты», дистанционное исследование с использованием робототехнических средств и виртуальных изображений. Имитировались также астрофизические наблюдения. Член экипажа Александр Смолеевский участвовал во всех трех выходах из модуля, Диего Урбина — в первом и третьем, их коллега Ван Юэ — во втором.

Все три выхода были проведены успешно с полным выполнением запланированных типовых задач — сбора образцов грунта с применением специальных инструментов, работы с астрофизическими приборами. Изучение «марсианской поверхности» осуществляли и дистанционно с помощью робототехнического средства «Гулливер», управляемого членами экипажа с компьютера в посадочном модуле. При этом моделировались установка, а позднее — сбор имитаторов датчиков для измерения параметров окружающей среды, сбор образцов грунта при движении по установленно-

Ван Юэ учит Шарля Ромена
писать иероглифы.

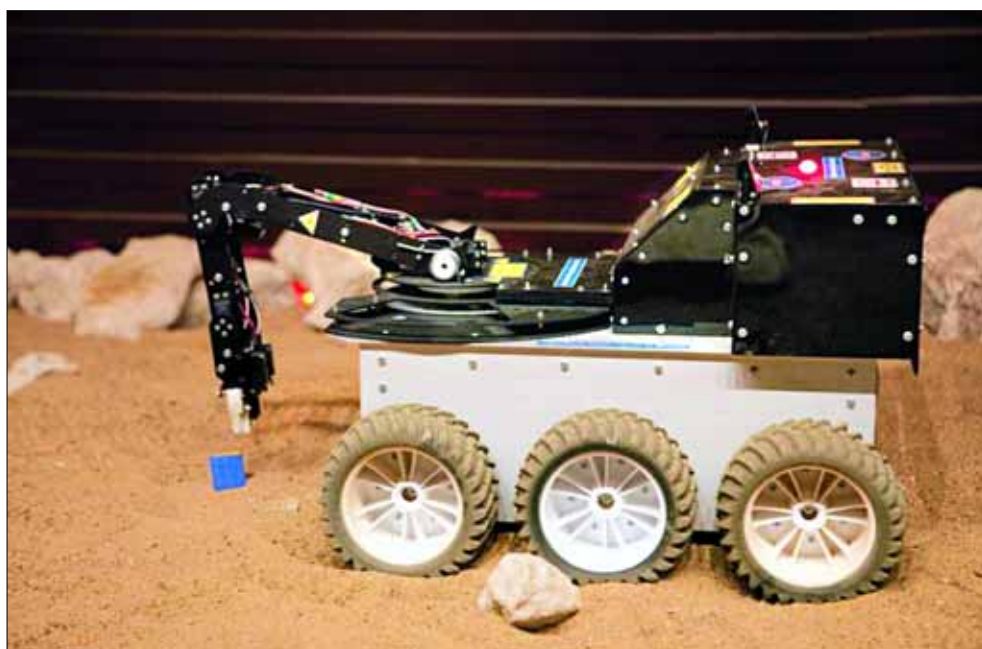


В оранжерее.

му маршруту. Были также проведены эксперименты с использованием технологий виртуальной (искусственной, но по ощущениям приближенной к действительной) реальности и компьютерного моделирования управлением транспортными средствами. В ходе этих тренировок подтверждена возможность высокодетального реалистичного моделирования профессиональной деятельности с глубоким погружением в созданную информационную среду, что обеспечивает быструю выработку и поддержание навыков у операторов-профессионалов.

НЕШТАТНЫЕ СИТУАЦИИ

1–2 декабря 2010 г. была смоделирована нештатная ситуация общей длительностью 22 ч 48 мин, имитирующая короткое замыкание и последующее возгорание центрального распределительного щита, обеспечивающего электроэнергией весь медико-технический комплекс. (Действия дежурной бригады во время локализации «пожара» оценивали представители Министерства РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.) Системы жизнеобеспечения не работали в течение



Робототехническое средство «Гулливвер» – макет дистанционно управляемого марсианского исследовательского подвижного модуля.



Работа в скафандре на имитаторе марсианской поверхности.

ние 19 ч 08 мин, тем не менее параметры среды обитания остались в допустимых пределах и не повлияли на самочувствие и работоспособность испытуемых.

Надо отметить, экипаж воспринял эти события как реальную аварию, действовал в соответствии с инструкцией, проявляя хладнокровие и выдержку, и показал хорошую моральную подготовку, способность активно действовать в стрессовой ситуации. Лишь 2 декабря 2010 г. по завершении нештатной ситуации участники эксперимента были проинформированы, что она моделировалась.

А с 18 по 25 апреля 2011 г. была полностью прекращена связь, т.е. коммуникационный обмен информа-

цией (радиограммы, видеофайлы, блоки новостей о происходящем в стране и в мире) между экипажем и наземным центром управления. Отключили и систему телемедицины. Подключенным оставался сервер компьютерной сети, благодаря чему обеспечивалась передача данных ежедневного медицинского контроля и результатов выполняемых экспериментов. В целях безопасности аварийную связь между наземным пунктом управления и экипажем не отключали, постоянно осуществляли и телевизионное наблюдение. На период нештатной ситуации экипаж освободили от функций управления системами жизнеобеспечения, передав контроль за ними наземным службам —

4 ноября 2011 г. Эксперимент завершен.

дежурным бригадам. Правда, участникам эксперимента предоставили право корректировать температуру и влажность в объекте по своему усмотрению в заданных пределах.

Было показано: относительно короткая ситуация (7 сут), характеризующаяся временным прекращением связи между кораблем и наземным центром управления, нахождение экипажа в условиях «высокой автономности» существенно не повлияли на выполнение «полетной» программы. При этом организация труда испытателей несколько улучшилась за счет большей инициативности и самостоятельности. Но сразу после восстановления связи уровень информационного обмена снизился по сравнению с отмечавшимся до ее обрыва. Это можно рассматривать как процесс адаптации сенсорных систем организма к обедненной информационной среде.

ЗАВЕРШЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

В соответствии с программой люк медико-технического комплекса открыли 4 ноября 2011 г., т.е. впервые за почти полтора года реализации проекта.

Работы по обследованию состояния здоровья экипажа и завершению научных исследований были проведены с 4 по 25 ноября 2011 г. Все шестеро испытателей-добровольцев решением врачебно-экспертной комиссии Института медико-биологических проблем РАН, а также специалистами Центральной клинической больницы РАН и Российского научно-исследовательского кардиологического центра признаны здоровыми.

Подводя итоги, следует отметить: эксперимент с 520-суточным пребыванием изолированной группы людей в условиях замкнутого пространства в целях моделирования особенностей межпланетного полета успешно выполнен. Экипаж сохранился как единое целое, все его члены проявили профессионализм, высокий уровень мотивации, сохранили здоровье и работоспособность. Успешно выполнена насыщенная программа научных исследований, проведена апробация перспективных средств профилактики, диагностики и оказания медицинской помощи. Разработана информационная система, позволившая обеспечить жизнедеятельность экипажа, передачу научной, медицинской и персональной информации, а также освоение новых, неизвестных ранее операций. Система психологической поддержки оказалась эффективной, причем испыталы сами приняли активное участие в ее организации и совершенствовании. Впервые были смоделированы элементы деятельности «десанта» на поверхности осваиваемой планеты. Проведены испытания систем жизнеобеспечения, показана эффективность их работы в сроки, приближенные к продолжительности межпланетных экспедиций.

Предварительный анализ полученных научных результатов свидетельствует: пребывание в условиях искусственной среды обитания приводит к изменению



фенотипических характеристик рецепторов системы врожденного иммунитета, распознающих чужеродные антигены. При этом формируются новые функциональные взаимодействия между микробным сообществом и окружающей средой, что может быть причиной изменения воздействия микроорганизмов на человека, пребывающего в этих условиях. В ходе имитируемой экспедиции апробирована комплексная система медицинского контроля и оказания медицинской помощи, включающая перспективные методы мониторинга функциональных возможностей организма во время работы на поверхности осваиваемых планет.

Результаты этого длительного эксперимента подробно обсуждены в ходе Международного симпозиума, проведенного под эгидой Федерального космического агентства, Российской академии наук, Института медико-биологических проблем РАН в апреле 2012 г. Итоги проекта «Марс-500» не только послужат исходными данными при разработке системы медико-технического обеспечения межпланетных экспедиций, но и будут способствовать постановке новых научных задач, которые станут предметом дальнейших исследований.

Иллюстрации предоставлены авторами

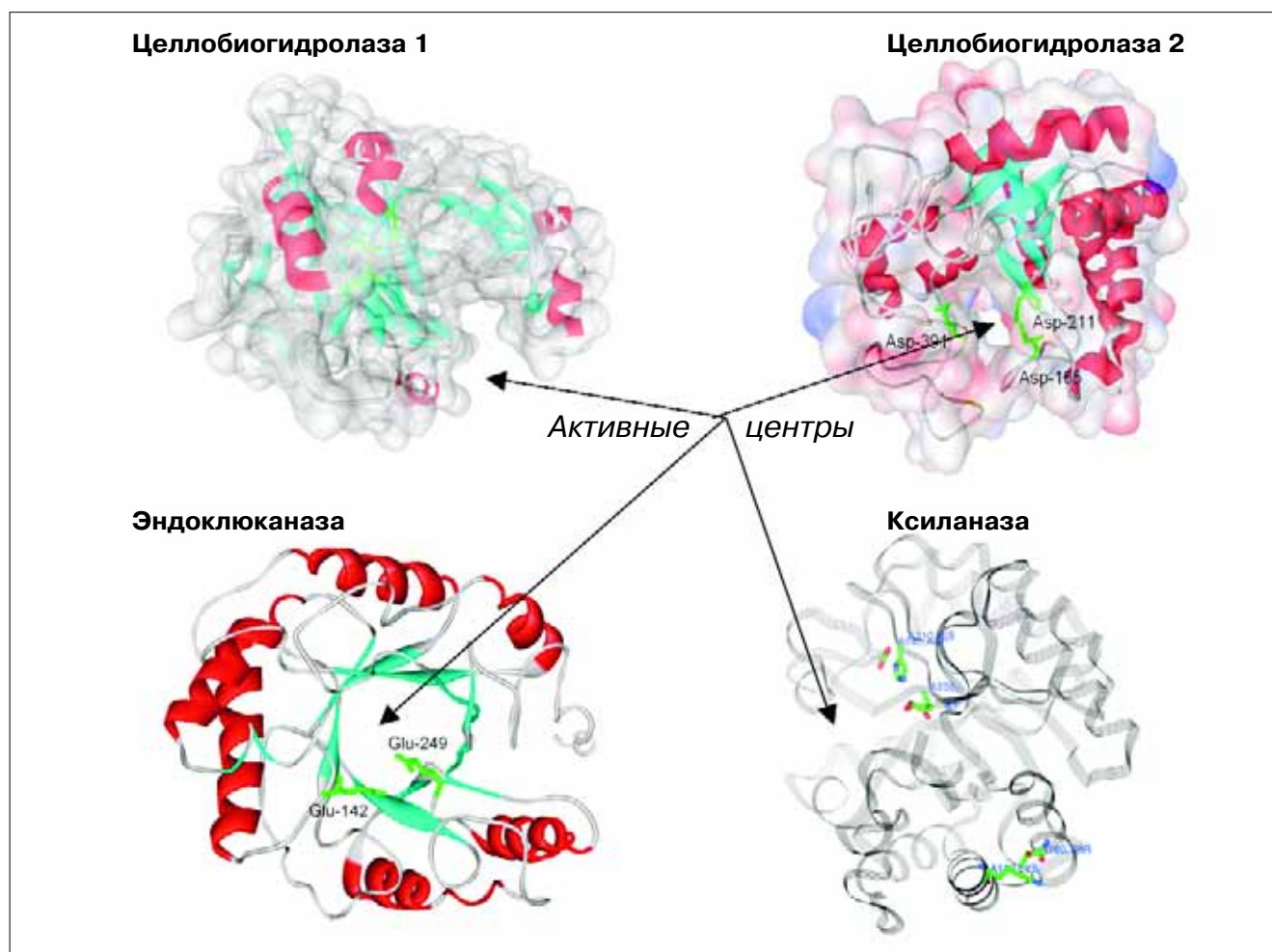
ПОРТФЕЛЬ БУДУЩИХ ИННОВАЦИЙ

Доктор химических наук Аркадий СИНИЦЫН,
заведующий лабораторией физико-химической
трансформации полимеров химического факультета
МГУ им. М.В. Ломоносова
и лабораторией биотехнологии ферментов
Института биохимии им. А.Н. Баха РАН

Невозможно представить современный мир без продукции биотехнологии и очевидно, что развитие этого научного направления в нашей стране, создание соответствующей производственной базы — важные условия конкурентоспособности российских товаров на внутреннем и международном рынках. Однако пока немногие перспективные разработки отечественных специалистов востребованы практикой. О некоторых оснаждающих начинаниях нашему корреспонденту Евгении Сидоровой рассказал доктор химических наук Аркадий Синицын.

— Аркадий Пантелеймонович, вы с коллегами занимаетесь поиском новых эффективных ферментов (или энзимов), применяемых в качестве катализаторов химических реакций во многих хозяйственных отраслях. Научные публикации ваших аспирантов и сотрудников свидетельствуют о наращивании иннова-

ционного потенциала лабораторий. Расскажите, пожалуйста, как вам удастся с завидным постоянством расширять список ваших разработок, несмотря на то, что в последнее десятилетие изменились и условия финансирования исследований, и ритм их проведения?



Трехмерные структуры ферментов, используемых для деструкции целлюлозы и гемицеллюлоз.

— Прежде всего отмечу уникальность нашего коллектива, включающего не только специалистов руководимых мною лабораторий, но и коллег из Института биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрябина РАН (г. Пущино) и Научно-исследовательского института пищевой биотехнологии РАСХН. Формально нас объединяет Центр коллективного пользования, созданный в 2006 г. на базе Института биохимии им. А.Н. Баха РАН и оснащенный необходимой техникой для микробного синтеза и исследований ферментов. Но каждая группа отвечает за свою часть научных разработок. Например, коллеги из Пущино — за мутагенез* и оптимизацию ферментационных процессов, Институт биохимии — за генную инженерию, наша университетская лаборатория — за энзимологию, а все вместе ищем пути для практического применения ферментов на производстве.

Есть два пути изменения свойств и продуктивности микроорганизмов: классический — мутагенез, вызванный химическим либо радиационным воздействием, и генная инженерия. В первом направлении

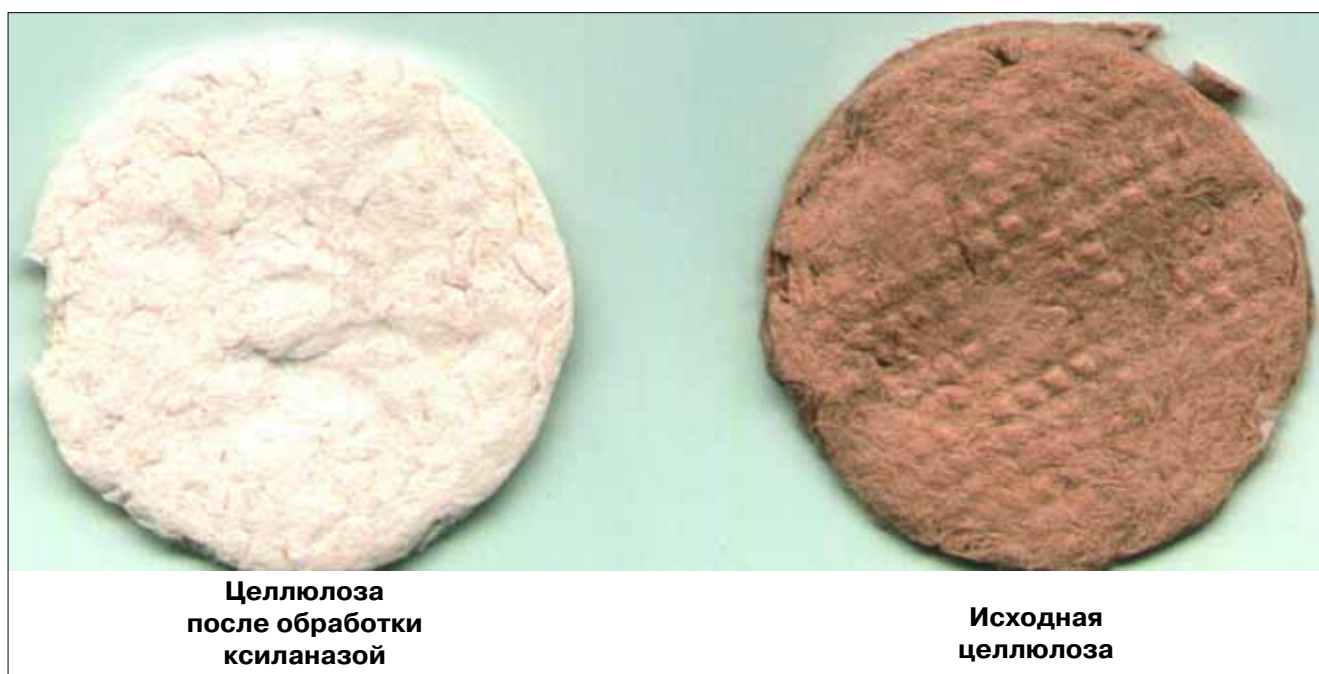
*Мутагенез — внесение изменений (мутаций) в нуклеотидную последовательность ДНК (прим. ред.).

мы сейчас работаем со специалистами Национального исследовательского центра «Курчатовский институт». Однако трудно предсказать, как на тот или иной объект повлияет радиация. После облучения приходится анализировать активность сотен и тысяч клонов*, прежде чем удастся выбрать из них высокоактивный мутантный штамм. А генная инженерия обеспечивает кратчайший путь.

В данном случае мы готовим штамм микроорганизма-хозяина, которому затем будут приданы желаемые свойства, а также векторную систему для клонирования генов — молекулу ДНК, выступающую в роли носителя некой наследственной информации. Одновременно у другого микроорганизма, специально подобранного для конкретной цели (например, речь идет о получении целлюлазы**), находим ген, отвечающий за выработку интересующего нас фермента, клонируем и осуществляем его экспрессию в упомянутом «хозяине» (при этом у последнего проявляется специфич-

*Клон — искусственно созданный организм, генетически идентичный исходному (прим. ред.).

**Целлюлазы — ферменты гликозил-гидролазы, расщепляющие целлюлозу до олигосахаридов и глюкозы (прим. авт.).



**Применение полученного в результате селекционной работы фермента
для отбеливания целлюлозы.**

ческий признак). Есть также методы и для того, чтобы заставить заговорить «молчаливые» гены, уже имеющиеся у хозяина. В обоих случаях получаются стабильные продуценты искомым ферментов.

Микроорганизм-хозяин устроен таким образом, что он может секретировать много белка. Таковы, например, подобранные нами штаммы мицелиальных грибов из рода *Penicillium*: они исключительно активны, а продуцируемые ими целлюлолитические ферменты в единицу времени перерабатывают больше целлюлозы, чем известные аналоги.

— *За рубежом используют другие продуценты целлюлолитических ферментов?*

Зарубежные компании в тех же целях применяют штаммы гифомицетов (несовершенных грибов) из рода *Trichoderma* и высших плесневых грибов из рода *Aspergillus*. А мы, найдя своих «чемпионов» в ходе работы по проекту Министерства образования и науки РФ 2005–2006 гг.*, запатентовали это открытие и продолжаем заниматься пенициллами, совершенствуя их возможности для прикладных задач.

Конечно, сегодня научный поиск ведется в условиях дефицита времени. Но мы способны выдержать этот ритм, так как располагаем многолетним банком данных о различных штаммах микроорганизмов, а также о свойствах их ферментов. Для его пополнения всякий раз, когда коллеги находят или получают новый активный микроорганизм-продуцент, мы занимаемся фундаментальными исследованиями: выделяем из культуральной жидкости все секретируемые им ферменты, смотрим, в каких количествах они вы-

работаны, изучаем их природу, специфичность, механизм действия, структуру, думаем, для чего их можно применить.

— *В какой мере результаты ваших исследований востребованы практикой?*

— Сейчас в нашем «портфеле» 50 разработок. Практическое применение нашли пока единицы. Причины тому разные — порой недостаточная активность штаммов, не позволяющая им конкурировать с аналогами, существующими на мировом рынке, но в большинстве случаев — отсутствие партнеров в лице отечественных биохимических предприятий. Ферментный завод в России сейчас, по существу, только один — Производственное объединение «Сиббиофарм» в г. Бердск Новосибирской области.

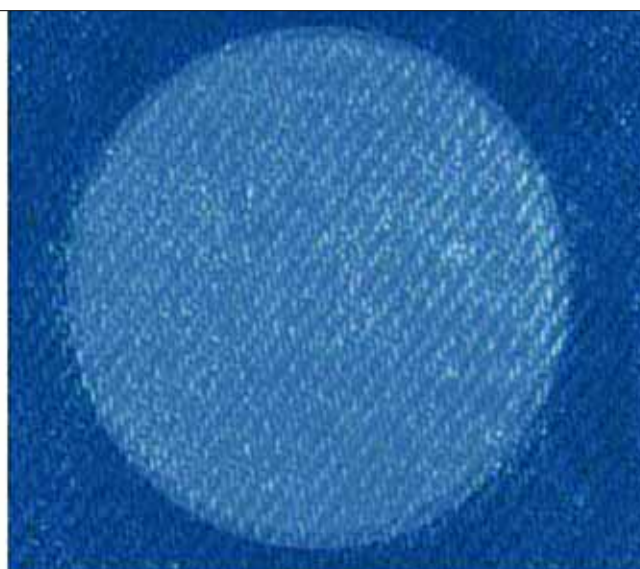
Между тем, когда получен микроорганизм, чьи свойства отвечают поставленным требованиям, его надо вырастить ради вырабатываемого им фермента. И оптимизацией этого процесса на лабораторном уровне занимаются, как я уже говорил, наши коллеги из Института биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрыбина РАН и Института пищевой биотехнологии РАСХН. Им следует выполнить ряд условий: продуцент должен быть высокоактивным, давать десятки граммов фермента на литр культуральной жидкости, причем важны и оптимальные условия его культивации — например, дешевые компоненты среды, содержащей углерод, азот, фосфор.

По истечении времени, установленного для образования достаточного количества биомассы микроорганизма и завершения синтеза ферментов, культуральную жидкость, содержащую внеклеточные энзи-

*См.: А. Силицын. Универсальные ферменты. — Наука в России, 2007, № 4 (прим. ред.).



Исходная ткань

Ткань, обработанная
эндоглюканазой 3 пенициллов

Отбеливание джинсовой ткани с помощью специально селекционированного фермента-тополистика (миниатюрный тест) .

мы, извлекают из ферментера, отделяют от прочих компонентов, очищают, скажем, с помощью ультра-фильтрации и подбирают стабилизаторы во избежание «атаки» различной микрофлоры при продолжительном хранении. Так получают конечный продукт — ферментные препараты. При высокой продуктивности культивируемого микроорганизма можно подойти к их промышленному производству в жидкой, сухой или гранулированной форме.

— *Реально ли в настоящее время полноценно загрузить производственные мощности ферментного завода, используя потенциал исключительно отечественных разработок?*

— Если объединение «Сиббиофарм» производит всего несколько ферментных препаратов, традиционных еще для индустрии СССР (целлюлаза, пектиназа, протеаза, амилаза), то сегодня мы могли бы предложить намного больше наименований, причем ферментов дешевых и потребляемых в значительном количестве (например, при получении биотоплива). Однако заметим: для реализации таких продуктов сейчас важно не только их качество, но и умение продавать, ибо российский рынок заполнен зарубежными аналогами.

— *Намечен ли путь для преодоления этого кризиса в программе возрождения биотехнологической отрасли «БиоТех-2030»?*

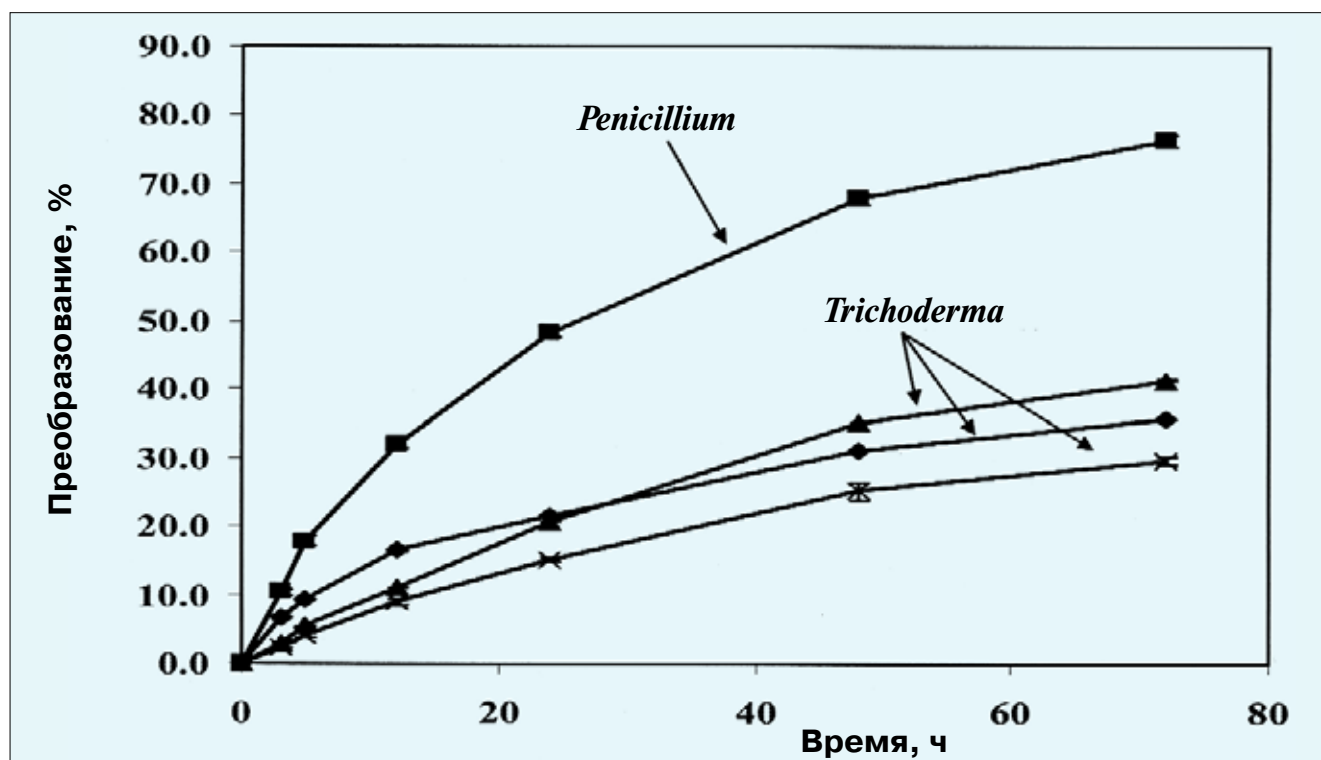
— Технологическая платформа «Биоиндустрия и биоресурсы — БиоТех2030*», сопредседателями которой являются заведующий кафедрой биоинженерии биологического факультета МГУ, академик Михаил Кирпичников и генеральный директор ОАО «РТ-Биотехпром» (входящего в состав госкорпорации «Ростехнологии») Петр Каныгин, прежде всего консоли-

дирует отечественных биотехнологов, продолжающих работать в России. В числе «прародителей» этой программы — и директор Института биохимии им. А.Н. Баха, член-корреспондент РАН Владимир Попов. Авторы документа наметили фундаментальные и практические направления развития отрасли. А финансирование конкретных шагов должно прийти от государства и бизнеса.

Примечательно, что создание в 2009 г. компании «РТ-Биотехпром» связано с «реинкарнацией» идеи организовать в России получение биотоплива из возобновляемого углеводного сырья (древесины, однолетних растений), впервые возникшей на государственном уровне в начале 1980-х годов.

Тут уместен небольшой экскурс в историю. Волны интереса к замещению нефти возобновляемым сырьем всегда коррелируют с колебаниями цен на черное золото. На моей памяти было три подобных «всплеска» (на заре 1970-х, в 1980-х и с конца первого десятилетия 2000-х годов по настоящее время). Начало моей научной работы на кафедре химической энзимологии химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова под руководством доктора химических наук (ныне профессора Гарвардского университета) Анатолия Клесова пришлось на 1980-е годы. Но тогда наш коллектив стал заниматься новой темой не потому, что нас заинтересовала прикладная часть, — увлекала научная сторона проблемы. Обычно в энзимологии используют растворимый, низкомолекулярный субстрат, а тут мы столкнулись с полимерными, да еще нерастворимыми (целлюлоза, гемицеллюлоза и другие полисахариды). И поскольку большую роль

*См.: А. Яненко. Перспективы отечественной биоиндустрии. — Наука в России, 2011, № 5 (прим. ред.).



График, характеризующий процесс разложения целлюлозы ферментами пенициллов и триходермы.

в поведении ферментов играют процессы их адсорбции, в этом нужно было досконально разобраться. К тому же выяснилось: одному энзиму не под силу осуществить глубокую деструкцию полисахаридов — требуется согласованное действие комплекса разных веществ данной группы. Отдельная задача — разрушение лигнина, увеличение реакционной способности природного целлюлозосодержащего сырья посредством его предобработки. Словом, здесь очень интересная «научная кухня».

— Накопленный в те годы опыт, вероятно, актуален и сегодня: ведь цены на нефть все время растут?

— Это так. В середине первого десятилетия 2000-х годов, на фоне новой «волны» подорожания нефти, начали строить заводы для переработки возобновляемого растительного сырья в США, вложив в исследования довольно большие деньги. Примерно в то же время один из ведущих сотрудников ГосНИИсинтезбелок, доктор биологических наук Евгений Давидов, организовавший в свое время строительство заводов по получению белка из парафинов, убедил руководство страны использовать на простаивающих биохимических предприятиях (например, на гидролизных заводах) растительное сырье для производства новых полезных продуктов, что экономически достаточно выгодно. Он ознакомил чиновников с идеей биоконверсии, и в 2007 г. представители госкорпорации «Ростехнологии» обратились к нам с предложением разработать ферментные комплексы для получения биотоплива и других продуктов из древесины.

Мы решили взяться за поставленную задачу и включились в работу по комплексному проекту, стартовавшему в 2011 г. Ведет его ОАО «РТ-Биотехпром», а финансируется он частично государством, частично из внебюджетных источников, т.е. из собственных средств «РТ-Биотехпрома». Конечная цель — построить на базе бывшего гидролизного завода по производству бутанола в г. Тулун Иркутской области пилотное предприятие ОАО «Восточно-Сибирский комбинат биотехнологий» для получения из древесины спиртов и сахаров с помощью биотехнологических методов.

Предварительно мы попросили наших партнеров представить субстрат, с которым предстоит работать. Дело в том, что в концепции так называемой биофабрики (термин, широко употребляемый в Европе и означающий замену углеводов на углеводы) есть один узкий момент: с точки зрения ферментативного получения сахаров растительное сырье обладает низкой реакционной способностью. Если бы это было не так, микрофлора буквально «поела» бы все леса. Следовательно, как я отмечал, нужна предобработка исходного растительного материала — измельчение с целью разрушения кристаллической структуры, воздействие кислотой или щелочью. Методы известны давно, но их надо довести до технологии. И корпорация «Ростехнологии» и ГосНИИсинтезбелок возложили эту заботу на себя.

Ну а дальше с помощью ферментативного гидролиза можно из полисахаридов растений получить первичные «кирпичики» — глюкозу, из нее — путем сбрасывания



**Коллектив лаборатории физико-химической трансформации полимеров
химического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова.**

живания — этанол (реакция катализируется дрожжами) или бутанол (для этого применяют анаэробные бактерии из рода *Clostridium*).

— *То есть бутанол можно использовать в качестве биотоплива?*

— Конечно, ведь он лучше этанола по физико-химическим характеристикам: не смешивается с водой, при сгорании выделяется больше энергии. Однако производить его технически гораздо сложнее, чем этиловый спирт, а потому без государственных дотаций невыгодно. Дело в том, что упомянутые клостридии при определенной концентрации образовавшегося с их помощью бутанола сами отравляются этим веществом, и процесс приостанавливается. Тем не менее специалисты придумали, как его оптимизировать, сделать непрерывным, и в СССР работали четыре завода по производству бутилового спирта из кукурузных початков. Полученный продукт применяли для нужд химической промышленности — например, как сырье при синтезе полимеров. На комбинате в Тулуне основным сырьем станут древесные опилки, подвергнутые измельчению и кислотному гидролизу. Кстати, для биохимического предприятия не важно качество леса — годится и зараженный фитопатогенами, что чрезвычайно выгодно.

— *В рамках этого нового проекта вы продолжаете работу с микроорганизмами-продуцентами целлюлоли-*

тических ферментов из вашего банка данных или подбираете новые штаммы?

— Мы продолжаем совершенствовать запатентованные нами ранее штаммы пенициллов, изучать ферментные комплексы, ими продуцируемые. И благодаря последним исследованиям начали понимать, почему ферменты этих микроорганизмов эффективнее энзимов, вырабатываемых триходермами, с которыми традиционно работают такие международные компании, как Джененкор и Даниско (ныне вошедшая в состав американского химического концерна Дюпон). Тут мы можем конкурировать с их специалистами, среди которых, кстати, есть и выпускники МГУ, в том числе воспитанники нашей лаборатории. Но и мы, и они не намерены останавливаться на достигнутом.

— *Какими еще темами, помимо упомянутой, занимается ваш коллектив, наращивая «портфель будущих инноваций»?*

— Мы участвуем в ряде небольших проектов. В России сегодня есть по крайней мере три отрасли, где востребованы достижения биотехнологии — целлюлозно-бумажная, пищевая и производство корма для животноводческих хозяйств. Ферменты применяют, например, для отбеливания бумаги и в начале технологической цепочки — на стадии «ропуска» целлюлозы. Причем условия среды тут очень жесткие: вы-

сокая температура, щелочные рН растворов, вводимые ферменты должны обладать экстремальными свойствами, чтобы не утратить своих качеств. Работа по их адаптации не проста. Разумеется, внедрение биотехнологических подходов изменит «лицо» производства, но вначале нужно вписаться в сложившийся здесь процесс. В этом направлении мы работаем с одним из лидеров отечественной целлюлозно-бумажной промышленности — Группой компаний «Илим» (Санкт-Петербург).

Одна из задач, которые ставят перед нами заказчики, — модифицировать целлюлозу ферментами так, чтобы ее физико-химические свойства (длина волокна, прочность, степень полимеризации) соответствовали определенным стандартам. Скажем, сейчас вошла в моду наноцеллюлоза.

— Что представляет собой наноцеллюлоза?

— Микрористаллическую целлюлозу знают все — ее добавляют в пищу (в мороженое, например), но на самом деле никаких кристаллов тут нет, это маленькие кусочки волокна, размером 10 микрон и выше. Наноцеллюлоза также представляет собой однородные иголки, чье острие не шире 10–20 нм, а длина достигает 1000 нм и более. По сути дела мы имеем объект коллоидной химии. Данный материал хорош тем, что сформированный из него лист бумаги, при неизменной прочности, будет прозрачным, а если добавить его к обычной бумаге, качество последней намного возрастет.

Можно использовать эту новинку и для получения биодegradабельных материалов. Так, если подмешать наноцеллюлозу к химическому полимеру (скажем, полиэтилену), исходно не разлагаемому микрофлорой, то ее частицы легко внедрятся в исходную структуру и ускорят разложение. Впрочем, для тех же целей сейчас применяют и полилактиды, производимые на основе молочной кислоты. Тут в основе — описанная выше технологическая цепочка с ферментативной переработкой возобновляемого растительного сырья, разлагающегося до сахаров, из которых затем синтезируют молочную кислоту. Однако полилактиды довольно дорогие, а потому их заказывают только для специальных целей.

Если же вернуться к наноцеллюлозе, то сейчас в нашей стране для ее получения сначала измельчают целлюлозу до определенных пределов, а затем применяют кислотный гидролиз. Последний процесс можно заменить ферментативным гидролизом. Но тогда нужно очень точно подобрать фермент. За рубежом уже освоили такую технологию, и отечественные производители, оценив выгоды новшества, обратились к нам с предложением о сотрудничестве. Мы проводим исследования в данном направлении.

С самого начала было понятно: речь идет не о той группе агрессивных целлюлаз (сахаролитиков), которые способны «проесть» дырку в хлопчатобумажной ткани и превратить ее целлюлозу в конечный «кирпичик» — глюкозу, а о тех ферментах, что лишь уменьшают размер частиц и волокон целлюлозы, не доводя до полного разрушения. Мы называли такие ферменты «тополитиками» — они работают по по-

верхности ткани. На самом деле нам известно о них уже лет 15, со времен сотрудничества с американцами в рамках проекта по поиску энзимов, удаляющих индиго при стирке джинсов. Казалось бы, примитивная цель, но мы открыли тогда для себя много нового в области фундаментальных свойств ферментов. Действительно, целлюлазы разные, и востребованы они в разных областях. Понимая, какая из них нужна для поставленной цели, подбираешь подходящий микроорганизм-продуцент. Но, как я говорил выше, у нас правило: выделять из культуральной жидкости, независимо от узких задач, все секретируемые ферменты индивидуально, затем изучать и сведения о каждом из них включать в нашу базу данных.

— Ибо из старой базы данных можно черпать материал для решения широкого круга современных задач?

— Для этого необходимо понять молекулярную и генетическую природу интересующего нас феномена. И воздействовать на нее.

Однако первоначально требуется определенное искусство для того, чтобы в лаборатории, в очень маленьком масштабе имитировать процессы, происходящие на производстве в больших масштабах. Например, мы не можем регулярно выделять такое количество фермента, какое нужно для стирки джинсовой ткани в объеме стиральной машины. Эксперимент ставится на крошечном кусочке этой ткани, и в ходе его мы ведем скрининг ферментов, чтобы выбрать самый эффективный. На следующем этапе мы начинаем поиск: как воздействовать на свойство полученного «чемпиона», как сделать его стабильнее, активнее? Как получить высокоактивный микроорганизм, его продуцирующий?

И если 15 лет назад мы лишь строили догадки о причинах большей или меньшей эффективности разных ферментов, то теперь известно, как устроены гены, структура белка, и можно, сложив трехмерную модель, посмотреть, почему тот или иной фермент работает лучше по сравнению с аналогом, продуцируемым другим микроорганизмом.

— В эту работу вовлечены студенты кафедры химической энзимологии химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова?

— Разумеется. И, надо сказать, среди них есть светлые головы. К счастью, в последние годы биотехнология, биохимия, энзимология, геновая инженерия становятся все более привлекательными направлениями для молодежи. А мы стараемся научить их работать тщательно и вдумчиво. Ведь малейшие недоработки в эксперименте могут испортить все дело, увести исследователя в сторону с правильно намеченного пути.

В заключение хочу заметить: никогда — даже в самые тяжелые для науки времена перестройки и кризиса — мы не испытывали кадрового голода, наш коллектив всегда подпитывался талантливой (в основном, университетской) молодежью. И многие из тех, кто принял решение посвятить свою жизнь научным исследованиям, остались работать здесь.

Иллюстрации предоставлены автором

ВОДА И ЖИЗНЬ РАСТЕНИЙ

Доктор биологических наук Иван СУДНИЦЫН,
ведущий научный сотрудник факультета почвоведения
Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова,
доктор биологических наук Евгений ШЕИН,
заведующий кафедрой физики и мелиорации почв того же факультета

С момента выхода живых организмов нашей планеты из океана на сушу 500 млн лет назад главной их заботой стало получение воды и сохранение ее в собственном теле — ибо они более чем наполовину состояли из H_2O .

Особо преуспели в этом сухопутные растения, научившиеся непрерывно поглощать влагу из почвы и снижать скорость ее испарения. Выработанные ими механизмы уже несколько столетий являются предметом изучения анатомии и физиологии растений.

Однако специалистам не удавалось выявить некоторые важные детали до тех пор, пока в начале 1970-х годов отечественные ученые не заложили основы новой научной дисциплины — экологической гидрофизики почв.

Если вы на поезде или на машине пересечете тысячекилометровые пустыни Средней Азии (Каракумы, Кызылкумы, Репетек), то убедитесь: здесь повсюду растут кустарники и даже деревья, научившиеся жить в сущем пекле. Среди них знаменитые саксаулы. Этим «чемпионам по засухоустойчивости» порой удастся пронзить своими корнями более чем десятиметровую толщу грунта и добраться до водоносного слоя. Однако вожделенная жидкость обычно оказывается столь же минерализованной, как морская вода (или даже еще солоней) — попробуйте-ка ею напиться! Увы, здесь, как и в море, молекулы H_2O накрепко связаны ионами и молекулами растворенных веществ и недоступны организмам, не имеющим специальных приспособлений для их всасывания. Не случайно потерпевшие кораблекрушение люди чаще всего гибнут от жажды. А вот растения пустынь — так называемые ксерофиты — довольствуются даже грунтовыми рассолами! Есть и другой путь выживания: кактусы, не имеющие длинных корней, извлекают из почти сухой почвы крохотные капельки влаги (которые удерживаются там с огромной силой!) и очень долго предохраняют их от испарения в пересушенном горячем воздухе — специалисты именуют таких кудесников суккулентами.

Но как их организмы справляются со столь сложной задачей? Хитроумнейшие, сложнейшие анатомические и физиологические механизмы, выработанные ими за сотни миллионов лет, теперь — предмет изучения анатомии и физиологии растений. За несколько столетий развития данной науки удалось узнать много интересного. Известные английские ученые Альден Крафт, Герберт Куррье и Клиффорд-Ральф Стокинг, издавшие в 1949 г. монографию «Вода в физиологии растений» (переведена на русский язык профессором МГУ им. М.В. Ломоносова Дмитрием Сабининым, трагически погибшим в 1951 г. после уничтожения отечественной генетики*), установили: клетки растений обладают «сосущей силой», позволяющей им впитывать воду из растворов различных веществ через тончайшие (полупроницаемые) поры оболочек клеток корней. Она возникает в результате действия осмотического давления** со-

*См.: С. Попов. Жизнь — поступок. — Наука в России, 2010, № 6 (прим. ред.).

**Осмотическое давление — избыточное гидростатическое давление на раствор, отделенный от чистого растворителя полупроницаемой мембраной, стремящееся уравнять их концентрации вследствие встречной диффузии молекул растворенного вещества и растворителя (прим. ред.).



**Растения пустыни
умеют добывать воду
и в этом «пекле»
(Туркменистан, Каракумы).
Фото Н. Звягинцева**

держимого клеток (P_{oc}) и всасывающей способности тончайших капилляров, пронизывающих стенки клеток (P_k), и имеет размерность давления — поэтому специалисты называют ее «давлением влаги в растениях» (P_p).

РОЖДЕНИЕ НОВОЙ НАУЧНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Обычно физиологи изучали поглощение растениями воды из сравнительно больших объемов солевых растворов, налитых в лабораторные сосуды, — в этих условиях определить P_{oc} не представляет большого труда. Но в почве ситуация иная: осмотическое давление влаги, содержащейся здесь в виде микроскопических капелек, сильно зависит от ее концентрации, да и поверхность почвенных частиц притягивает этот «эликсир жизни». Поэтому измерить суммарное давление воды (обозначим его символом P_n) долго не удавалось ни физиологам растений, ни почвоведом, что препятствовало дальнейшему научному поиску.

И вот в середине прошлого века сотрудники Института леса АН СССР физиолог растений Юдифь Цельникер и один из авторов настоящей статьи, почвовед Иван Судницын разработали методику одновременного измерения упомянутых выше показателей P_p и P_n в растениях и почвах, на которых они росли. А в 1958 г. в отечественном журнале «Почвоведение» Судницын опубликовал новые важные результаты: впервые удалось найти зависимость между давлением влаги в тканях дуба, суммарным давлением воды в почве и ее поглощением растениями непосредственно в природных условиях — в дубовом лесу, заложенном в начале XX в. на южном черноземе по проекту великого русского ученого, основоположника генетического почвоведения Василия Докучаева. По существу, с появления этих данных началось становление новой научной дисциплины — экологической гидрофизики почв, призванной выявлять закономерности движения влаги в системе почва—растения—атмосфера.

В 1970–1975 гг. этой перспективной темой занялись аспиранты кафедры физики и мелиорации почв факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова Николай Муромцев (ныне доктор биологических наук, заведующий лабораторией гидрологии почв Почвенного института им. В.В. Докучаева), Чан Конг-Тау (сейчас доктор биологических наук, заместитель факультета экологии Ханойского университета во Вьетнаме), один из авторов настоящей статьи Евгений Шеин и многие другие молодые исследователи. В итоге в 1979 г. Судницын обобщил новые данные в монографии «Движение почвенной влаги и водопотребление растений» (М.: издательство Московского университета, 1979). Подобные исследования провели и за рубежом: в 1970 г. вышла в свет обстоятельная работа Ральфа Слейчера «Водный режим растений».

Известно, что протоплазма в растительных клетках содержит в среднем 85% воды, если же этот показатель опускается ниже 33%, белки утрачивают жизненную активность. Специалисты хорошо изучили, как при колебаниях влажности меняются физиологические и биохимические процессы в растениях. Эти данные обобщены в монографиях знаменитого ботаника, академика АН СССР Николая Максимова (1952 г.) и известного физиолога растений, доктора биологических наук Алексея Алексеева (1948 г.), а также в работах других исследователей и подтверждают: снижение обводненности приводит, в частности, к существенным нарушениям фотосинтеза и, как следствие, к уменьшению прироста биомассы растений и урожая плодов.

Дело в том, что количество влаги в клетках наземных растений зависит от соотношения скорости ее поступления из почвы, передвижения внутри «потребителя» и испарения в атмосферу вследствие газообмена, необходимого для фотосинтеза. А поскольку последний является неперенным условием существования растений, им просто необходимо поглощать воду. Именно в этом, а также в снижении скорости ее испарения (транспирации) — основная цель жизненной стратегии этих удивительных организмов. Успех им может обеспечить, с одной стороны, глубокая и разветвленная корневая система, а с другой — свойства ксерофитности, т.е. малая испаряющая поверхность листьев, их толстая внешняя оболочка (опушенная и покрытая воском), редко расположенные и маленькие устьица (просвет которых может уменьшаться при снижении влажности тканей) и др. Некоторые группы растений (эфмеры) отличаются чрезвычайно коротким периодом активного развития, приуроченным ко времени высокой увлажненности почвы.

Поскольку транспирация (Tr) — первопричина обезвоживания растений, это явление специалисты изучили особенно тщательно. Теоретические работы доктора географических наук Анатолия Будаговского из Института географии АН СССР (1964 г.) и эксперименты метеоролога Анатолия Алпатьева (1954 г.) показали: при достаточном содержании влаги в почве и растительном покрове, сомкнутом и однородном (по высоте и другим показателям) на довольно большой территории, фактическая Tr равна потенциальной (Tr_0). Иными словами, при этих условиях транспирация максимальна и ее величина определяется в основном интенсивностью притока тепловой энергии к испаряющей поверхности. Особенности же растений как живых саморегулирующихся объектов проявляются в такой оптимальной ситуации слабо.

Конечно, при несомкнутом растительном покрове, и особенно если он не выровнен по высоте (например, представлен отдельными группами деревьев



Пустыня Восточные Каракумы (биосферный заповедник «Репетек»). Фото Н. Звягинцева

среди поля), специфика его геометрии сильно влияет на скорость T_r (в расчете на единицу поверхности почвы). Однако лишь в засуху, когда доступность влаги падает настолько, что скорость ее поглощения растениями снижается, их физиология и свойства почвы начинают играть главенствующую роль.

ПЕРЕПАДЫ ДАВЛЕНИЯ У РАСТЕНИЙ

До середины XX в. специалисты, характеризуя обеспеченность наземных растений водой, использовали 4 уровня влажности почвы: оптимальный (полевая влагоемкость); соответствующий замедлению роста культур (при прерывании связи корневого слоя с водоносным горизонтом, обычно реализуемой посредством капилляров); обуславливающий устойчивое завядание; недоступная растениям влага. Между тем переход от одной из упомянутых градаций к другой — довольно плавный: на современном этапе исследований мы убедились, что существует непрерывная функциональная зависимость между влажностью почвы и состоянием растений. Явления, возникающие при взаимных изменениях, сложны, но могут быть поняты и описаны, если использовать термодинамический подход.

Итак, рассмотрим наши объекты как совокупности элементарных термодинамических систем*. Живая клетка может служить такой «элементарной единицей», если допустить, что между отдельными ее частями установилось термодинамическое равновесие** или состояние близкое к нему. Тогда внешнее (механическое) давление на нее (P_m) складывается из нескольких составляющих: давления со стороны окружающих клеток и со стороны ее собственных стенок на содержимое (тургор), веса растения, которому принадлежит наша «элементарная единица», из прессинга ветра и осадков на верхнюю часть растения, почвы — на его корни и т.п. Осмотическое давление (P_{oc}) обусловлено веществами, находящимися в клетке в виде растворов и гидратированных (содержащих молекулы H_2O) коллоидов. Капиллярное (P_k) проявляется в порах ее оболочек, если в межклеточном пространстве присутствует газообразная фаза и, следовательно, возникает поверхность раздела вода—воздух. (Заметим, гравитационное поле обуслов-

*Термодинамическая система — некая физическая система, состоящая из большого количества частиц и способная обмениваться с окружающей средой энергией и веществом (прим. ред.).

**Термодинамическое равновесие — состояние системы, при котором остаются неизменными во времени ее макроскопические величины (температура, давление, объем, энтропия) (прим. ред.).

ливает постоянный градиент P_k в вертикальном направлении (сверху вниз), причем иногда его компенсирует противоположный суммарный вектор других видов давления — это довольно редкий случай равновесия (о чем мы еще расскажем).

Сумма вышеперечисленных сил называется «полным давлением влаги» (P). Причем все названные компоненты проявляются и в почве.

Теперь от теории перейдем к реальным цифрам. В экологической гидрофизике принято P_k на поверхности грунтовой воды считать равным нулю. Соответственно в растениях и почвах, не полностью насыщенных влагой, равновесное капиллярное давление имеет отрицательную величину. Причем упомянутая выше полевая (наименьшая) влагоемкость часто ассоциируется с $P_k = -0,33$ атм, влажность устойчивого завядания — с $P_k = -15$ атм, а максимальная гигроскопическая влажность почв соответствует $P_k = -30$ атм.

Как было отмечено выше, равновесие — редкий случай для системы почва—растение—атмосфера, потому что окружающий растения воздух обычно не полностью насыщен влагой. Например, при его относительной влажности, равной 90%, $P = -140$ атм, а в сухое летнее время давление падает до -1000 атм и ниже. Причем в нормально увлажненном растении P достигает лишь нескольких атмосфер ниже нуля, и вода, движущаяся согласно законам неравновесной термодинамики в направлении уменьшения давления, начинает испаряться, если устьица листьев открыты. Вначале происходит транспирация влаги из стенок клеток наружного слоя мезофилла* листь-

ев, имеющих капиллярное строение. Вследствие этого водные мениски «втягиваются» внутрь капилляров, кривизна их увеличивается, а P_k соответственно уменьшается.

Испарение идет и из высокополимерных органических веществ стенок капилляров, что влечет понижение P_{oc} . Под влиянием возникшего перепада давления в стенки клеток перетекает влага из их протоплазмы, где в итоге уменьшаются и P_{oc} , и P_k . Изменение последних, в свою очередь, становится причиной подтягивания воды из более глубоких слоев мезофилла в наружные. Падение давления постепенно охватывает все более глубокие уровни, процесс приближается к сосудам, подводящим воду к листу, но если в удаленных от них клетках $P = -15$ атм, то в непосредственной близости обычно все же выше — $P = -5$ (-10) атм.

АКТИВНОЕ И ПАССИВНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ «ЭЛИКСИРА ЖИЗНИ»

Следующий этап маршрута влаги внутри растения — сосуды ксилемы*, соединяющие «миры» корней и листьев. Известно, что вода в этой проводящей ткани образует непрерывные «нити», передающие гидростатическое натяжение (P_k). Их способность не разрываться даже при высоких градиентах капиллярного давления обуславливается силами взаимного притяжения молекул H_2O , превышающими 10 тыс. атм, если им не мешают растворенные газы (ибо пузырьки улетучивающихся веществ разъединяют сплошное водное тело). Но в сосудах растений таковых содержится очень мало, так что даже падение P_k

*Мезофилл (листовая мякоть) — ткань зеленого растения, в которой протекают наиболее существенные для него синтетические процессы (прим. ред.).

*Ксилема — основная водопроводящая ткань сосудистых растений (прим. ред.).

Экспедиция
МГУ им. М. В. Ломоносова
на берегу соленого озера
в Волжской дельте.
Слева — автор статьи,
профессор,
доктор биологических наук
Е. Шеин.
Фото М. Бутылкиной





Растения растут и на солончаках (берег залива Сиваш в западной части Азовского моря).

Фото Н. Звягинцева

до –100 атм не фатально: тонкие «каналы» остаются заполненными влагой и в засуху, а градиенты капиллярного давления в них могут достигать 20 атм/м.

Заглянем в мир, скрывающийся внутри корня растения: здесь сосуды ксилемы контактируют с тканями центрального цилиндра (совокупность проводящих элементов в растении), а они, в свою очередь, граничат с эндодермой (внутренний одноклеточный слой плотно сомкнутых клеток первичной коры) и, далее, с поглощающими клетками. Снижение P_k в сосудах передается через насыщенные водой клеточные оболочки и протоплазму к наружному слою коры. И тогда давление в его клетках становится меньше, чем в почве, отчего они начинают «засасывать» из нее влагу.

Кстати, проводящая система корней может быть связана с их наружной поверхностью и непосредственно через капилляры, пронизывающие межклеточное пространство (они довольно широкие). При высокой влажности почвы вода может поступать и по такому маршруту, причем со значительно большей

скоростью, чем сквозь протоплазматические мембраны, слабопроницаемые для нее.

В случае же сильной почвенной засухи отдельные группы клеток меристемы* корней изолируются (путем опробковения их стенок) и тем самым сохраняют влажность, достаточную для их жизнеспособности. Миновала тяжелая пора — и вновь они разрастаются, образуя новые корни.

Мы проследили за пассивным поглощением влаги растением — по сути дела, это «транспирационный насос», «включающийся» по мере ее испарения из листьев. Однако наши зеленые соседи по планете освоили и «активные» механизмы. Люди привыкли к тому, что на листьях некоторых растений, а также из их перерезанных стеблей будто слезы выступают — так называемая пасока, или жидкость, содержащая органические и аминокислоты. Специалисты именуют про-

*Меристема — обобщенное название для тканей растений. Они состоят из интенсивно делящихся, сохраняющих физиологическую активность на протяжении всей жизни клеток, которые обеспечивают непрерывное нарастание массы растения (прим. ред.).



Ковыльная степь Калмыкии. Фото Л. Ташниновой

цесс выведения воды на поверхность под действием корневого давления гуттацией; физиолог Дмитрий Сабинин описал данное явление еще в 1949 г. Однако его не объяснить одним лишь превосходством P_{oc} почвенного раствора над P_{oc} пасоки. На «плач растений» влияют и некоторые особенности жидкости в вакуолях их клеток (клеточный сок), и степень гидратированности цитоплазмы. А еще воду способна приводить в движение разность электрических потенциалов, возникающая вдоль пути ее перемещения. Но для этого требуется значительный расход энергии, источником которой в живых организмах служит дыхание. Существует прямая связь между его интенсивностью и скоростью поглощения влаги растением, как отметил в 1948 г. упомянутый выше доктор биологических наук Алексеев.

Интересно, что снижая давление в листьях, растение способно в определенных пределах регулировать транспирацию, дабы не завянуть и не засохнуть. А при некотором критическом уровне давления ($P_{кр}$) в корнях устьица листа автоматически закрываются, испарение влаги из них резко замедляется, и зеленый организм спасается от обезвоживания и гибели фотосинтезирующих клеток. Однако тогда прекращается и поступление углекислого газа в лист, а следовательно, останавливается фотосинтез. Конечно, неко-

торое время растение может существовать без этого жизненно важного для него процесса (за счет запасов органического материала), но слишком долгая пауза фатальна для него.

КАК ПОБЕДИТЬ ЗАСУХУ?

Важная причина уменьшения подтока воды к листьям (а значит, и транспирации) — иссушение почвы. И надо знать: от ее гранулометрического состава (соотношения в ней количества песчаных, пылеватых, илистых частиц) зависит величина коэффициента влагопроводности и жизнь растений. Поток влаги к корням в суглинистой почве будет выше, чем в супесчаной, при прочих равных условиях.

Не меньшее значение имеют и собственные свойства растений, наследственные (генотипические) и проявившиеся во время индивидуального жизненного цикла (фенотипические). Так, для засухоустойчивых видов (ксерофитов) характерны самые низкие величины $P_{кр}$ (в среднем ниже -15 атм), для влаголюбивых (гигрофитов) — наиболее высокие (в среднем выше -5 атм), а мезофиты* занимают промежуточное положение. Существенно влияет на $P_{кр}$ и кон-

*Мезофиты — наземные растения, приспособленные к обитанию в среде с более или менее достаточным, но не избыточным увлажнением почвы (прим. ред.).



Саксаул – чемпион по засухоустойчивости
(биосферный заповедник «Репетек»).

Фото Н. Звягинцева

центрация корней: для индивидуума с более разветвленной их системой при прочих равных условиях интервал оптимальной влажности почв шире.

Способность растений поглощать почвенную влагу зависит и от фаз их развития: когда у овса в начале вегетации из подземных стеблевых узлов образуются побеги (так называемое кушение), его $P_{кр} = -7$ атм, но во время развития основного стебля (выход в трубку) данный показатель снижается до -15 атм, наконец, при формировании колоса ситуация опять меняется и $P_{кр} = -5$ атм.

Но даже у одного и того же растения, в той же фазе развития значение $P_{кр}$ может существенно колебаться в зависимости от метеорологических условий, сопутствовавших росту зеленого организма на предыдущих этапах. К примеру, даже овес, по сути мезофит, может приспосабливаться к периодическим почвенным засухам, становясь более толерантным к ним, что помогает ему выживать, когда незакаленные виды погибают. Разумеется, биомасса растений уменьшается в неблагоприятные годы: после одной почвенной засухи — на 8%, двух — на 26, трех — на 44%. Ибо, несмотря на приобретение устойчивости, во время сухой погоды угнетены многие физиологические процессы, ответственные, как мы отмечали

выше, за интенсивность фотосинтеза и накопление органического вещества.

Между прочим метеорологические факторы можно учесть через величину потенциальной транспирации, Tr_0 : чем больше скорость ветра и меньше влажность атмосферы, тем данный показатель выше. В результате на фоне суховея растения будут завядать даже при высоком содержании воды в почве: в отличие от почвенной наступает так называемая атмосферная засуха.

Итак, для получения максимального урожая недопустимо снижение давления влаги в почве до критической величины. Специалисты стремятся в ходе специальных экспериментов определить величину $P_{кр}$ для каждой комбинации растение—почва—метеорологические условия, чтобы в течение вегетации поддерживать оптимальные условия или же близкие к таковым.

Отметим, почти все виды сельскохозяйственных растений (за исключением сахарного тростника и риса на первых фазах его развития) не переносят дефицит кислорода в почве. Дышать должны и обитающие в ней живые организмы, и корни. В случае, если все поры заполнены водой, они не обеспечивают быстрого поступления O_2 из атмосферы. Когда же самые крупные капилляры заполняются воздухом, диффузия животворного газа в почву ускоряется.

Сегодня в России экологическая гидрофизика почв развивается главным образом на нашем факультете и в Почвенном институте им. В.В. Докучаева (Москва). В последние годы специалистами МГУ проведен цикл исследований влияния влажности почв на развитие обитающих в них микроорганизмов. И вот что мы обнаружили: некоторые виды актиномицетов (*Actinomyces*)*, а именно стрептомицеты (*Streptomyces*), обитающие в почвах пустынь, способны расти и размножаться даже в экстремально сухих почвах (при P_n ниже -900 атм). Такие сведения помогают лучше понять стратегию жизни в критический период ее развития — в момент выхода из океана на сушу: не исключено, что именно засухоустойчивые виды стрептомицетов были пионерами освоения дотоле безжизненных территорий Земли.

*Актиномицеты — бактерии, способные формировать на некоторых стадиях своего развития ветвящийся мицелий (грибоподобные бактерии), распространенные главным образом в почве (прим. ред.).

Иллюстрации предоставлены авторами

ЭФФЕКТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

Академик Николай ПОНОМАРЕВ-СТЕПНОЙ,
кандидат технических наук Николай КУХАРКИН,
старший научный сотрудник Вадим ГРЕБЕННИК,
Национальный исследовательский центр
«Курчатовский институт» (Москва)

Уже много лет мировые державы ведут работы по созданию высокотемпературных реакторов с гелиевым теплоносителем (ВТГР).

Их принципиальное отличие и преимущество – необычайно высокая рабочая температура газа на выходе – до 1000°C, что позволяет получать не только высокий КПД при производстве электроэнергии, но и эффективно обеспечивать теплом технологические процессы в нефтяной, химической, металлургической и других отраслях промышленности, а также производить водород, необходимый для экономии природного топлива и снижения нагрузки на окружающую среду.

Такие реакторные системы способны заметно расширить сферу использования атомной энергии и войти в те области потребления, где она пока не завоевала значимых позиций.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ НАПРАВЛЕНИЯ

Первые практические шаги по разработке газоохлаждаемых реакторов были сделаны за рубежом (США, ФРГ и др.) в 1950-х годах. Причем на начальном этапе западные страны рассматривали ВТГР

главным образом для электроэнергетики, где этот реактор обещал определенные преимущества: высокий КПД (40%), меньшие тепловые сбросы и потребности в охлаждающей воде, экономичный топливный цикл, возможность эффективного использо-

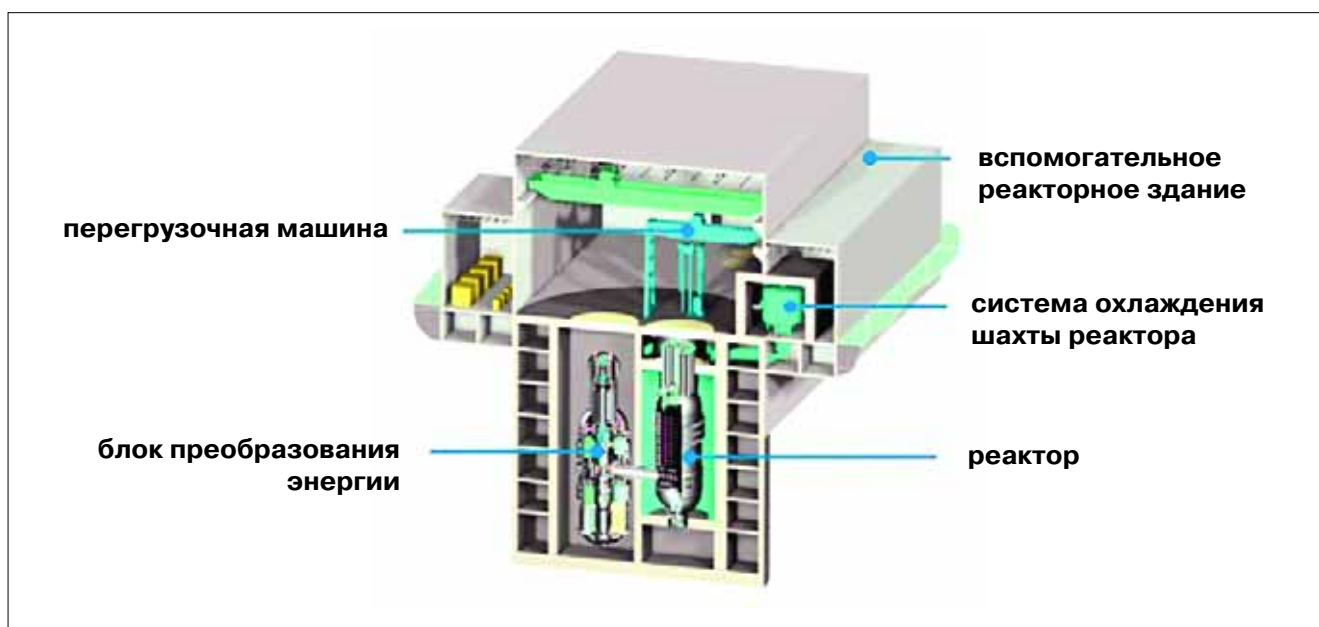


Схема высокотемпературного газоохлаждаемого реактора.

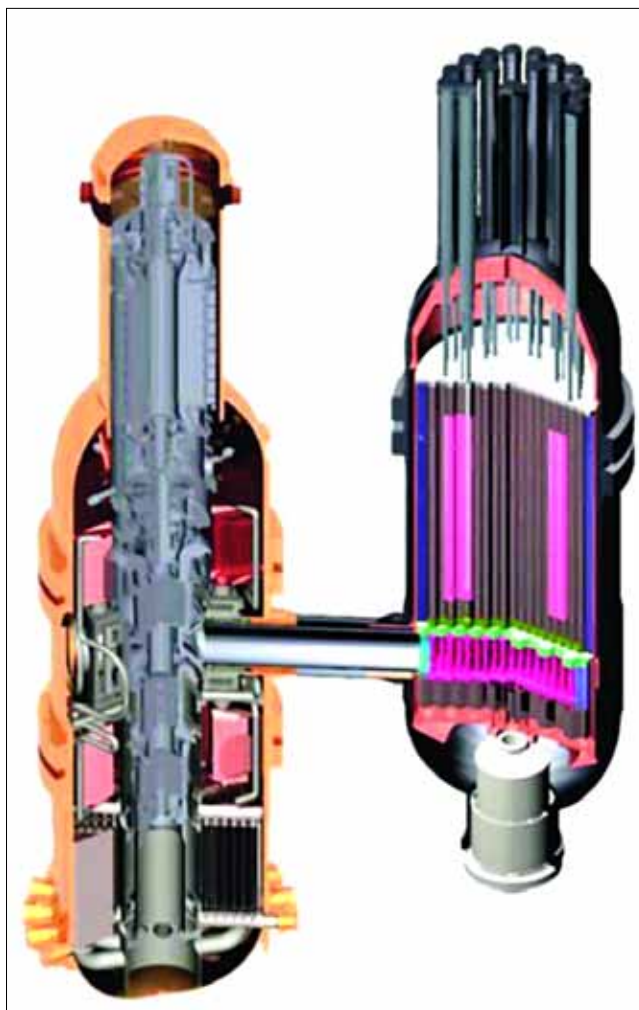
вания воздушного отвода тепла, высокая безопасность.

Заметных успехов ВТГР-технология достигла в середине 1960-х годов, когда были созданы экспериментальные реакторы небольшой мощности: «Драгон» (Великобритания), АЭС «Peach Bottom» (США), AVR (Германия). Первые две установки проработали около 10 лет, а последняя — свыше 20, показав высокую надежность. Специалисты получили опыт их эксплуатации и провели значительный объем ценных исследований по гелиевой тематике.

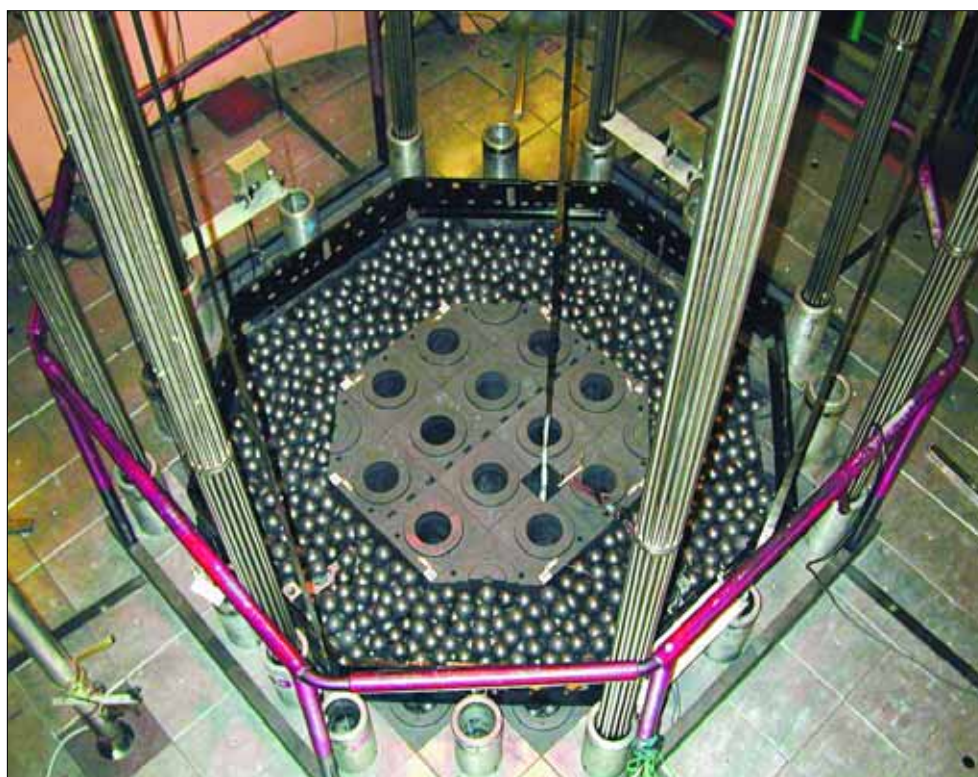
Во второй половине 1970-х годов США запустили прототипный энергетический реактор на АЭС «Fort St. Vrain» (FSV) мощностью 330 МВт (эл.), а Германия — демонстрационный ториевый высокотемпературный реактор THTR на 300 МВт (эл.). Эту технику эксплуатировали до середины 1980-х годов.

Масштаб и структура потребления топливных ресурсов в энергообеспечении ряда стран свидетельствовали о большом потенциальном рынке использования тепловой энергии ВТГР для замещения значительных количеств нефти и газа. Поэтому в конце 1970-х технология была сориентирована на комбинированную выработку электро- и тепловой энергии среднего и высокого потенциала, где преимущества рассматриваемых реакторов несомненны: они обеспечивают экономию высококалорийных видов топлива (нефти и газа), гарантируют более высокое замещение органического сырья на единицу вырабатываемой ядерной мощности.

Эти обстоятельства послужили поводом для инициирования в США деятельности по разработке крупномасштабных проектов «Фултон» и «Саммит» мощностью 860 и 1160 МВт (тепл.) соответственно. Установки предполагали использовать на нефтепе-



Реакторная система (справа) и блок преобразования энергии.



**Критический стенд «Астра»
для изучения
нейтронно-физических
характеристик ВТГР.**

регонных заводах и в других отраслях промышленности для совместной выработки электро- и высокопотенциальной тепловой энергии. Соответствующим компаниями заказали 8 АЭС для внутреннего рынка США, однако кризис 1974 г. привел к сокращению заказов на строительство атомных станций вообще и с ВТГР в частности.

В конце 1981 г., несмотря на серию лицензионных и технических задержек, США вывели на полную мощность FSV, подтвердив его проектные характеристики и безопасность в эксплуатации. После этого ряд энергетических фирм выразили заинтересованность в строительстве крупной промышленной АЭС с ВТГР мощностью 2240 МВт (тепл.) для производства электроэнергии и пара. Проект, получивший название HTGR-SC/C, стал первым из поколения коммерческих реакторов с гелиевым охлаждением и умеренной температурой теплоносителя (750°C).

Следующим, более трудоемким и длительным по реализации, была установка HTGR-R для покрытия потребностей в тепловой энергии, за ней последовала HTGR-GT. Потенциальный рынок ВТГР различного назначения на перспективу (до 2020 г.) в США оценивался (по данным Министерства энергетики) в 500 ГВт (тепл.).

В Германии после вывода на мощность прототипного реактора с шаровыми твэлами* THTR-300, подтвердившего проектные результаты по напряжениям

в силовом железобетонном корпусе и продемонстрировавшего его высокую герметичность по гелию, разработали линию последовательного развития и коммерческого внедрения установок этого типа по мере их технического освоения. В дальнейшем инновационное направление получило развитие в Японии, Китае, ЮАР и других странах.

У нас активные исследования по этой тематике были начаты в 1960-х годах с созданием проектов экспериментального реактора АБТУ-15 и опытно-промышленной установки АБТУ-ц-50, предназначенной для выработки электроэнергии и радиационной модификации различных материалов (полиэтилена, древесины, резины и др.). Инициатором и научным руководителем стал Институт атомной энергии им. И.В. Курчатова (ныне Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»), главным конструктором — Московский филиал Центрального котлотурбинного института им. И.И. Ползунова (ныне Всероссийский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт атомного машиностроения).

В начале 1970-х годов к работам по ВТГР подключилось Опытное конструкторское бюро машиностроения (г. Горький, ныне Нижний Новгород), оно и стало главным конструктором этих установок. Под научным руководством курчатовцев там создали проекты ВГ-400, ВГМ, ВГМ-П для выработки электро- и высокопотенциальной тепловой энергии. Параллельно шло формирование экспериментальной и технологической базы. В 1978 г. в Курчатовском институте для отработки технологии и ресурсных испы-

*Твэл (тепловыделяющий элемент) — важнейший узел реактора, содержащий делящееся вещество и обеспечивающий надежный отвод тепла от топлива к теплоносителю (прим. ред.).



**Топливные компакты
с имитаторами топливных частиц**



**Микротвэлы на основе
топливных частиц PuO_2 ,
диаметр – 200 мкм**



**Микротвэлы на основе
топливных частиц UO_2 ,
диаметр – 500 мкм**



**Имитаторы топливных частиц,
диаметр – 200 мкм**

Топливо для активной зоны реактора.

таний шаровых твэлов на материаловедческом реакторе МР ввели в строй крупную реакторную петлю* ПГ-100. Проблемы физики реакторов решали на стендах «Астра» и ГРОГ.

Большими экспериментальными возможностями обладали также США, Япония, ФРГ, другие страны Западной Европы. В Японии, например, крупный стенд HENDEL суммарной мощностью нагревателей 16 МВт (тепл.) стал уникальной базой для проверки работоспособности высокотемпературных теплообменников, парогенераторов, узлов теплоизоляции, топливных сборок и другого оборудования.

В результате зарубежные и отечественные исследования выявили ряд важных преимуществ ВТГР по сравнению с реакторами на легкой воде**: более эффективное производство электроэнергии (КПД до 50% в прямом газотурбинном цикле), возможность использования тепла в технологических производствах (получение водорода, синтез аммиака), различного ядерного топлива на основе урана, плутония, тория, повышенная безопасность (самозащищенность, снижение риска расплавления активной зоны при тяжелых авариях), сжигание долгоживущих актиноидов для уменьшения воздействия радиоактив-

ных отходов на природную среду. Все это предопределило их нишу в структуре ядерного энергообеспечения в перспективе.

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕАКТОРА

При выборе теплоносителя для реактора необходимо учитывать совокупность свойств: теплофизических (плотность, теплоемкость, вязкость, теплопроводность), ядерно-физических (влияние на критичность, радиационная стойкость, активация), химических (совместимость с конструкционными материалами), технологических (токсичность, термостойкость, текучесть, взрыво- и пожароопасность, стоимость, доступность). Поскольку главное назначение ВТГР — получение высокотемпературной (до 1000°C) тепловой энергии, то в качестве газообразного теплоносителя был выбран гелий. А активную зону предполагалось формировать или шаровыми, или призматическими твэлами, состоящими из микро топлива (с сердечниками из UO_2 , UC малого диаметра — 500 мкм и нанесенными на него защитными слоями из пироуглерода и карбида кремния) в графитовой матрице.

Использование других газов отклонили по ряду соображений. Так, водород, несмотря на его хорошие теплофизические свойства, при смешении с воздухом взрывоопасен, кроме того, обладает высокой химической активностью по отношению к конструкционным материалам при температуре от 800°C и более.

*Реакторная петля — самостоятельный циркуляционный контур реактора, предназначенный для экспериментальных целей, содержащий один или несколько каналов (прим. ред.).

**Легководный реактор — ядерная энергетическая установка, в которой обычная (легкая) вода используется одновременно в качестве замедлителя и теплоносителя. Различают два типа таких реакторов: с водой под давлением и с кипящей водой (прим. ред.).

Применение азота затруднено из-за его низких теплофизических свойств и влияния на реактивность. Использовать углекислоту как теплоноситель также не желательно, поскольку при больших температурных значениях CO_2 диссоциирует (разделяется), при этом продукты распада интенсивно взаимодействуют с графитом, что приводит к массопереносу углерода в холодные места контура.

В конечном счете во всех энергетических установках с ВТГР, находящихся в эксплуатации, на стадиях строительства или проектирования, используют гелий — практически единственный теплоноситель, удовлетворяющий большинству требований, предъявляемых к реакторам этого типа. Благодаря его химической инертности ядерное топливо и конструкционные материалы активной зоны могут работать при высокой температуре. К тому же этот газ практически не поглощает, не рассеивает нейтроны и не активируется под облучением. Хотя по удельной теплоемкости и затратам мощности на прокачку гелий уступает H_2 , CO_2 , однако, обладая хорошей теплопроводностью, даже при умеренном давлении ($40\text{--}50 \text{ кгс/см}^2$) он обеспечивает отличные условия для отвода и переноса тепловой энергии в первом контуре*. Это позволяет получать более высокую энергонапряженность активной зоны и требует значительно меньшей поверхности теплообменного оборудования (по сравнению, скажем, с CO_2).

До недавнего времени бытовало мнение, что гелий при высокой температуре имеет повышенную текучесть, и поэтому эксплуатация реакторных установок с ним потребует больших финансовых затрат, обусловленных стоимостью газа, необходимого для компенсации его потерь. Специальные исследования показали: гелий при температуре до 800°C и давлении до 6 МПа не диффундирует через стали. Отмечаемое в отдельных экспериментах его проникновение через трубы — следствие субмикроскопических дефектов металла, проявляющихся при температуре выше 600°C и достаточно большом давлении. Опытным путем было доказано: при высоком качестве сварочных работ, оборудования и его монтажа проблема удержания гелия в контуре успешно решается.

Согласно зарубежным оценкам, основанным на эксплуатационных данных, цена гелия составит менее 1% стоимости электроэнергии, получаемой на крупных АЭС с реакторами ВТГР, а его потери будут связаны в основном с технологическими отборами газа.

Убедительным аргументом в пользу перспективности использования установок нового типа служит опыт работы реакторной петли ПГ-100. Это достаточно крупный стенд, занимающий 500 м^2 площади,

с 300 единицами арматуры и 3500-метровой протяженностью силовых трубопроводов. Потери гелия в нем, в том числе на контроль состава среды, — менее 0,3% в сутки. Положительный результат был получен и на германском реакторе AVR в 1977 г.: даже при подъеме температуры теплоносителя с 750 до 950°C существенного роста эксплуатационных потерь газа не отмечалось.

Подчеркнем: в ВТГР в качестве замедлителя, отражателя и основного конструкционного материала активной зоны наряду с гелием используют графит, причем эксплуатация его происходит в весьма жестких термических условиях. В 1978–1990 гг. в Курчатовском центре, Научно-исследовательском институте атомных реакторов (г. Димитровград Ульяновской области), НИИГрафит (Москва) был выполнен цикл работ по оценке радиационной стойкости применявшихся в отечественном реакторостроении графитов (ГР-280, ГРП2) в широком диапазоне температуры ($300\text{--}1200^\circ\text{C}$) и флюенса нейтронов* ($2 \cdot 10^{22} \text{ н./см}^2$), в том числе критического. Последний показатель служит критерием для оценки работоспособности материала, облучаемого в свободном ненагруженном состоянии, при котором тот вступает в стадию интенсивного распухания, сопровождающегося резким ухудшением механических и теплофизических свойств.

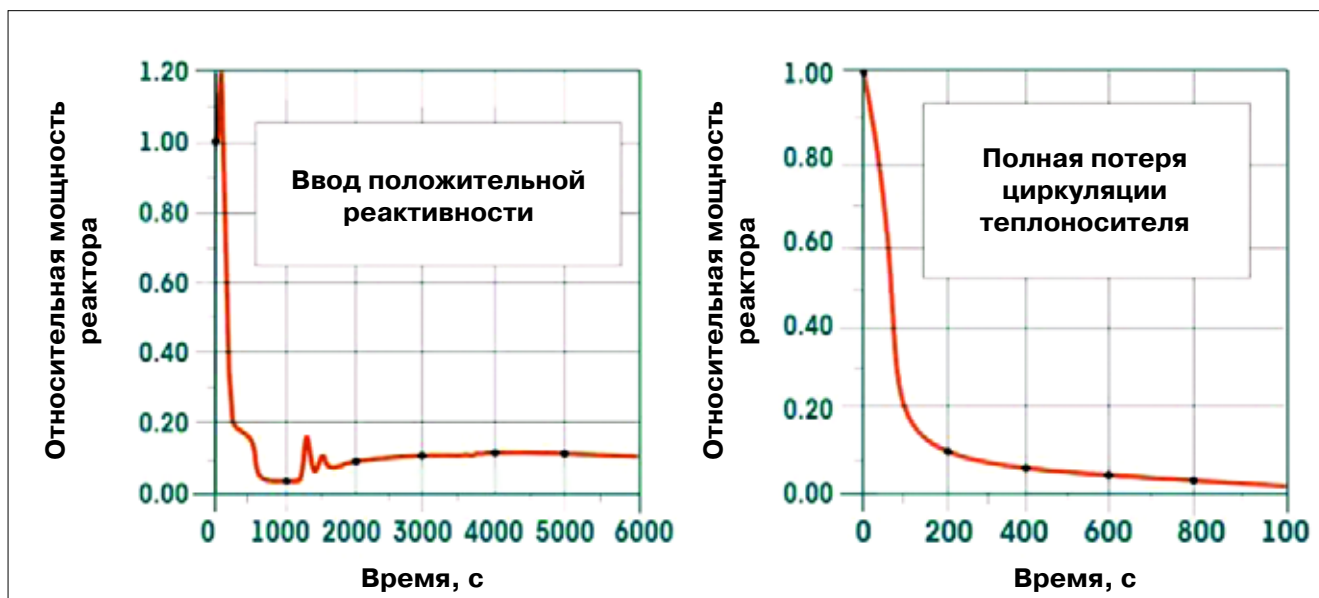
Прошедшие испытания, а также данные по поведению ряда зарубежных образцов дали возможность построить обобщенную кривую предельной работоспособности материала и сделать вывод: графиты, изготовленные по традиционной электродной технологии, не обеспечивают проектные ресурсные характеристики. Попытки повысить эти показатели за счет оптимизации гранулометрического состава наполнителя и увеличения объемной плотности, принятые НИИГрафитом в начале 1980-х годов, не дали положительного результата.

Заметим, параллельно проводили опыты на модельных материалах с использованием ряда специальных технологических приемов. Один из них — МПГ-6 — применили в электронной промышленности. Изготовленный на основе непрокаленного нефтяного кокса, он обладает принципиальными различиями по структуре, исходным свойствам и поведению под облучением по сравнению с традиционными реакторными графитами, а также повышенной радиационной стойкостью, особенно в области высоких температур.

Опыты на физической модели подтвердили основное направление разработки графита для ВТГР — создание однофазного материала с минимальным различием кристаллитов по размерам. И с 1980-х годов его начали разрабатывать в НИИГрафите, используя в

*Первый контур реактора — система, обеспечивающая циркуляцию теплоносителя и отвод тепла от первичного источника — активной зоны (прим. ред.).

*Флюенс нейтронов — величина, равная отношению числа нейтронов, падающих за данный интервал времени на некую поверхность, расположенную перпендикулярно направлению распространения нейтронного излучения, к площади этой поверхности (прим. ред.).



«Самозаглушение» реактора за счет отрицательных обратных связей по температуре и мощности.

технологической схеме производства композиционный наполнитель на основе непрокаленного кокса.

Ряд лабораторных технологических вариантов материала под условным названием ГР-1 испытывали в Курчатовском и Димитровградском институтах. Полученные данные по размерной стабильности и изменению свойств при температуре 600–1200°C до флюенса $2 \cdot 10^{22}$ н./см² свидетельствовали о его высокой радиационной стойкости по сравнению с традиционными. Однако для подтверждения критического флюенса необходимо продолжать облучательные эксперименты, особенно это относится к промышленным партиям ГР-1, технология производства которого уже внедрена НИИГрафитом и его партнером — Вяземским заводом графитовых изделий (Смоленская область). Кроме того, нужны широкомасштабные исследования физико-механических, радиационных и коррозионных свойств графита, расчеты в обоснование работоспособности конструкций из него. А с учетом весьма широкого температурного диапазона эксплуатации материала и жестких радиационных условий — и ресурсные испытания на отечественных исследовательских реакторах.

Из сказанного следует: благоприятное сочетание гелиевого теплоносителя и графита обеспечивает основные принципиальные преимущества ВТГР — хорошие нейтронно-физические характеристики и возможность получения высокой температуры. А использование в активной зоне уран-графитовых твэлов и гелиевого теплоносителя дает хорошую экономию нейтронов. Добавим, в ВТГР можно применять различные топливные циклы — с использованием урана, а также тория и плутония.

ФАКТОР БЕЗОПАСНОСТИ

Безопасность высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов обеспечивают комплекс технических

мероприятий и внутренние характеристики. Дело в том, что активная зона установки состоит в основном из графита, имеющего температуру сублимации 3600°C, это практически исключает ее расплавление. При потере теплоносителя не происходит резкого повышения температуры, что обусловлено высокой теплоемкостью активной зоны. Кроме того, ВТГРы имеют высокий отрицательный коэффициент реактивности*. Это — важнейший фактор безопасности, способствующий предотвращению в подобных системах самопроизвольное увеличение мощности. Применение в них в качестве теплоносителя инертного газа (гелия) исключает химические реакции с топливом и конструкционными материалами. К тому же гелий не активируется: при его использовании проблемы фазовых превращений отсутствуют. Такие энергоисточники можно размещать в непосредственной близости от жилых массивов и предприятий, что снижает потери при транспортировке тепловой энергии, особенно с высокой температурой.

*Мощностной коэффициент реактивности — величина, используемая для оценки влияния мощности реактора на его реактивность. Отрицательное значение положительно влияет на проблему самозащитности реактора, поскольку означает, что при росте мощности или снижении расхода теплоносителя он будет самозаглушаться. Кроме того, отрицательное значение мощностного коэффициента повышает нейтронно-физическую и теплогидравлическую устойчивость установки (прим. ред.).

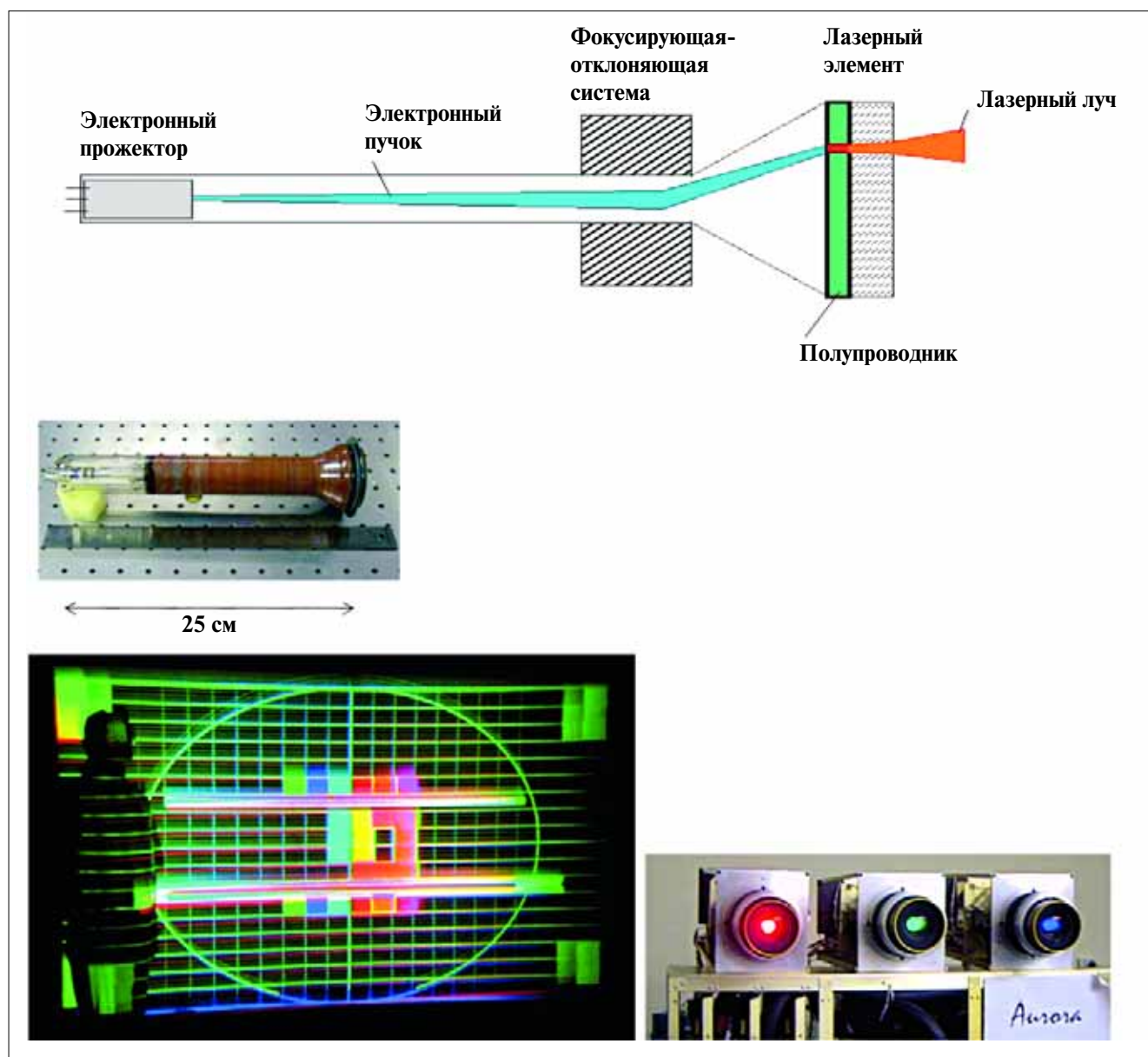
ЛАЗЕРЫ ДЛЯ ПРОЕКЦИОННОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ



В Физическом институте им. П.Н. Лебедева РАН, сообщило Агентство научной информации «ФИАН-информ», завершен очередной этап создания эффективных лазеров для проекционного телевидения — мощных и одновременно миниатюрных источников света, формирующих трехцветные RGB (red-green-blue — красный, зеленый, синий)-пиксели (элементы цифрового изображения). Принцип таких устройств основан на логическом развитии электронно-лучевой трубки, в которой люминофор заменен на полупроводниковый кристалл.

Идея новаторского изобретения принадлежит сотрудникам ФИАНа академику Николаю Басову, доктору физико-математических наук Олегу Богданкевичу и доктору технических наук Александру Наси-

бову. Еще в 1967 г. они предложили для формирования рекордно высокого светового потока (до 12000 лм), т.е. яркого изображения большого размера, лазерную электронно-лучевую трубку. На ее основе в 1980-х годах в Научно-исследовательском институте «Платан» (г. Фрязино Московской области) в кооперации с ФИАНом был создан первый лазерный дисплей «Квантоскоп», излучающий красный, зеленый и синий диапазоны спектра. Цветная «картинка» в нем формировалась путем совмещения трех монохромных изображений высокой четкости на экране площадью до 100 м². Однако это была громоздкая техника, требовавшая охлаждения полупроводникового слоя до низких (–120°C) температур. Задача же состояла в том, чтобы достигнуть высокой мощности света при комнатной температуре.



Лазерная электронно-лучевая трубка на монокристаллах.

«Сегодня в проекционных устройствах в качестве источника света используют в основном дуговые ксеноновые лампы высокого давления, — сообщил «ФИАН-информу» руководитель работы заведующий лабораторией лазеров с катодно-лучевой накачкой доктор физико-математических наук Владимир Козловский. — Но их КПД — примерно 1%... Причина в том, что для получения изображения высокого качества необходимо из сплошного спектра такой лампы «вырезать» относительно узкие линии трех основных цветов: красного, зеленого и синего свечения, а всю остальную мощность излучения устройства, которая превращается в тепло, надо отводить».

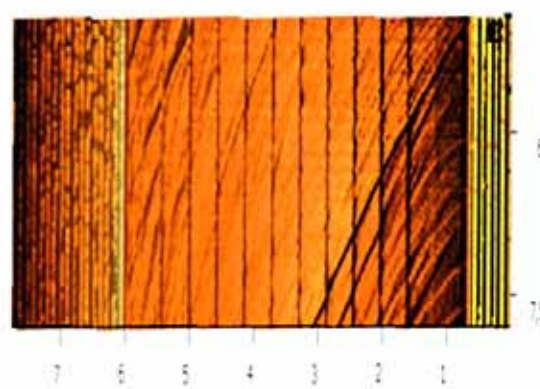
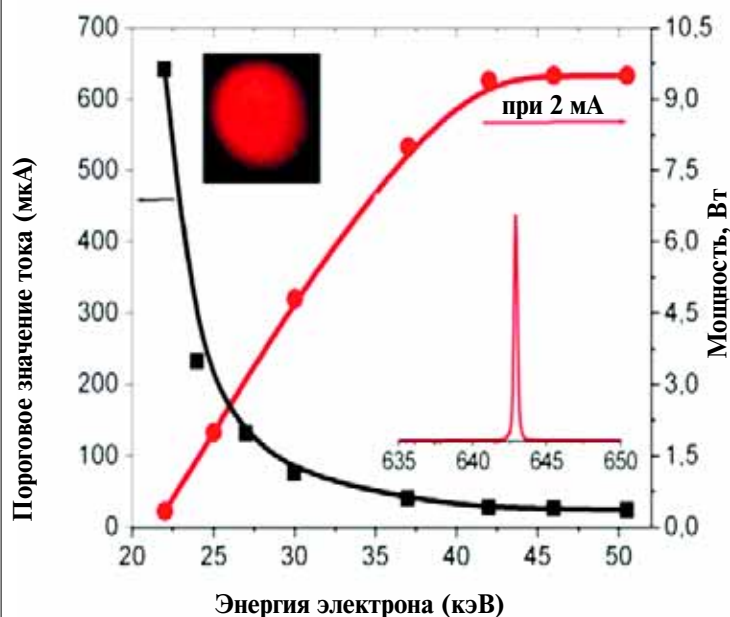
Некоторые компании попытались заменить их светодиодами. Однако они уступают лазерным устройствам по яркости, а потому проектор с потоком в несколько тысяч люмен нужно будет оснащать еще и сложной дорогостоящей оптической системой. Другие же изготовители (скажем, американская компания «Q-reak») взяли на вооружение источник на основе удвоения и параметрического преобразования частоты твердотельных лазеров с диодной накачкой. Однако и эти системы, констатирует «ФИАН-информ», не без минусов, и главный из них — высокая стоимость.

По словам Козловского, сейчас рынок идет в сторону пикопрокторов, совмещенных с сотовыми те-

4.38 мкм AlGaInP пассивный слой
8 нм GaInP 25 слоев
193 нм AlGaInP 25 слоев
Зеркала — 99 и 94%



Лазер мощностью 8 Вт
на наноструктуре с 13 квантовыми ямами
и двумя брэгговскими зеркалами
AlAs-AlGaAs



Изображение скола лазера
в зондовом микроскопе

Характеристики красного лазера на наноструктуре GaInP/AlGaInP.

лефонами. «Это значит, — заметил он, — что всю информацию с мобильного мы сможем проецировать на любой вид бумаги или, скажем, стену. Впрочем, и здесь свои трудности: лазеры нужной мощности уже есть, но они потребляют очень много энергии — ни одна батарейка с ними работать не может». Надо улучшать характеристики источников монохроматического света, считает ученый. Над этим сейчас и работают многие коллективы, в том числе его лаборатория.

Усилия сотрудников ФИАНа направлены на создание лазеров на полупроводниковых наноструктурах с катодно-лучевой накачкой, состоящих из большого числа тонких слоев — квантовых ям, размещенных в микрорезонаторе. Это обеспечивает работу при повышенной температуре, значительно снижает (до нескольких киловольт) ускоряющее напряжение и увеличивает срок службы источника. Но основное их достоинство — в низкой стоимости по сравнению с аналогами.

Сотрудники лаборатории Козловского, работающие в тесной кооперации с московскими коллегами из Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Центра волоконной оптики РАН, а также зарубежными партнерами из Технологическо-

го центра Шеффилдского университета (Англия) и компании «Principia LightWorks Inc.» (США), достигли высоких характеристик (до 12% при энергии 40 кэВ) по эффективности красного лазера (на наноструктуре GaInP/AlGaInP), предложили несколько вариантов зеленого и синего источников света. Как сообщает Агентство «ФИАН-информ», в лабораторных условиях уже созданы лазерные электронно-лучевые трубки мощностью 9 Вт на 640 нм (красный свет), 3 Вт на 535 нм (зеленый свет) и 6 Вт на 458 нм (синий свет). Уровень проработки красной трубки близок к промышленному освоению. Теперь основная задача связана с совершенствованием технологии получения наноразмерных структур для зеленого и синего лазера. Но это — предмет следующего, уже стартовавшего, этапа работы.

По материалам Агентства научной информации
«ФИАН-информ», 19 января 2012 г.

Иллюстрации с интернет-сайта ФИАНа
Материал подготовила Марина МАЛЫГИНА

ВИАМ: ПРОДОЛЖЕНИЕ ПУТИ



Академик Евгений КАБЛОВ, генеральный директор
Всероссийского научно-исследовательского
института авиационных материалов

**В июне 1932 г. приказом по наркомату тяжелой промышленности СССР
был основан Всесоюзный (ныне Всероссийский)
институт авиационных материалов (ВИАМ).**

**В марте 1994 г. постановлением Правительства Российской Федерации
ему присвоили статус Государственного научного центра РФ.**

**Сегодня, как и десятилетия назад, разработки крупнейшего в нашей стране
материаловедческого предприятия во многом определяют
облик изделий отечественной авиационно-космической и атомной техники,
они также находят применение в машиностроении,
энергетике, строительстве, транспорте, в сфере медицины.**

Всероссийский институт авиационных материалов.

«Наука необходима народу.
Страна, которая ее не развивает,
неизбежно превращается в колонию».

Фредерик Жолио-Кюри

Всероссийскому научно-исследовательскому институту авиационных материалов — восемьдесят лет. Срок внушительный. Но дело не в его продолжительности, а в том, какие это были годы и какие достигнуты результаты. Для страны, для авиации, для отраслевой науки.

Уже в 1932 г. ученые института под руководством профессора Георгия Акимова (член-корреспондент АН СССР с 1939 г.) разработали и внедрили в самолетостроение первую отечественную высокопрочную сталь «хромансиль», что позволило освободиться от импортных поставок молибдена и никеля. Спустя пять лет здесь впервые была создана авиационная броня, спасшая жизни тысяч летчиков, а в 1940 г. — высокопрочный древесный композит дельта-древесина. Кстати, самый массовый в истории авиации (более 36000 единиц) штурмовик Ил-2 — «летающий танк» — изготавливали с применением именно этих двух материалов. Большое количество боевых самолетов удалось сохранить благодаря предложенным в 1942–1943 гг. мягким пожаробезопасным фибровым топливным бакам.

В послевоенные годы по инициативе и под руководством академика Сергея Кишкина были разработаны новые никелевые литейные и деформируемые жаропрочные сплавы с гетерофазной системой упрочнения для реактивных газотурбинных двигателей. В числе достижений тех же лет — аустенито-мартенситная сталь, легированная кремнием, и ингибитор топлива, примененные при создании ракеты Р-7, которая вывела на околоземную орбиту первый искусственный спутник Земли. По словам генерального конструктора академика Валентина Глушко*, «создание ракетных комплексов было бы невозможным без материалов ВИАМа». А совместно с КБ, возглавлявшимся академиком Сергеем Королевым**, специалисты института создали алюминиевые, магниевые и титановые сплавы, теплозащитные покрытия для космического корабля «Восток», на котором совершил свой легендарный полет Юрий Гагарин.

ВИАМ участвовал и в реализации советского атомного проекта, предложив специальный сплав циркония с ниобием для тепловыделяющих элементов атомных реакторов (ТВЭЛ), а также конструкции и технологии производства этих элементов, в частности, для ядерной силовой установки атомного ледокола «Ленин». Впервые была освоена технология введе-

ния уранового топлива в графитовые стержни и исследованы неметаллические материалы различных классов с целью оценки их стойкости к ионизирующим излучениям. Совместно с институтом, возглавлявшимся академиком Игорем Курчатовым, созданы центрифуги, в которых нашли применение новый алюминиевый сплав и полимерные композиционные материалы, что способствовало существенному увеличению объема промышленного производства обогащенного урана-235.

В 1960–1980 гг. на основе открытия академиком Иосифом Фридляндером эффекта упрочнения и повышения жесткости в тройной системе алюминий-литий-магний создан первый в мире свариваемый алюминий-литиевый сплав пониженной плотности, используемый в самолетах Як, Су, МиГ и др.

Работы по применению титана для авиации были начаты в ВИАМе в 1934 г. А в 1950-е годы удалось получить первый сплав на его основе и создать установку для литья этого металла. Институт разработал более полусотни титановых сплавов, серийно используемых в технике различного назначения, в том числе в конструкциях автоматических межпланетных станций «Марс», «Венера»* и других, что позволило существенно снизить их массу. Из титана был изготовлен фюзеляж экспериментального ударно-разведывательного бомбардировщика-ракетоносца Т-4 («сотка»), созданного ОКБ Сухого, центроплан стратегического бомбардировщика-ракетоносца ТУ-160.

В 1964 г. по инициативе ВИАМа в СССР были начаты исследования в области разработки неметаллических, полимерных и композиционных материалов, в том числе угле-, стекло-, органопластиков и пенопластов, герметиков, элементов остекления и радиопоглощения, нашедших широкое применение в конструкциях самолетов Ан-124, Ан-225, Ту-160, МиГ-29, Су-27, лопастей и планера вертолетов Ка-32, Ка-50, Ми-26, деталей газотурбинных двигателей, космических и ракетных комплексов и других изделий машиностроения, транспорта и строительства.

В 1974–1987 гг. институт разработал комплекс уникальных материалов (волокна, теплозащита, композиты, клеи, лакокрасочные покрытия) для многоэтапного космического корабля «Буран».

В 1970–2000 гг. созданы технология и оборудование для высокоградиентного литья монокристаллических лопаток с транспирационным (проникающим) охлаждением и их защиты от высокотемпературной газовой коррозии, разработаны высокожаро-

*См.: Ю. Марков. Властелин ракетного огня. — Наука в России, 2008, № 5 (прим. ред.).

**См.: Н. Королева. Имя его и космос неразделимы. — Наука в России, 2007, №1 (прим. ред.).

*См.: В. Сенкевич. Российская космонавтика на рубеже веков. — Наука в России, 2001, №1 (прим. ред.).



Проведение испытаний на трещиностойкость в условиях воздействия коррозионной среды на универсальной сервогидравлической машине.

прочные сплавы с повышенным содержанием рения и рутения для газотурбинных двигателей. В 1985–2005 гг. реализована концепция создания интеллектуальных и адаптирующихся полимерных композиционных материалов. Впервые в мировой практике выполнено крыло обратной стреловидности из адаптирующегося углепластика для экспериментального самолета-истребителя С-37 «Беркут».

Перечисленное — лишь часть того, что удалось сделать сотрудникам ВИАМа за прошедшие десятилетия. Всего за годы его существования в творческом содружестве с конструкторскими бюро, отраслевыми институтами и АН СССР (позднее РАН) разработано 2658 марок конструкционных и функциональных материалов, более 3500 оригинальных и прорывных технологий, получено 5400 авторских свидетельств и патентов. Ежегодно промышленность осваивает около 130 разработок института. Мы заключили более 250 лицензионных договоров и контрактов с отечественными и зарубежными предприятиями на передачу прав использования патентов Российской Федерации и ноу-хау. ВИАМ участвует в 65 авторитетных научных проектах и контрактах, представляя оригинальные результаты своих работ.

Конечно, все это — заслуга нескольких поколений наших ученых. В их числе академики Кузьма Андрианов, Андрей Бочвар, уже упоминавшиеся Сергей Кишкин и Иосиф Фридляндер, члены-корреспонденты АН СССР Георгий Акимов, Рубен Амбарцумян, Владимир Добаткин, Алексей Туманов, член-корреспондент РАН Радий Шалин, академик АН УССР Николай Давиденков, академик АН БССР Борис Ерофеев, доктора технических наук Иван Сидорин, Николай Скляров, Сергей Глазунов, Яков Аврашин, Иван Колобнев, Софья Кишкина и другие выдающиеся ученые. Нынешнее поколение научных сотрудников развивает их идеи, также широко применяя результаты фундаментально-ориентированных исследований.

Передовая конструкторская мысль всегда опиралась на достижения наук о материалах, именно они — основа прорывных успехов в создании новой техники, в том числе летной. Сегодня авиационное материаловедение при всем разнообразии направлений призвано решать две важнейшие практические задачи: создание комплекса материалов для планера летательных аппаратов и для газотурбинных двигателей. При проектировании этих изделий в первую очередь добиваются снижения массы конструкций, их габаритов, обеспечения работоспособности деталей в условиях силового, температурного, коррозионного и других воздействий. В современной авиакосмической технике используются алюминиевые, титановые, магниевые сплавы и стали (до 60%), полимерные и металлические композиционные материалы (до 40%).

Говоря о композитах, приведу прогноз физико-химика, лауреата Нобелевской премии 1956 г. академика Николая Семенова: «Появятся вещества, которые сразу будут служить и материалом, и механизмом, и источником энергии». И это предположение выдающегося ученого в немалой степени сбывается. В ответ на запросы практики, а иногда и опережая их, создаются «самозалечивающиеся», т.е. сами устраняющие микроразрушения, и «умные» материалы, в режиме реального времени извещающие о состоянии конструкции, структурированные системы, в которых атомы и молекулы материала выстроены строго по линиям нагружения и возникающих напряжений.

Подобные разработки возможны лишь на базе глубоких фундаментальных и прикладных исследований, тесного взаимодействия на стыке науки и производства. Об этом свидетельствует плодотворное сотрудничество ВИАМа с 30 институтами РАН, с 16 вузами и более 70 предприятиями различных отраслей промышленности. Приведу лишь один пример.

Под руководством академиков Николая Кузнецова, Павла Саркисова и автора данной статьи коллекти-



Производственный участок изотермической штамповки на воздухе, оснащенный специализированными прессами, где изготавливаются опытно-промышленные и серийные партии штамповок дисков.

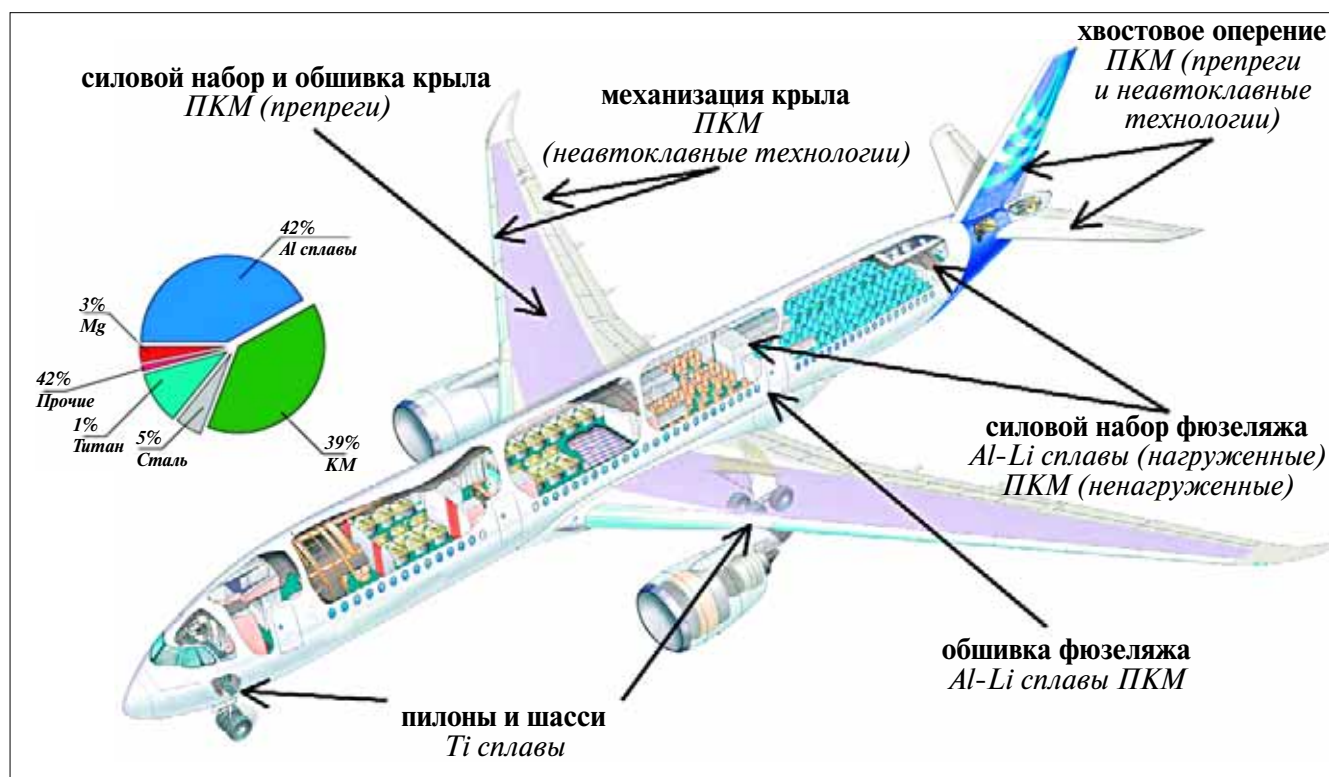
вом молодых ученых Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева и ВИАМа разработан не имеющий аналогов в мире технологический процесс получения безволоконного конструкционного высокотемпературного керамического композиционного материала на рабочую температуру до 1500°C . По этому последнему показателю и термостойкости он превосходит зарубежные аналоги, обладая наряду с этим высокой прочностью, эффектом самозалечивания микродефектов с восстановлением до 100% исходных механических характеристик.

Использование данного материала позволяет повысить эксплуатационные характеристики газотурбинных установок, авиационных и гиперзвуковых воздушно-реактивных двигателей, обеспечить работоспособность элементов теплонагруженных конструкций при температурах эксплуатации на $300\text{--}400^{\circ}\text{C}$ выше, чем в применяемых в настоящее время материалах, значительно (в разы) повысить экологичность

при их эксплуатации, снизить массу изделий в 2–3 раза.

Тем же коллективом авторов совместно со специалистами из Института энергетических проблем химической физики РАН (Москва) и Института химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН (Санкт-Петербург) предложены многоуровневые градиентные системы защиты высокотемпературных углеродсодержащих композитов, выдерживающих температуры до 2000°C в агрессивной среде (в том числе в плазмохимических потоках). Указанные системы обеспечивают работоспособность теплонапряженных узлов и деталей из углеродсодержащих композитов, в том числе в элементах перспективных гиперзвуковых летательных аппаратов (носок фюзеляжа, передние кромки крыльев).

Актуальность полученных результатов связана с тем, что в России отсутствует производство непрерывных тугоплавких армирующих наполнителей на основе волокон карбида кремния, аналогичных применяемым за рубежом. Основные их разработки и



Перспективные материалы планера.

изготовители — фирмы Японии — не продают лицензии на технологии, а поставка в Россию волокон карбида кремния запрещена.

Авторам этих работ — кандидатам технических наук Денису Гращенкову, Наталье Уваровой (ВИАМ) и кандидату химических наук Елизавете Симоненко (Московская государственная академия тонкой химической технологии им. М.В. Ломоносова) присуждена премия Президента Российской Федерации в области науки и инноваций для молодых ученых за 2010 г.

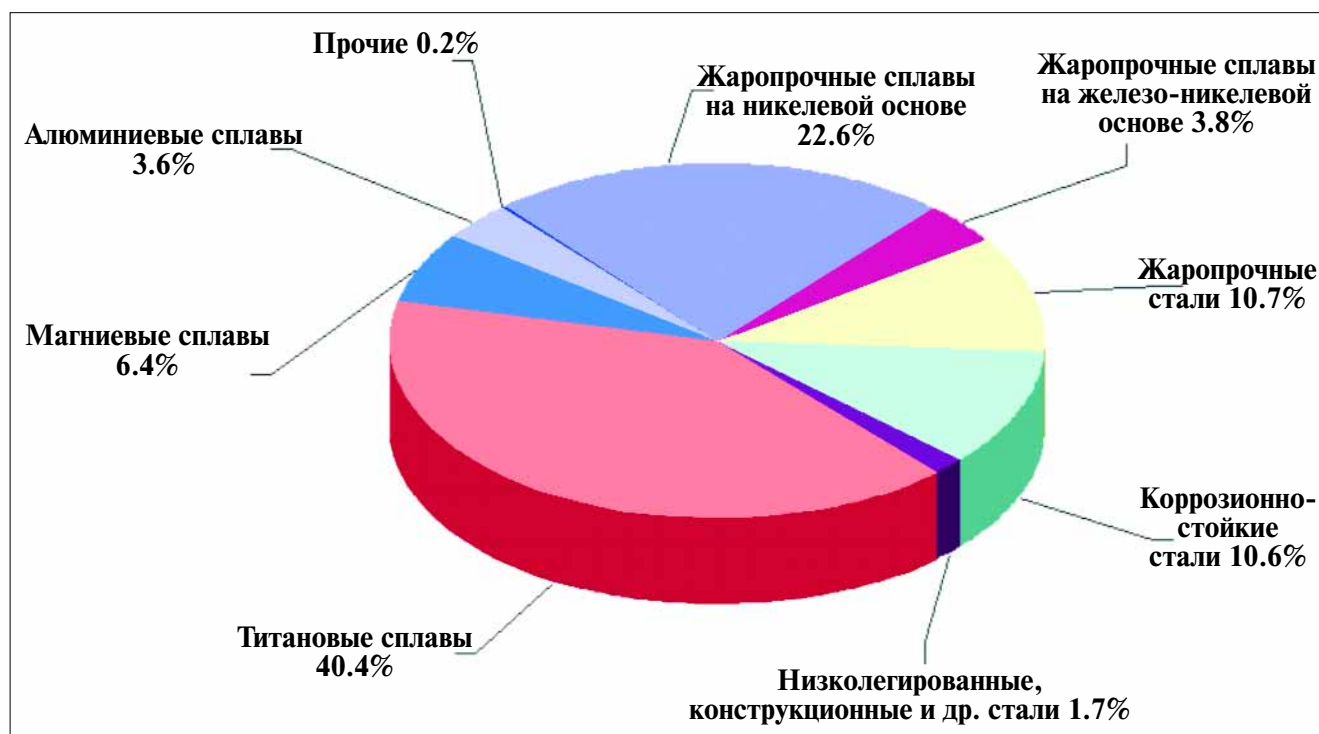
Полимерные композиционные материалы (ПКМ) благодаря значительным преимуществам по удельной прочности и жесткости, исключительному сочетанию конструктивных и теплофизических свойств все шире используют в летательных аппаратах. Так, если в планере и интерьере самолета Ту-204 объем ПКМ составлял 14% от массы, то в пассажирских аэробусах нового поколения он достигает 50%.

Отметим, ПКМ на основе углеволокна — один из эффективных способов снижения массы летательного аппарата. Но крайний дефицит производства таких волокон в Российской Федерации вынуждает нас использовать импортные волокнистые наполнители для разработки отечественных поликомполитов, конкурентоспособных на мировом рынке. Серия таких материалов в ВИАМе уже создана. Однако следует учитывать: использование импортных волокон ограничено и подконтрольно, поэтому требуется разработка отечественных волокон с принципиально новым уровнем характеристик — для российских производителей.

Нашими специалистами предложены подходы к получению препрегов* с повышенной точностью весовых характеристик. А на созданном в институте соответствующем научно-технологическом комплексе эти новые разработки реализуются в условиях реального производства: изготавливаются образцы для паспортизации ПКМ, выпускаются партии полуфабрикатов, а также образцы-демонстраторы изделий авиационной техники.

Одно из самых перспективных и быстроразвивающихся направлений в материаловедении — так называемые интеллектуальные материалы. Первое их поколение — самоадаптирующиеся полимерные композиты — обладало способностью перераспределять механические напряжения в конструкции. Второе представляют информкомполиты — с интегрированными сенсорами. Подобно нервной системе человека, тонкие волоконно-оптические нити пронизывают конструкцию, регистрируя деформации и температуры. Третье поколение — механокомполиты. Для них характерна обратная связь на основе множества миниатюрных актюаторов (исполнительных устройств). Последние управляются электрическим напряжением и способны развивать усилия до сотен ньютонов с перемещением вплоть до единиц миллиметров. Механокомполиты могут применяться для замены механических узлов, активного гашения вибраций и перераспределения механических напряже-

*Препреги — композитные материалы-полуфабрикаты; их получают путем пропитки армирующей волокнистой основы равномерно распределенными полимерными связующими (прим. ред.).



Различные виды сплавов в двигателе ПС-90А.

ний в конструкциях. В настоящее время ВИАМ при участии институтов РАН активно разрабатывает ПКМ интеллектуального типа.

Очень важно, что идеи наших специалистов находят воплощение в стенах самого ВИАМа. Уникальная опытно-экспериментальная база института, включающая 19 научно-технических комплексов, составляет основу для инновационной деятельности, в том числе по получению на основе собственных разработок наукоемкой высокотехнологичной продукции как для внутреннего рынка, так и на экспорт. Причем выполняется весь цикл работ — от фундаментальных, прикладных исследований до собственно материала, технологии, оборудования, подготовки документации и организации малотоннажного производства.

Помимо уже упомянутого комплекса по выпуску препрегов из ПКМ, к числу наиболее важных следует отнести производство керамических материалов, а также литых прутковых заготовок из жаропрочных никелевых сплавов для газотурбинных авиадвигателей. Высокая стоимость жаропрочных сплавов, содержащих дорогостоящие металлы (рений, тантал, кобальт и др.), потребовала решить задачу рациональной переработки всех отходов, образующихся в металлургическом и литейном производствах, а также на ремонтных заводах, куда поступают отработавшие свой век двигатели. В ВИАМе разработана и внедрена ресурсосберегающая технология переплава отходов сплавов в вакуумных индукционных печах, позволяющая из 100%-ных литейных отходов получать прутковые заготовки, полностью отвечающие

по чистоте и свойствам предъявляемым жестким требованиям. Таким образом дорогие и дефицитные легирующие металлы возвращаются в производство, обеспечивается их экономия, а стоимость сплавов снижается на 30–50%. За период с 2005 г. по настоящее время по данной технологии изготовлено и поставлено на моторные заводы свыше 200 т сплавов различных марок.

Институтом предложена принципиально новая вакуумная ионно-плазменная технология высоких энергий, предназначенная для нанесения защитных, упрочняющих и теплозащитных покрытий на лопатки турбины, компрессора и другие детали авиационных двигателей и газотурбинных установок, что многократно повышает их ресурс. С этой целью разработаны и производятся автоматизированные установки МАП-2 и МАП-3.

Организован выпуск штамповок дисков газовых турбин из жаропрочных никелевых и титановых сплавов изотермическим способом* — на воздухе. С этой целью создан производственный участок, оснащенный специализированными прессами, на которых изготавливаются опытно-промышленные и серийные партии штамповок дисков диаметром до 350, 400 и 550 мм. Величины требуемого при этом усилия на прессах значительно уменьшились: с 6000–10000 тс при традиционной технологии до 630 и 1600 тс. Одновременно коэффициент использования материала увеличился в 2–3 раза. За комплекс этих работ кол-

*Изотермический способ штамповки предполагает, что штамп и заготовка нагреваются в процессе деформации до одной и той же температуры (прим. ред.).



**Сборка заготовок ПКМ
в «чистой» комнате
с контролируемым климатом
и уровнем запыленности.**



**Испытания материалов
с контролем
уровня деформации
в рабочей части образца.**

лективу сотрудников института присуждена премия Правительства Российской Федерации в области науки и техники за 2010 г.

Отмечу также налаживание производства феноло-каучуковых пенопластов ФК-20, ФК-40, широко используемых для теплозащиты в авиакосмической технике, в том числе истребителях Су-27, МиГ-29, ракетноносителях «Протон» и «Союз».

В институте исследуют также климатическую и коррозионную стойкость материалов, разрабатывают защитные и функциональные покрытия — лаки,

краски, герметики, а также методики оценки усталостной долговечности применяемых в авиации сплавов с учетом воздействия окружающей среды. Для решения этих проблем ВИАМ в 2009 г. ввел в эксплуатацию Геленджикский центр климатических испытаний им. члена-корреспондента АН СССР Георгия Акимова.

К своему 80-летию ВИАМ подошел с весомыми результатами в области промышленных материаловедческих технологий, используемых в гражданских и оборонных отраслях промышленности. Наши усилия



Вакуумная индукционная установка для выплавки литых прутковых заготовок из жаропрочных никелевых сплавов с высокой чистотой металла по примесям и узким интервалом легирования.

сегодня направлены на решение не только отраслевых, но и комплексных межотраслевых и междисциплинарных задач в рамках федеральных целевых программ, в том числе с использованием механизма технологических платформ*. Решением Правительственной комиссии по высоким технологиям и инновациям утверждены разработанные по инициативе ВИАМа две из них: «Новые полимерные композиционные материалы и технологии» и «Материалы и технологии металлургии», в которых мы определены координатором при участии около 200 ведущих научных, учебных и производственных организаций страны. Опять же по нашей инициативе с привлечением ряда ведущих научных и производственных организаций разработан проект подпрограммы «Национальная сеть центров климатических испытаний».

Согласно экспертным оценкам, более 80% приоритетных разработок новой техники в ведущих облас-

тях экономики в ближайшие годы будет базироваться на новых материалах и технологиях. Только их наличие может обеспечить переход промышленности на новый технологический уклад, производство отечественной конкурентоспособной техники.

Комиссией по модернизации и технологическому развитию экономики России определены пять ключевых приоритетных направлений, обеспечивающих технологический прорыв. Но очевидно, ни одно из них не может быть реализовано без комплексного развития отечественных технологий в области материалов нового поколения и реализации принципов глубокой переработки сырья, что позволило бы избежать ситуации, когда Российская Федерация, поставляя свое сырье за границу, там же покупает продукты с высокой добавленной стоимостью на его основе.

Сегодня потребность в новых «сверхматериалах» испытывают самые разные отрасли, поэтому ВИАМ выступил с предложением о включении направления «Материалы и глубокая переработка сырья» в Приоритеты модернизации экономики России. Как нам представляется, успешная реализация замысла долж-

*Технологическая платформа — коммуникационная площадка для взаимодействия бизнеса, науки, потребителей и государства по вопросам модернизации и научно-технического развития по определенным технологическим направлениям (прим. ред.).



**Геленджикский центр климатических испытаний
им. члена-корреспондента АН СССР Георгия Акимова.**

на быть подкреплена соответствующей государственной программой. В настоящее время наше предложение поддержано Министерством промышленности и торговли РФ, Министерством обороны РФ, Комитетом по науке и наукоемким технологиям Государственной Думы, Комитетом по образованию и науке Совета Федерации, многими другими правительственными учреждениями, а также корпорациями и предприятиями.

Конкурентоспособный на внешнем и внутреннем рынках инновационный продукт могут создавать только всесторонне подготовленные высококвалифицированные ученые, инженеры, рабочие. Самые большие средства, вложенные в науку, в обновление производства, не принесут желаемого результата, если не будет людей, способных генерировать и осуществлять смелые идеи. Вопросам развития кадрового потенциала в институте уделяется большое внимание.

Сегодня в ВИАМе трудятся 1806 сотрудников. Возраст 839-ти из них не превышает 35 лет, в то время как в 1996 г. из общего их числа (2400) количество молодежи до 35 лет составляло 34. То есть за последние полтора десятилетия средний возраст снизился с 61,5 до 44, 2 лет. И мы стараемся делать так, чтобы они почувствовали: их труд востребован институтом и отраслью. У нас за каждым молодым специалистом закреплен «учитель» — наставник, на первых порах помогающий ему повысить свою компетенцию и освоиться в коллективе.

Другим важным фактором привлечения молодежи стало максимальное — почти на 75% — обновление исследовательского и технологического оборудования. Хорошо работая, получают достойную зарплату,

для них нет проблемы карьерного роста. Ежегодно наши молодые ученые участвуют в международных выставках и семинарах, выступают на традиционной международной европейской конференции молодежи по материаловедению.

В целях сохранения и поддержания ведущих научных школ мирового уровня, развития научного потенциала ВИАМ готовит для своих подразделений специалистов высшей квалификации в аспирантуре, а также инженеров на совместно созданных базовых кафедрах при Московском авиационно-технологическом университете им. К.Э. Циолковского, Московском государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана и Московском государственном вечернем металлургическом институте. Действует соглашение о научно-техническом сотрудничестве с семью национальными исследовательскими университетами России, активно сотрудничаем с университетами Германии и Нидерландов.

В заключение приведу высказывание великого итальянского художника, ученого, мыслителя, инженера Леонардо да Винчи: «Кто знает все, тот может все. Только бы узнать, и крылья будут». Слова эти, произнесенные пять веков назад, актуальны для нас и сегодня.

Иллюстрации предоставлены автором

ЛИТИЙ-ИОННЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ ИЗ СИБИРИ



Марина ХАЛИЗЕВА, журналист

Компания «Лиотех», созданная в 2010 г. корпорациями «Роснано» (Россия) и «Thunder Sky Group Limited» (Китай), запустила в 12 км от г. Новосибирска первый в нашей стране и крупнейший в мире завод по производству литий-ионных аккумуляторов для транспорта и накопителей энергии. Его мощности – 1 ГВт · ч – хватит на то, чтобы ежегодно выпускать 1 млн высокеемких батарей и оснащать ими свыше 5 тыс. электробусов.

Инвестиционный проект, в который основатели «Лиотеха» вложили почти 14 млрд руб., стал едва ли не самым масштабным в постсоветской истории региона. Заводской комплекс площадью ~40 000 м² (из них 38 тыс. – производственная зона), построенный в рекордные сроки (за 9 месяцев) на территории Промышленно-логистического

парка «ПНК-Толмачево», оснащен четырьмя автоматическими линиями компании «Thunder Sky». Гибкие модульные системы можно легко перенаст-

**Здание «Лиотеха» на территории
Промышленно-логистического парка «ПНК-Толмачево».**



**Запуск завода
по производству
литий-ионных аккумуляторов
высокой емкости.**

раивать с учетом интересов потребителей и внедрения новых разработок. Здесь будут выпускать три основные модели аккумуляторов номинальной емкостью 200, 300 и 700 А · ч (ампер-часов), пригодных для всех типов электромобилей, в том числе грузовых и пассажирских, с дальнейшим расширением номенклатуры изделий для спецтранспорта, энергетики, накопителей разного типа — от 2 кВт до 100 МВт. «Начиная этот проект, мы понимали, что все существующие производства в нашей стране, связанные с аккумуляторной промышленностью, позавчерашние, — сказал во время официального открытия завода глава «Роснано» Анатолий Чубайс. — Мы отстали, и было ясно, что нужен масштабный прорывной проект, переводящий данную индустрию на новый технологический уровень». По его словам, новосибирский производственный комплекс — один из лучших в мире, поскольку здесь внедрена самая продвинутая технология изготовления литий-ионных аккумуляторов.

Поставщиком комплектующих и сырья выступила китайская сторона, но уже к 2014 г. производство будет ориентировано исключительно на российские разработки. Именно это обстоятельство и предопределило выбор региона для размещения завода. Новосибирск — город с высоким научным и кадровым потенциалом, превосходящий другие сибирские регионы по числу организаций, занимающихся выпуском интеллектуальных продуктов. В его Академгородке сосредоточены институты, имеющие опыт создания компонентов энергоемких батарей. Рядом — Новосибирский завод химконцентратов — единственный в стране, где производят литий и его соединения. В перспективе именно он будет поставлять «Лиотеху» сырье.

Корпорация «Роснано» тщательно подходила к выбору зарубежных партнеров. Литий-ионные аккумуляторы появились на мировом рынке химических

источников тока в конце 1990-х годов. Выпускают их, главным образом, в США, Канаде и странах Юго-Восточного региона. Китайская компания «Thunder Sky Group Limited» — один из мировых лидеров серийного производства литий-ионных батарей большой емкости. За ее плечами — свыше 10 лет работы в данной области и запатентованная технология «Thunder Sky», которая, по условиям сделки, была перенесена на новосибирскую площадку.

При производстве аккумуляторов здесь используют катод сложной архитектуры, изготовленный из наноразмерного композиционного материала на основе литий-ферро-фосфата (LiFePO_4) — лучшего на сегодняшний день по химической и структурной устойчивости.

Напомним, до недавнего времени в коммерческих аккумуляторах в качестве положительного электрода (анода) применяли кобальтит лития (LiCoO_2). Он был создан и запатентован еще в 1980 г. американским физиком из Техасского университета Джоном Гуденафом. С его помощью удалось совершить революцию в технологиях хранения электроэнергии. Но LiCoO_2 имел существенные недостатки: высокую стоимость, токсичность и, главное, склонность к самовозгоранию, а потому не мог отвечать главному требованию автопроизводителей к аккумуляторам — безопасности при перегреве и экстремальном режиме эксплуатации. Ситуация изменилась в 1996 г., когда тот же Гуденаф предложил другое соединение — литий-ферро-фосфат (LiFePO_4) — дешевый, стабильный катодный материал, идеально подходящий для использования в качестве источника энергии. Лишь один недостаток — низкая электропроводность — мешал широкому внедрению LiFePO_4 в практику. Сделать из этого соединения коммерчески привлекательный продукт помогли нанотехнологии.

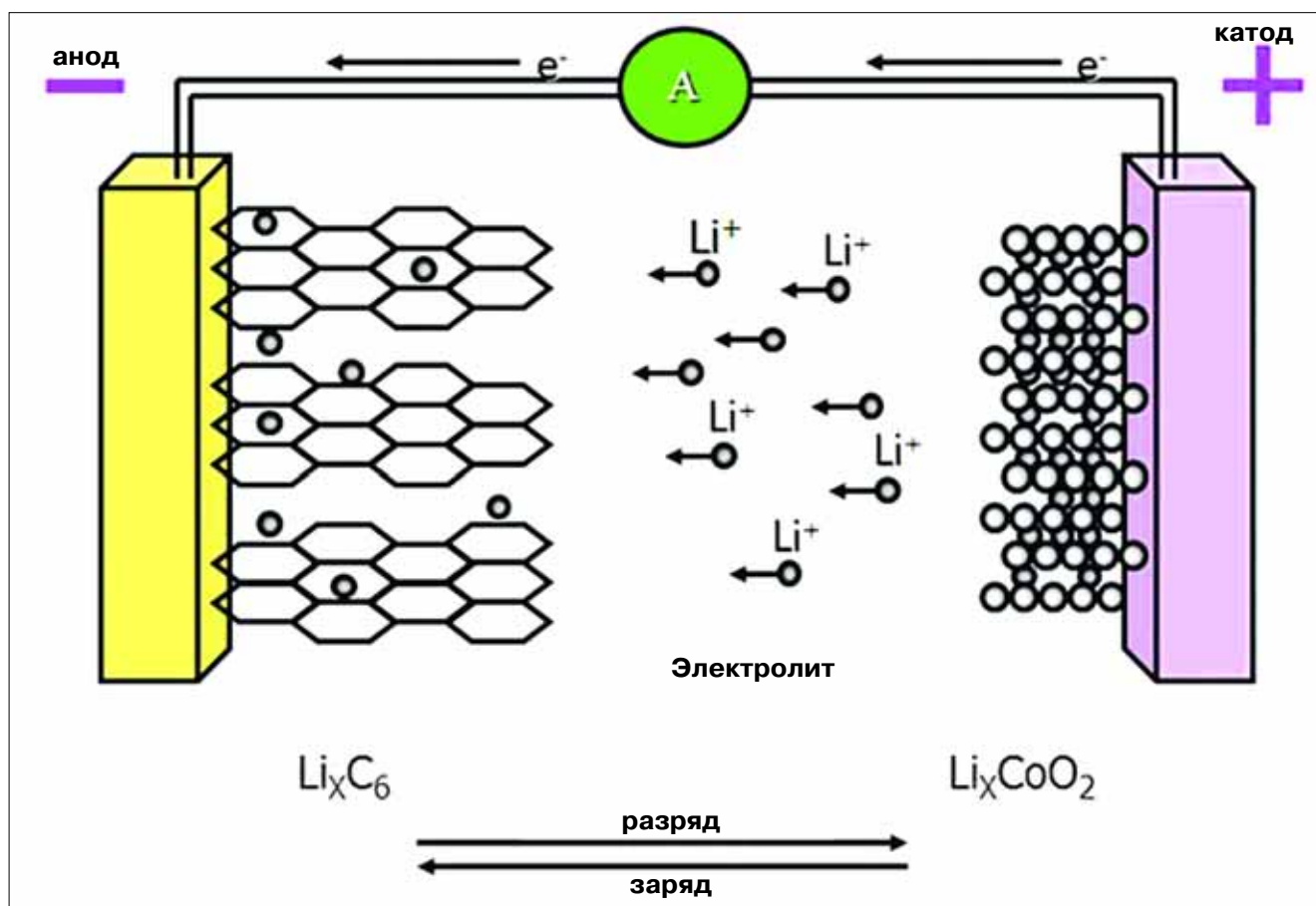


Схема работы литий-ионного аккумулятора.

В начале XXI в. канадский физик Мишель Арманд доказал: если размер входящих в его состав железо-фосфатных частиц уменьшить до десятков нанометров и нанести на поверхность LiFePO_4 слой углеродного покрытия, то получится композит с высокой электронной проводимостью. Кристаллическая структура такого соединения практически не подвержена износу и внутренним трансформациям. Именно этот перспективный для электротранспорта материал лежит в основе технологии «Thunder Sky». Созданные на его базе аккумуляторы имеют существенные преимущества по сравнению с мировыми аналогами: отсутствие эффекта памяти после многочисленных циклов зарядки и разрядки, возможность заряда большими токами за 20 мин до 70%-ной емкости, широкий температурный диапазон эксплуатации (от -45°C до $+65^\circ\text{C}$), надежность и безопасность, подтвержденные международными сертификатами.

Новый завод — удачный пример трансфера зарубежных высоких технологий, привлечения иностранных инвестиций в отечественное наукоемкое производство, создания новых рабочих мест. При выходе предприятия на проектную мощность здесь будут трудиться свыше 500 человек. Продукция индустриального гиганта уже имеет гарантированный

рынок сбыта на ближайшие 4 года: «Thunder Sky» планирует выкупать большую ее часть для исполнения контрактов с китайскими производителями машин. Дело в том, что правительство Поднебесной решило к 2015 г. перевести на электродвигатели 25% общественного транспорта — это свыше 1 тыс. автобусов в каждом крупном городе. К тому моменту в стране планируют производить до 500 тыс. электро-мобилей в год. Однако несмотря на грандиозные планы партнеров, завод в Новосибирске постепенно будет переходить на производство батарей прежде всего для нужд российского рынка, причем к 2014 г., напомним, китайские технологии и сырье заменят сибирскими разработками и комплектующими.

Для этих целей «Роснано» параллельно реализует еще один проект по запуску в серийное производство нового материала для аккумуляторов, разработанного специалистами Института химии твердого тела и механохимии СО РАН (научный руководитель кандидат химических наук Нина Косова). Они предложили энергосберегающий и экологически чистый механохимический метод получения композиционного соединения LiFePO_4/C , основанный на поверхностном модифицировании катодных материалов наноразмерными оксидами с помощью активаторов. Предлагаемый процесс производства, отмечают раз-



**Завод оснащен
автоматизированными
сборочными линиями.**

работчики, осуществляется на воздухе и не требует специальных дорогостоящих установок. Получаемые в результате нанокompозиты превосходят по ряду параметров (емкостные и мощностные характеристики, уменьшение скорости деградации при циклировании и хранении, устойчивость к перезаряду) зарубежные аналоги, в том числе китайский, применяемый для производства батарей «Thunder Sky». Их внедрение обеспечит работоспособность аккумуляторов при высоких скоростях заряда-разряда и достижение разрядной емкости 150–160 мА·ч в год.

Как утверждает в интервью изданию «РБКdaily» директор Института химии твердого тела и механохимии СО РАН, член-корреспондент РАН Николай Ляхов, низкие временные и энергозатраты на процесс производства, недорогие исходные реагенты, экологические преимущества (отсутствие сточных вод) делают LiFePO_4/C наиболее перспективным для использования в гибридных авто- и электромобилях, где большое значение имеют цена и безопасность. «Роснано» вложит в инновации наших химиков почти миллиард рублей.



**Продукция завода
соответствует требованиям
международного стандарта.**

Поставщиком катодной массы и ключевых компонентов литья будет Новосибирский завод химконцентратов, где успешно функционирует опытно-промышленная установка для их получения. Вместе с тем намечено и новое строительство: на промплощадке уже определили место для завода катодного материала мощностью 3500 т в год. Вообще же программа импортозамещения предусматривает концентрацию вокруг «Литотеха» кластера высокотехнологичных производств с исследовательским центром по разработке и коммерциализации российских нанотехнологических продуктов в области источников тока.

Начиная с этого года завод будет наращивать объемы производства. В 2012 г., по оценке главы «Роснано», его выручка составит 9–10 млрд руб., а к 2015 г. она увеличится до 35–40 млрд руб. Если «Литотех» реализует заявленные планы развития, то его доля на российском рынке производства аккумуляторов составит 60%, а на мировом — 10–15%, заявил Чубайс в Новосибирске. Фактически предприятие может стать системообразующим для региона.

Необходимость внедрения электротранспорта в повседневную жизнь очевидна: стоимость его обслуживания и эксплуатации существенно ниже по срав-



Готовые запаянные аккумуляторы весом от 10 до 26 кг поднимает робот-манипулятор.

нению с автомобилями на двигателях внутреннего сгорания. На зарядку аккумулятора большого электробуса потребуется всего 150–200 тыс. руб. в год при его эксплуатационном ресурсе не менее 600 тыс. км пробега, в то время как топливо для его «собрата» обойдется в 750–800 тыс. руб. при среднегодовом пробеге 80 тыс. км. При этом средств на обслуживание электробуса нужно почти на 30% меньше. Однако самый веский аргумент в пользу развития этого вида транспорта — его экологичность, способность значительно улучшать состояние окружающей среды мегаполисов. По расчетам специалистов, перевод автобусов и грузового парка в крупных городах на электрическую тягу может снизить выбросы вредных веществ в атмосферу почти на 50%. Вот почему так заинтересованы в продукции «Лиотеха» власти Москвы, Санкт-Петербурга, Новосибирска, Казани, Ставрополя и других крупных городов нашей страны. Первый контракт на поставку новых аккумуляторов на сумму 3 млрд руб. подписан с компанией «Мобэл» (Республика Татарстан). Есть соглашение с Москвой: 100 автобусов с электроприводом от батарей на литий-ионных аккумуляторах придут в столицу уже в 2012 г., еще 1000 — в следующем году.

Правительство Первопрестольной также рассчитывает получить от инженеров «АвтоВАЗа» (Тольятти, Самарская область) — ведущего российского производителя легковых машин — первый отечественный электромобиль с поэтическим названием «ElLada» для расширения столичного таксомоторного парка. С появлением литий-ионных аккумуляторов нового поколения у автомобильного гиганта появился отличный шанс сделать эту разработку коммерчески успешной. Свое детище — один из двух существующих на данный момент экземпляров — концерн впервые представил на московском Между-

народном форуме «Роснанотех» в октябре 2011 г. «ElLada» использует шасси и кузов «Калины»-универсала. Десятая часть веса электромобиля (1215 кг) приходится на блок литий-ферро-фосфатных аккумуляторов. В силовую систему также входит 60-киловаттный электродвигатель и редуктор. Срок службы батарей, заверяют разработчики, может достигать 3000 циклов заряда-разряда. Одним словом, если заряжать машину раз в день, то аккумулятора хватит на 8 лет (450–500 тыс. км пробега). «Заправить» машину можно будет от обычной розетки (220 В, 16А, 50 Гц) за 8 ч. Средняя стоимость зарядки в нашей стране составит 80–90 руб. Такие батареи обеспечат 160–170 км автономного хода. Чтобы разогнаться со старта до 100 км, «железному коню» потребуется 13 с, а максимальная скорость будет ограничена 140 км/ч.

О стоимости электромобиля в концерне пока не говорят, поскольку для его массового производства в нашей стране необходима соответствующая инфраструктура, которая пока не создана. Но представители «АвтоВАЗа» полагают, что цена «ElLada» будет сопоставима с зарубежными аналогами: 1–1,5 млн руб., причем, при хорошем спросе она может быть и ниже.

Однако есть еще одна отрасль промышленности, где литий-ионные аккумуляторы будут завоевывать все более сильные позиции, — электроэнергетика. Отличающиеся высоким КПД (95–99%), они могут служить сетевым накопителем энергии, незаменимым для покрытия суточных и сезонных пиков потребления электроэнергии, а также резервным источником питания.

В январе 2012 г. в Москве проходил международный Гайдаровский форум, на котором обычно обсуждают главные стратегические задачи российской экономики. Госкорпорация «Роснано», демонстри-

Гибридный микроавтобус
«Ford Transit»
на литий-ионных
аккумуляторах компании
«Лиотех».



Первый отечественный
электромобиль «ElLada».

ровавшая тут новаторские разработки в области нанотехнологий, представила макет бытового накопителя энергии на основе литий-ионных аккумуляторов компании «Лиотех», способного запасать электроэнергию, забирая ее из энергетической сети в период избыточной генерации (ночью), а при дефиците (днем) «выдавать» ее обратно с заданными параметрами. По сравнению с дизель-генераторными установками или источниками бесперебойного питания на базе свинцово-кислотных батарей эти накопители экологичны и безопасны в эксплуатации, занимают

мало места и не требуют специального обслуживания. Не случайно Научно-технический совет госкорпорации «Олимпстрой» принял решение применять литий-ионные аккумуляторы новосибирской компании в составе накопителей энергии и источников бесперебойного питания на объектах Олимпиады-2014 в Сочи.

*Иллюстрации с сайтов
госкорпорации «Роснано» и компании «Лиотех»*

ЗАРУБЕЖНЫЕ НОУ-ХАУ В РОССИЙСКУЮ ФАРМАЦЕВТИКУ

Марина МАЛЫГИНА, журналист

В конце 2011 г. госкорпорация «Роснано» (Москва) заключила инвестиционное соглашение о финансировании проекта по созданию препаратов на основе технологических платформ, разработанных двумя известными в области медицины американскими компаниями «BIND Biosciences» и «Selecta», вышедшими из лабораторий Массачусетского технологического института и Гарвардской медицинской школы. Разработку в России нового класса синтетических вакцин и средств иммунной терапии для лечения рака и других заболеваний будут осуществлять с привлечением отечественного научного и клинического опыта их дочерние фирмы «Селекта РУС» и «Байнд РУС». Как полагают эксперты, производство жизненно важных для значительной части населения РФ лекарств выйдет на поток через 4–5 лет.



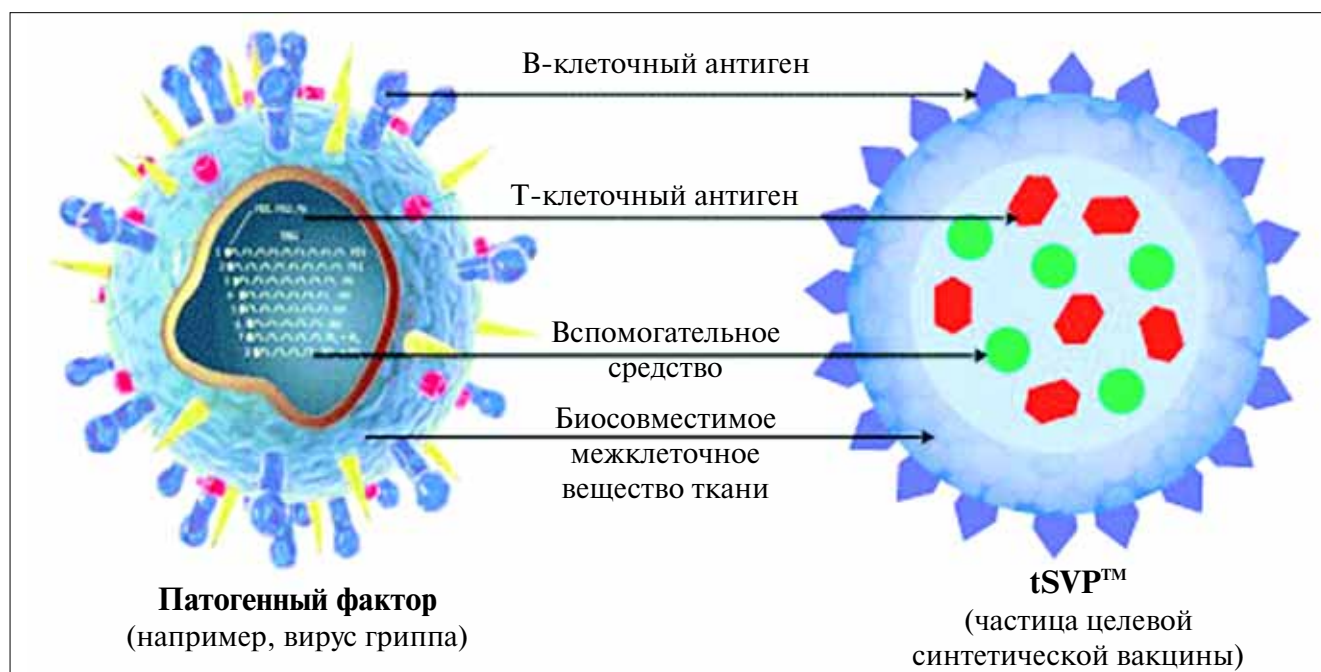
Подписание инвестиционного соглашения о финансировании проекта по созданию инновационных препаратов на основе технологических платформ компаний «BIND» и «Selecta» на IV Московском международном форуме по нанотехнологиям «Rusnanotech». 2011 г.

По условиям соглашения «Роснано» инвестирует по 25 млн дол. в зарубежные компании, а те в свою очередь привлекают по 22,25 млн дол. от существующих и новых инвесторов, доводя общий объем вложений в бизнес каждой фирмы до 47,25 млн дол. При этом госкорпорация получит 9,89% акций «BIND» и 12% «Selecta». Средства будут перечислены несколькими траншами в зависимости от хода реализации проекта и достижения задач в России. Дополнительное финансирование, а также расширение научной и клинической базы в РФ, считают за океанские эксперты, выведут разработки компаний на новый уровень, в полной мере раскрывая потенциал препаратов на основе нанотехнологий, откроют доступ к быстрорастущим фармацевтическим рынкам и возможность максимально использовать перспективные технологические платформы для создания новых лекарственных средств, улучшающих здоровье пациентов, страдающих тяжелыми недугами.

Заметим, США для корпорации давно стали одним из основных партнеров на Североамериканском континенте. Поэтому год назад здесь была учреждена «Rusnano USA, Inc.» для поиска проектов в сфере на-

нотехнологий, представляющих интерес для российского потребителя, и их финансирования. «У нас очень динамичная картина развития делового сотрудничества с США, — заявил глава «Роснано» Анатолий Чубайс в декабре 2011 г. во время поездки в эту страну. — Буквально каждые 2–3 месяца появляется новый проект. Я не могу назвать конкретную сумму наших инвестиций на текущий момент, но речь идет о сотнях миллионов долларов». На резонный вопрос журналистов, зачем нужны такие мощные вливания в иностранные фирмы, он ответил: «Становясь собственником, мы выдвигаем главное условие — перенос бизнеса в Россию, трансфер технологий. То есть каждый из вложенных за океаном миллионов будет способствовать приходу на наш рынок иностранных разработок с высоким технологическим потенциалом». Иными словами, «Роснано» приобретает зарубежные новации с тем, чтобы открывать новые производства на территории нашей страны. Инвестирование в «Selecta» и «BIND» — лидеров в области нанофармацевтики — прямое подтверждение этих слов.

Напомним, технологические платформы компаний были созданы в лабораториях Гарвардской медицин-



Наночастицы «Selecta» имитируют естественные патогены.

ской школы и Массачусетского технологического института под руководством профессоров Омида Фарохзада и Роберта Лангера. Имя последнего широко известно за пределами США: он занимается разработкой полимерных материалов и технологий адресной доставки лекарственных препаратов в пораженные ткани с регулируемым действием активного вещества. Его изобретения применяют в онкологии, сердечно-сосудистой терапии и других областях медицины. Ежегодно до 100 млн больных проходят лечение по методике новатора. Лангер — один из самых плодотворных ученых-изобретателей в истории медицины, имеющий на счету около 850 патентов и заявок на них в разных странах, обладатель крупнейшей международной премии за достижения в области технологий — Millennium Technology Prize (2008 г.), основанной правительством Финляндии в 2004 г. В последнее время эксперты регулярно называют его наиболее вероятным кандидатом на Нобелевскую премию (в традиционный список главных претендентов на эту награду он был включен и в 2011 г.). Такие партнеры, считают в «Роснано», — залог успешной реализации проекта.

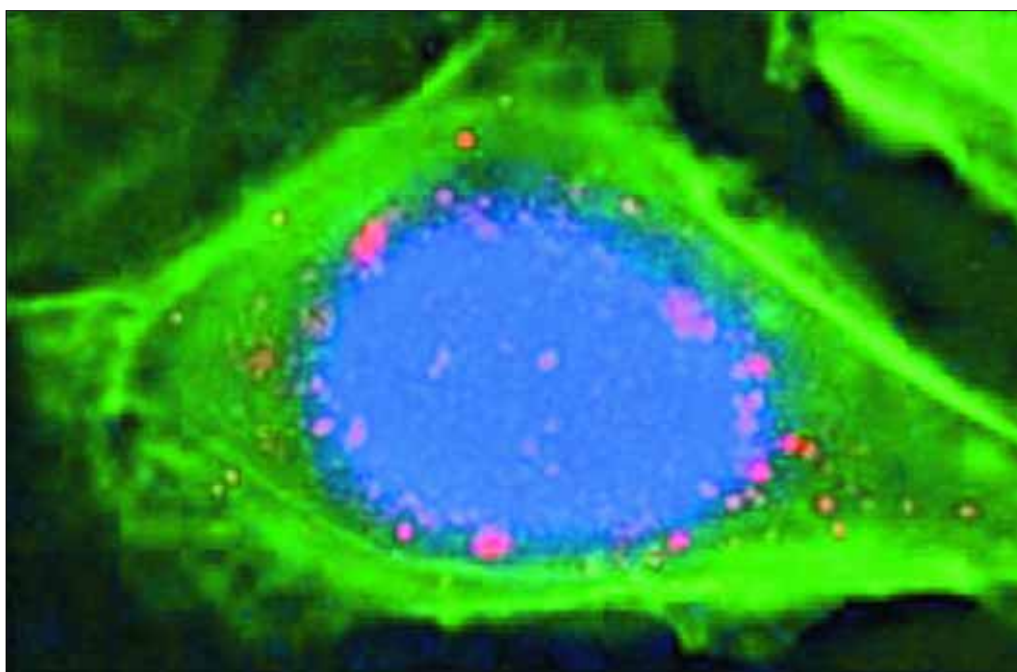
Его участники выходят на российский рынок с впечатляющими результатами, способными внести существенный вклад и в отечественное здравоохранение. Биофармацевтическая компания «Selecta» создает на базе запатентованной технологической платформы Synthetic Vaccine Particles (SVP™) — синтетические вакцинные частицы — новый класс препаратов, имеющих широкий спектр терапевтических применений: онкологические, аутоиммунные и инфекционные заболевания, а также разные типы зависимостей. В ней сошлись достижения двух областей знания — иммунобиологии и нанотехнологии, на

стыке которых и были созданы лекарственные средства нового поколения, обеспечивающие оптимальное взаимодействие с иммунной системой организма. В зависимости от клеток-мишеней и молекулярной информации, закодированной в наночастице, они могут вызывать сильный ответ или, наоборот, толерантность в отношении широкого спектра антигенов.

Наиболее перспективной здесь считают вакцину для отказа от курения SEL-068, проходящую сейчас стадию клинических испытаний. «Она активизирует иммунную систему, и та начинает активно вырабатывать антитела, связывающие поступающий в кровь никотин, — объясняет механизм действия препарата президент и генеральный директор «Selecta» Вернер Котрилс. — Их комплекс слишком велик, чтобы пройти сквозь гематоэнцефалический барьер, поэтому они не дают никотину достичь мозга и вызвать эффект привыкания».

В линейке инновационных продуктов компании — универсальная вакцина tSVP™ против гриппа, создающая, как показали последние исследования, высокий титр (от франц. titre — определение) антител у грызунов при подкожном и интраназальном (через нос) введении. Ее планируют применять во время пандемии заболевания для повышения защитной реакции пациентов. tSVP™, уверяют эксперты, будет иметь сильные конкурентные преимущества на рынке по сравнению с действующими аналогами.

В высокой степени готовности находится и препарат против нескольких штаммов вируса папилломы человека. Его эффективность подтверждена Национальным институтом злокачественных новообразований США (NCI): инновационная вакцина продемонстрировала нейтрализацию вируса для всех 6 испы-



Накопление наночастиц Accurins™ в цитоплазме.

танных штаммов. Она может дополнить или заменить применяемые сейчас противовирусные средства. Кроме того, здесь готовят к испытаниям вакцины против малярии, а также для лечения диабета I типа (инсулинозависимого).

Хороший шанс занять свою нишу на мировом рынке нанофармацевтики у партнеров «Selecta» — компании «BIND», разрабатывающей новый класс высокоизбирательных терапевтических агентов направленного действия под названием Accurins, способных накапливаться в пораженных тканях, повышая эффективность лечения рака и других патологических состояний. Один из препаратов этой серии — BIND-014 — уже получил высокую оценку онкологов. В ходе клинических испытаний было доказано: он значительно повышает концентрацию входящего в его состав препарата доцетаксел в районе так называемых солидных опухолей, включая рак груди, легких и предстательной железы, простаты, при минимальном распространении на другие ткани. Значит, врачи могут значительно увеличивать дозу лекарства, убивающего пораженные клетки без риска повреждения здоровых, и тем самым повышать эффективность лечения. Важно также подчеркнуть: BIND-014 назначают для лечения метастазирующих новообразований и опухолей на последней стадии развития.

По словам генерального директора «Селекта РУС» и «Байнд РУС» Роберта Роусена, соглашение с «Роснано» и другими инвесторами примерно в 2 раза увеличит объем деятельности американских лабораторий. «Это значительно ускорит нашу работу над перспективными вакцинами и средствами иммунотерапии», — сказал, комментируя сделку, президент «Selecta» Вернер Котрилс. — Кроме того, наша деятельность в Рос-

сии дает конкурентные преимущества в виде дополнительных возможностей для организации производств, а также лучшего учета потребностей пациентов в вакцинах против никотиновой зависимости и инфекционных заболеваний на развивающихся рынках».

Точку зрения коллеги разделяет и генеральный директор «BIND» Скотт Миник: «Это исключительная возможность для компании расширить свой портфель разработок и ускорить создание адресных лекарственных препаратов для лечения рака и других заболеваний. Наше преимущество — в сочетании сильного инвестиционного партнера в лице «Роснано», выдающихся способностей российских ученых и инженеров и присутствии на стратегически важном рынке здравоохранения».

Как сообщил управляющий директор «Роснано» Дмитрий Лисенков, первым продуктом, созданным в нашей стране в рамках проекта, станет вакцина против никотиновой зависимости. При выборе возможных вариантов размещения лабораторий и производства, менеджмент американских компаний остановился на Московской области. Сейчас идет набор специалистов разного профиля: химиков, биологов, химических инженеров. Они пройдут обучение в лабораториях США. В России для них уже будут подготовлены лабораторные помещения. Что касается препаратов, то наиболее продвинутые среди них могут появиться на отечественном рынке, как утверждают эксперты, через 2–3 года. А те, что находятся на первой из трех стадий клинических исследований, — через 4–5 лет.

Иллюстрации с сайта госкорпорации «Роснано»

ДИАТОМОВАЯ ЛЕТОПИСЬ БАЙКАЛА И ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

Академик Михаил КУЗЬМИН, директор Института геохимии
им. А.П. Виноградова СО РАН (Иркутск),
доктор биологических наук Галина ХУРСЕВИЧ,
Белорусский государственный педагогический университет
им. Максима Танка (Минск, Республика Беларусь)

**Среди одноклеточных организмов есть совершенно особенная группа –
диатомовые водоросли, или диатомеи.**

**Они живут одиночно или образуют разнообразные колонии
в виде нитей и цепочек, трубочек и звездочек, вееров и кустиков,
лент и пленок. Их единственная клетка заключена в панцирь –
наружную твердую кремнеземную оболочку.**

**Ее форма необычайно затейлива,
причудлива, а структура настолько изящна и красива,
что кажется творением искусного художника.**

О РОЛИ ИСКОПАЕМЫХ ДИАТОМЕЙ

Впервые изображения диатомовых водорослей появились 300 лет назад, когда Левенгуком был изобретен световой микроскоп. Первые обстоятельные наблюдения и изучение строения их клетки и панциря были проведены на протяжении XIX в. Качественно новый уровень исследования начался с середины XX в. в связи с введением в практику трансмиссионного (просвечивающего) и сканирующего (отражающего) электронных микроскопов, которые позволили получить но-

вые, ценные для систематики сведения о тонкой структуре панциря современных и ископаемых диатомей.

Общепризнанна роль диатомовых водорослей для решения биостратиграфических, палеоолимологических и палеоклиматических задач. Кремнеземные панцири и створки диатомей в благоприятных условиях могут сохраняться в породах миллионы лет и являются носителями информации о биологическом разнообразии прошлых геологических эпох, о времени и условиях седиментации. Для таких целей прово-



Буровой комплекс на Байкале.

дится бурение отложений дна водоема с последующим послойным изучением видового состава ископаемых окаменелых диатомей снизу вверх по всему осадочному разрезу, вскрытому керном, и устанавливаются особенности изменения их качественного и количественного состава. На основе полученной информации выделяются уровни появления или исчезновения отдельных видов/родов, уровни массового появления или резкого сокращения численности тех или иных таксонов, сопоставленные с возрастной моделью изученного осадочного разреза. Затем проводится сравнение выделенных уровней с известными событиями, характеризующими изменения климата на планете в целом или в отдельном регионе, что позволяет выяснить причины вымираний, а также смен отдельных таксонов диатомовых водорослей в конкретной экосистеме.

Говоря о палеоклиматических «сигналах», получаемых при расшифровке «посланий из прошлого», следует иметь в виду: данные об изменении состава диатомей и численности створок нельзя с помощью каких-либо математических формул трансформировать в параметры климата, такие как среднегодовые температуры, суммы атмосферных осадков и т.д. Однако прийти к выводу об относительной изменчивости климата в ту или иную эпоху вполне реально. Например, можно понять, в какой период (ледниковый или межледниковый) накапливались определенные слои донных отложений озера Байкал. Еще одним важным аспектом анализа палеоклимата по данным диатомовых исследований является оценка стабильности условий природной среды и климата. А границы существенных смен состава и численности водорослей указывают на значительные изменения среды их обитания. По детальным диатомовым записям ученые определяют общие тенденции и отдельные палеоклиматические события, их возраст на геологической шкале.

ПРОЕКТ «БАЙКАЛ-БУРЕНИЕ»

Изучению изменения климата в Центральной Азии был посвящен международный проект «Байкал-бу-

рение» (BDP — Baikal Drilling Project), реализованный в 1991–2006 гг. Кратко остановимся на его историческом аспекте.

В 1989 г. по инициативе известного геолога и океанолога Льва Зоненшайна (член-корреспондент РАН с 1991 г.) была составлена программа «Глубоководная экология, палеоолимнология и геодинамика Байкала», поддержанная председателем СО АН СССР академиком Валентином Коптюгом, его заместителем академиком Николаем Добрецовым и президентом АН СССР академиком Гурием Марчуком. Она предполагала новый этап геологических, геофизических и подводных исследований озера.

В том же году на Международном геологическом конгрессе в Вашингтоне американские специалисты, в первую очередь профессор Университета Южной Каролины Дуглас Вильямс, предложили российским коллегам начать совместное изучение глобальных изменений природной среды и климата Центральной Азии на основе глубоководного бурения на Байкале. (Интерес зарубежных исследователей к данному региону не случаен. К тому времени было известно: получение непрерывных палеоклиматических записей в Северном полушарии возможно лишь на этом озере.)

Подготовку технического обеспечения работ взяло на себя Научно-производственное предприятие «Недра» Министерства геологии СССР. В 1992 г. к проекту присоединились японские ученые из Университета Киото (профессор Шоджи Хорие) и байкальской ассоциации (доктор Такаёше Каваи). В то же время работы поддержало Министерство науки и технологий РФ.

В 1992 и 1993 гг. сотрудники Южного отделения Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН и участники совместной с Геологической службой США экспедиции провели многоканальные сейсмические исследования и в результате оценили строение и мощность осадочной толщи Байкала. Тогда же в ходе реализации программы его дно изучали с помощью подводных обитаемых аппаратов «Пайсис». В это же время подготовили буровой комплекс, уста-



Торосы на Байкале.

новленный на барже, которая вместе с судном-буксиром должна была вмораживаться в лед при проведении работ.

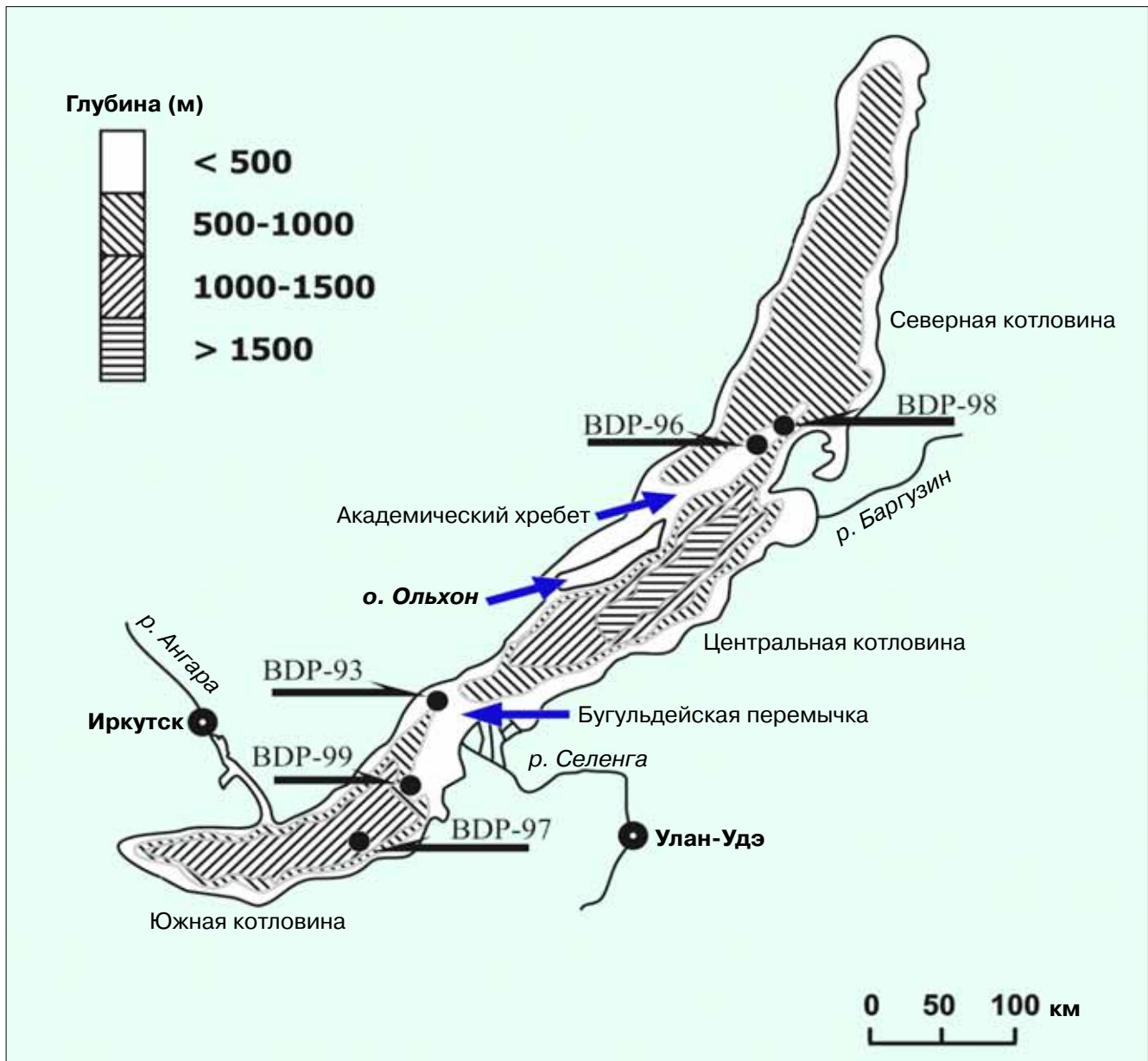
Еще до начала бурения ученые уточнили мощность (до 8 км) осадочного чехла озера, установили ритмичность строения осадков, обусловленную чередованием слоев, обогащенных створками диатомовых водорослей, сформированных в теплые межледниковые интервалы, и слоев, сложенных терригенными (обломочными) глинами, отлагающимися в холодные ледниковые периоды.

Первый вариант бурового комплекса смонтировали на 400-тонной барже. Его оборудование позволяло пройти скважины глубиной 200–300 м под толщей

воды до 300–400 м, что и удалось в ходе экспедиций 1993 и 1996 гг.

А в 1997 г. уже на 1000-тонной барже был создан буровой комплекс «Байкал-2000». В ходе экспедиций, состоявшихся в том же году и в два последующих, удалось проходить скважины до 1 км при глубине воды до 900 м. При проходке применяли керноприемники длиной до 6 м (а не 2 м, как ранее), благодаря чему значительно увеличилась ее скорость. В итоге выход керна составил 95–98 %, что отметили как высокое достижение специалисты международных программ научного океанического и континентального бурения.

Напомним: в целом Байкал состоит из трех глубоких котловин, отделенных друг от друга поднятиями.



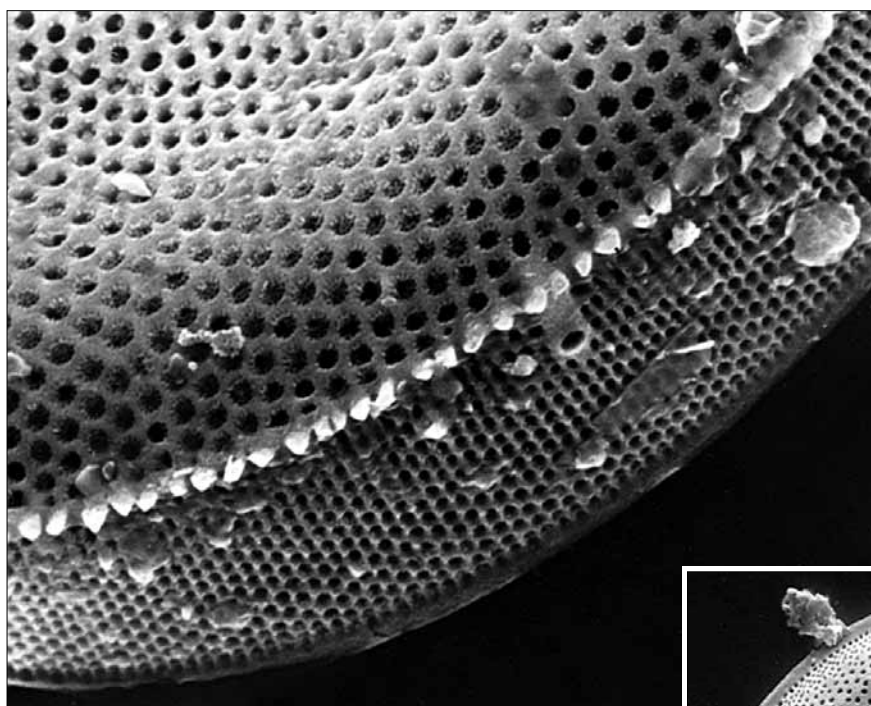
Батиметрическая карта озера Байкал. Точки – местоположение пробуренных скважин.

Так, Северная отделена от Центральной подводным Академическим хребтом, Центральная от Южной — Селенгино-Бугульдейской перемычкой. Самое первое бурение осуществили в 1993 г. именно на этой перемычке примерно в 6 км к юго-востоку от устья реки Бугульдейка в точке с координатами $52^{\circ}31'05''$ с.ш. и $106^{\circ}09'11''$ в.д. на глубине 354 м.

Еще одну попытку реализовали в 1996 г., но уже на поднятии Академического хребта в точке с координатами $53^{\circ}41'48''$ с.ш. и $108^{\circ}21'06''$ в.д. при толще воды 321 м. На близком расстоянии друг от друга были пробурены две скважины: BDP-96-1 глубиной 300 м (отбор керна проводился только до отметки 200 м) и BDP-96-2 глубиной 100 м.

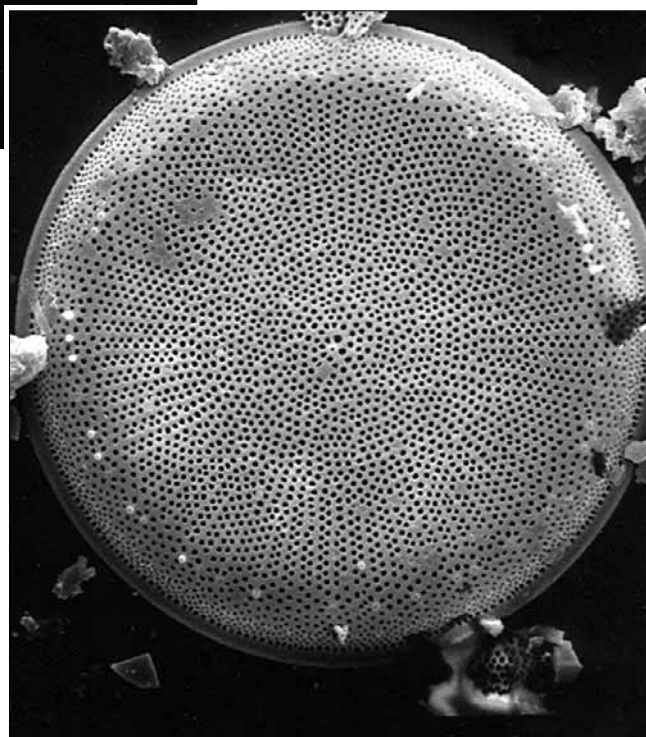
В 1998 г. работы на Академическом хребте провели в точке с координатами $53^{\circ}44'48''$ с.ш. и $108^{\circ}24'34''$ в.д., расположенной в 5 км севернее двух точек бурения BDP-96. Глубина скважины BDP-98 составила 670 м под толщей воды 333 м. Сплошной отбор керна осуществляли до отметки 600 м, причем его выход составил более 90%.

В следующем году бурение проводили в точке с координатами $52^{\circ}05'23''$ с.ш. и $105^{\circ}50'24''$ в.д., где глубина воды составляла 205,56 м, а скважины — 350,5 м. Это место отвечает так называемой Посольской банке, осадки которой во многом определяются взвешенным материалом, поступающим с реки Селенга. Здесь получена высокоразрешающая палеоклиматическая информация.



Actinocyclus immemorus
Khursevich et Fedenya.
Развивался в позднем миоцене Байкала.
Здесь и далее – сканирующая
электронная микроскопия.

Mesodictyopsis academicus
Khursevich, Iwashita, Kociolek et Fedenya.
Развивался в позднем миоцене Байкала.



ческая запись, отображающая экологию Селенгинского бассейна в очень далеком прошлом и дающая большую информацию об истории Байкальской впадины.

В целом в рамках проекта «Байкал-бурение» за 10 лет проведено пять буровых экспедиций, вскрывших семь скважин длиной от 40 до 630 м, получены донные отложения общей длиной более 1500 м, их возраст – более 8 млн лет. Разрешение (хронологическая точность) полученных палеоклиматических записей высокое и составляет от 20 до 200 лет в одном сантиметре керна. Общий объем полученных данных оказался настолько велик, что детальная обработка части из них заняла более 10 лет и продолжается в настоящее время.

Следует заметить, что выход на точку бурения не был простой «морской прогулкой». Плавучую установку подводили к ней в самом начале ледостава и поэтому она могла попасть в зоны торошения. В этой связи позволим себе небольшое отступление и приведем описание, сделанное одним из авторов данной статьи Михаилом Кузьминым при попадании бурового комплекса в такую опасную зону. «Вдруг появился какой-то гул. Ничего не понимая, я побежал на мостик. В рубке полная тишина, никто ничего не говорит, а гул нарастает. Ясно – пошел лед, началось образование торосов. Картина вокруг потрясающая! По правому борту появились трещины, в них вода, хотя несколько минут назад все было покрыто льдом... Лдины надвигаются и громоздятся друг на друга. Видно, как отдельные глыбы сплошного льда, высотой до метра и более, легко, как маленькие кубики, выбрасываются на лед, образуя зо-

ны торошения. От больших трещин отходит ряд поперечных, косых. Именно по ним происходит нагромождение льдин. Кажется, весь лед вокруг нас движется. Огромные пластины размером 5–8 × 4–5 м и толщиной до 20–30 см легко подныривают или наползают на преграждающее им путь поле. Грандиозная и устрашающая картина... Весь этот разгул стихии продолжался всего около 45 мин. Все, кто был на судне, члены команды и экспедиции, стояли у бортов, на носу или на мостике и молча созерцали то, что творила природа. Мы находимся на маленьком пароходе среди живущих и движущихся льдов,

которые, ломаясь и наползая друг на друга, образуют огромные поля торосов. Этому льду не страшна никакая преграда — он может сломать все. Чувствуешь себя маленьким и не защищенным человечком в ледяном плену, чувствуешь свою беспомощность перед природой и понимаешь, что с ней шутить нельзя».

Но вернемся к основной теме. Результаты изучения ископаемых диатомовых водорослей в глубоководных кернах Байкала, полученные за минувшие 15 лет, имеют мировой уровень. Этому благоприятствуют следующие обстоятельства. Как уже упоминалось, озеро Байкал расположено в высоких широтах, где вариации солнечной радиации проявляются особенно четко и хорошо выражены сезонные климатические колебания. Важны непрерывность, а также продолжительность разрезов (накопление 600-метровой осадочной толщи происходило на протяжении последних 8 млн лет). Отметим и детальный интервал опробования (через каждые 2 см для буровых кернов BDP-96-1, BDP-96-2 и через каждые 5–10, реже 15 см в керне BDP-98). И еще: удалось достичь высокого выхода керна (90–95%), точного возрастного контроля вскрытых отложений. Добытый материал изучали с использованием комплекса методов (диатомовый анализ, распределение биогенного кремнезема в разрезах, палинологические данные, а также показатели минералогического и химического состава осадков и др.), что помогло расшифровать глобальные и региональные изменения климата в регионе. Полученные палеоклиматические летописи можно рассматривать в качестве модельных для Азии и в целом для континентов Северного полушария.

В ходе работ были вскрыты осадочные разрезы, содержащие уникальную запись эволюции диатомовых водорослей, и на этой основе установлен возрастной диапазон вымерших эндемиков и реликтов, прослежены изменения морфологических признаков во времени и выяснены предполагаемые филогенетические связи отдельных родов и видов.

В целом в верхнекайнозойских* отложениях Байкала зарегистрирован богатый состав планктонных диатомовых водорослей класса *Coscinodiscophyceae*, представленный 16 родами, охватывающими 81 вид и 22 внутривидовых таксона. Из них новые для науки: одно эндемичное семейство (*Thalassiobeckiaceae*), три эндемичных для озера Байкал рода (*Mesodictyopsis*, *Stephanopsis*, *Thalassiobeckia*), 42 вида и 6 внутривидовых таксонов, принадлежащих к вымершим. Прослежены появление, расцвет и вымирание многих планктонных видов диатомей, что обусловлено неоднократными изменениями окружающей среды и палеоклимата.

*Кайнозойская эра — самая молодая в геологической истории Земли, охватывает и современную эпоху; началась 66 млн лет назад; подразделяется на палеогеновый, неогеновый и четвертичный (антропогенный) периоды (прим. ред.).

ЭВОЛЮЦИЯ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРосЛЕЙ В ПОЗДНЕМ МИОЦЕНЕ

Верхнемиоценовые* отложения вскрыты скважиной BDP-98 в интервале глубин 600–286 м. Их возраст составляет 8,00–5,32 млн лет. На основе изменения видового состава диатомей и их численности выделены 8 биостратиграфических зон. Если нижняя часть разреза данной скважины (600–492,32 м) характеризуется относительно низким содержанием створок диатомей и доминированием в ней на некоторых уровнях мелководных донных форм (*Staurosira*, *Fragilariforma* и др.), то в вышележащих отложениях (492,32–286 м) существенно увеличивается численность планктонных диатомовых водорослей, представленных вымершими представителями родов *Concentrodiscus*, *Actinocyclus*, *Mesodictyon*, а также значительным содержанием древних видов *Aulacoseira*, внутривидовым разнообразием и вариабельностью вымирающего вида *Cyclotella iris*.

Диатомный анализ и литологические особенности рассматриваемого интервала (тенденция к значительному уменьшению содержания гравия, песчаных прослоев, растительных остатков и фрагментов древесины к верхнему рубежу интервала отложений 600–286 м) указывают на формирование этих осадков первоначально в прибрежной зоне древнего бассейна в условиях большого притока терригенного материала древней реки Палеобаргузин, а затем постепенного замещения их тонкими илами в результате растяжения и дальнейшего углубления бассейна в районе расположения подводного Академического хребта, на котором и была заложена упомянутая скважина. Во временном интервале от 6,6 до 4,8 млн лет интенсивно эволюционировал впоследствии вымерший род *Mesodictyopsis*, представленный 7 эндемичными видами.

ЭВОЛЮЦИЯ ДИАТОМЕЙ В ПЛИОЦЕНЕ

Первые данные, показывающие очевидную связь изменения видового состава и содержания створок диатомовых водорослей с изменениями палеоклимата Восточной Сибири за последние 2,5 млн лет, получены учеными и опубликованы еще в 1998 г. Более детальные исследования диатомей в 200-метровом керне (скважина BDP-96) представлены позднее. Возраст основания этой толщи составляет около 5,4 млн лет. Полный разрез плиоцена** был вскрыт лишь скважиной BDP-98. Причем его отложения расчленены на 13 биостратиграфических зон, отражающих основные биологические и палеоклиматические события, происходившие в древнем бассейне и на территории Байкальского региона. Вымирание видов *Mesodictyopsis* и последовавшее за ним доминирование и

*Миоцен — нижнее подразделение неогенового периода, начавшегося ~23,5 млн лет назад и продолжавшегося примерно 20 млн лет (прим. ред.).

**Плиоцен — эпоха неогенового периода; началась около 5,3 млн лет назад, закончилась примерно 1,8 млн лет назад (прим. ред.).

исчезновение круга форм *Cyclotella iris* соответствуют, вероятно, продолжительной волне похолодания в начале плиоцена (5,3–4,7 млн лет).

Появление, обильное развитие и угасание видов *Tertiariopsis* в сочетании с массовостью древних видов *Aulacoseira* происходило в условиях климатического оптимума (4,7–4,44 млн лет). Доминирование нового рода *Stephanopsis* совместно с древними видами *Aulacoseira* отражает продолжительный постоптимальный интервал существования благоприятных условий в палеоводоеме (4,44–3,5 млн лет). Монодоминантное развитие нового позднего вымершего эндемика *Stephanopsis costatus* и временное исчезновение из планктона озера древних видов *Aulacoseira* соответствуют началу значительного похолодания климата в регионе во временном интервале 3,5–2,85 млн лет. И внезапное обильное появление мелких по размерам быстроисчезающих видов *Tertiarius* и *Stephanodiscus*, сменившееся небольшой вспышкой нового, позднее вымершего рода *Thalassiobeckia*, свидетельствует о кратковременном улучшении палеоэкологических условий в древнем бассейне на фоне прогрессирующего похолодания климата во второй половине среднего плиоцена (2,85–2,64 млн лет).

Полное же отсутствие представителей трех вымерших родов — *Stephanopsis*, *Tertiarius* и *Thalassiobeckia* — и появление в планктоне Байкала новых, позднее вымерших видов *Cyclotella* отражают драматические изменения окружающей среды в палеоводоеме в течение наиболее существенного похолодания здешнего климата (2,64–2,46 млн лет), обусловленного, по всей вероятности, развитием самого раннего горного оледенения в этом регионе около 2,5 млн лет назад. И наконец, развитие двух впоследствии вымерших эндемиков *Cyclotella distincta* и *Cyclotella tempereiformica*, количественное содержание которых неоднократно менялось в планктоне древнего озера, характеризует реакцию его экосистемы на периодические изменения климата во временном интервале 2,46–1,81 млн лет.

Следует отметить, что в раннем и среднем плиоцене (5,32–2,5 млн лет) в Байкале появились, интенсивно развивались и вымерли четыре рода диатомовых водорослей (вначале *Tertiariopsis*, затем *Stephanopsis*, позднее *Tertiarius* и *Thalassiobeckia*), что свидетельствует о высоких скоростях эволюции пресноводных планктонных диатомей.

РАЗВИТИЕ ДИАТОМЕЙ В ПЛЕЙСТОЦЕНЕ И ГОЛОЦЕНЕ

Детальные исследования плейстоценовых* отложений, наиболее полно вскрытых в разрезе скважины ВДР-96-2 на глубине 72,8–0,11 м, позволили рассчитать их на 43 диатомовые зоны, отражающие ледниково-межледниковую ритмичность климата. Именно

*Плейстоцен — начался примерно 1,8 млн лет назад, закончился около 10 тыс. лет назад; характеризуется общим похолоданием климата Земли, периодическим возникновением в средних широтах обширных материковых оледенений (прим. ред.).

контрастные условия природной среды того времени стали причиной частых и глубоких перестроек в экосистеме озера.

Так, в начале раннего плейстоцена (1,81–1,51 млн лет) невысокая численность и прерывистое развитие практически одного доминантного вымершего вида *Cyclotella comtaeformica* в древнем бассейне отражает существенное похолодание климата в данном регионе. На протяжении следующего интервала (1,51–1,25 млн лет) развитие этого вида завершается на фоне появления в небольшом количестве видов *Aulacoseira* и *Stephanodiscus*, что указывает на очередное изменение окружающей среды в водоеме.

Сравнительный анализ состава диатомовых сообществ, характерных для последующих теплых и холодных интервалов плейстоцена, показывает, что можно выделить четыре периода в их развитии. Каждый из них имеет определенный уровень стабильности сообщества, обусловленный изменениями притока на Землю солнечной радиации. Границы периодов соответствуют резким изменениям климата и палеоэкологических условий в Байкале, а значит, и существенным структурным перестройкам в планктонных диатомовых сообществах, — их начало совпадает с рубежами некоторых морских изотопно-кислородных стадий (на основе различий изотопов кислорода они показывают теплые и ледниковые периоды).

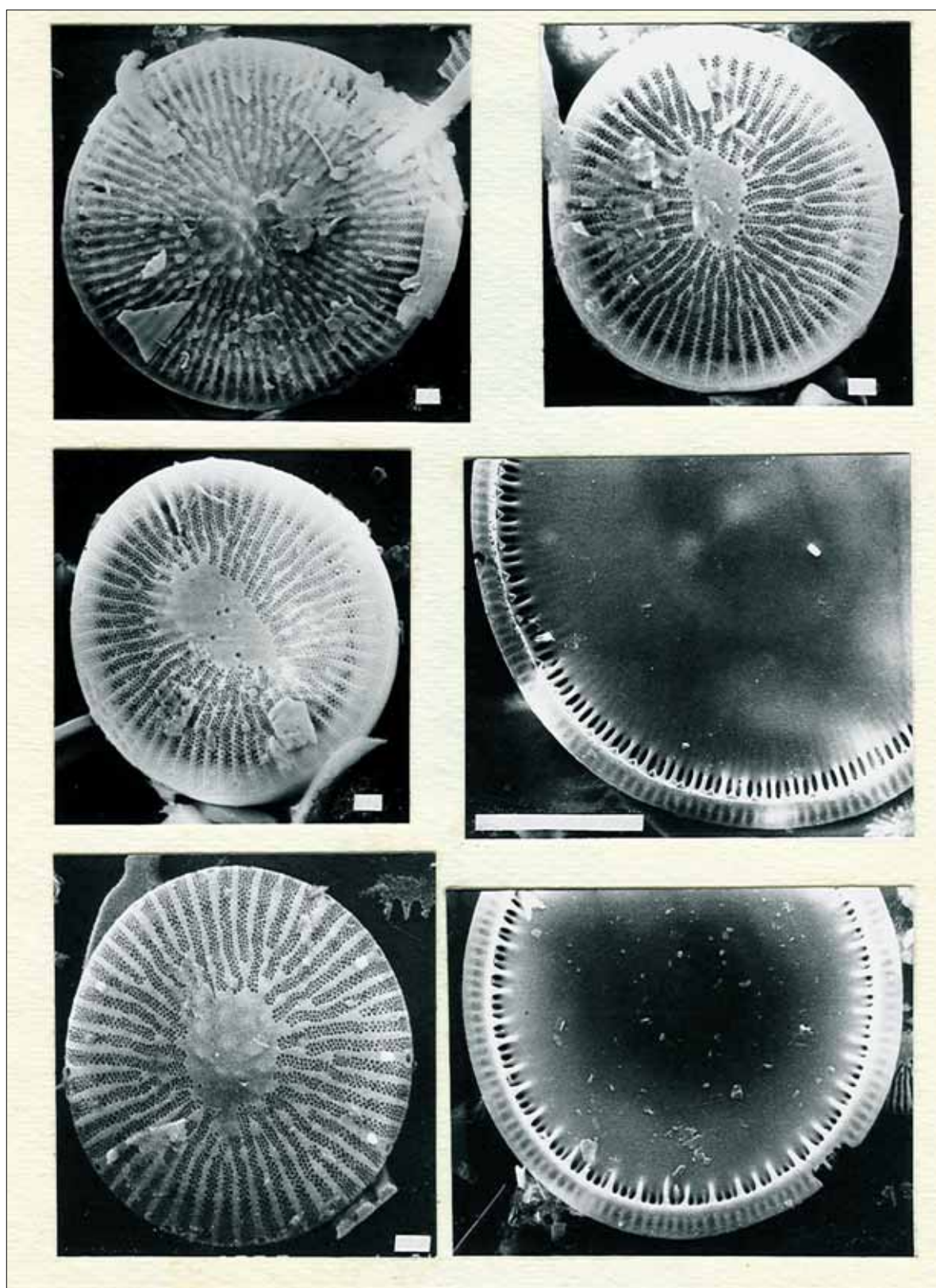
Период 1,25–0,612 млн лет назад отличается интенсивным видообразованием и вымиранием в пределах рода *Stephanodiscus*. Возрастной диапазон отдельных его представителей не превышает 13–15 тыс. лет, что свидетельствует об их зависимости от быстрого изменения природной среды. Отметим, по сравнению с таксонами *Stephanodiscus* вымерший вид *Cyclotella prae-minuta* появился и развивался в древнем бассейне на протяжении более продолжительного времени (около 170 тыс. лет).

Временной интервал 595–365 тыс. лет, когда амплитуды изменения в инсоляции Земли были незначительными, характеризуется обилием диатомей в Байкале, стабильным, практически непрерывным развитием планктонного сообщества, представленного главным образом вымершим эндемиком *Stephanodiscus distinctus et var. excentricoides*. Кроме того, в этом интервале отмечается первое появление и максимальное количественное содержание нового вида *Cyclotella minuta*.

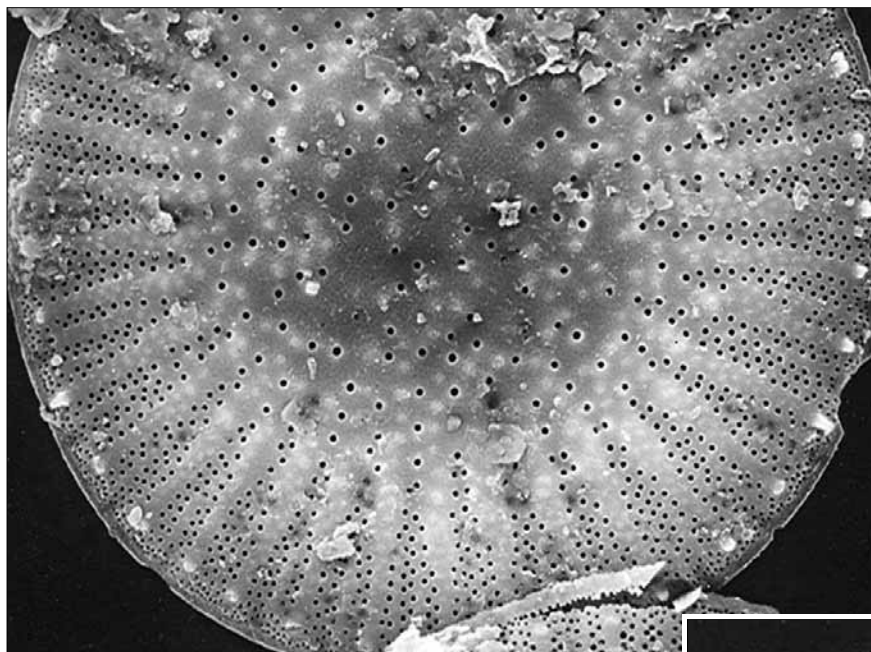
Период, охватывающий 342–74 тыс. лет, выделяется появлением, обилием и вымиранием видов группы *Stephanodiscus grandis*, а также первым появлением и максимальной численностью новых байкальских таксонов *Cyclotella baicalensis*, *Cyclotella ornata* и *Aulacoseira baicalensis*, что обусловлено ростом амплитуд инсоляционных изменений.

В конце позднего плейстоцена и голоцене* (58 тыс. лет назад — настоящее время) происходит формирова-

*Голоцен — послеледниковая эпоха, составляющая незакончившийся отрезок четвертичного (антропогенного) периода геологической истории; начался около 11 тыс. лет назад (прим. ред.).



Разновидности *Cyclotella iris* Brun et Héribaud.
Развивались в позднем миоцене и раннем плиоцене Байкала.



Stephanodiscus flabellatus
Khursevich et Loginova.
Развивался в позднем плейстоцене
Байкала.

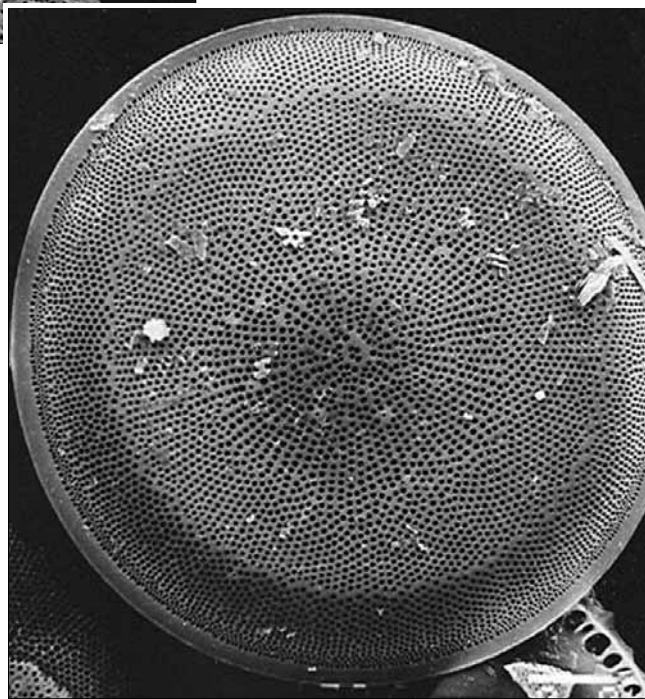
ние современного фитопланктона озера. В составе диатомовой флоры с той поры доминируют *Aulacoseira baicalensis*, виды группы *Cyclotella minuta*, обитающие здесь и поныне.

В первой половине голоцена в озере развивался вымерший вид, близкородственный *Stephanodiscus flabellatus*. Кроме того, качественное разнообразие сообщества диатомовых водорослей возросло за счет видов *Aulacoseira skvortzowii*, *Cyclostephanos dubius*, *Stephanodiscus inconspicuus*, встречаемых с высоким количественным содержанием.

Таким образом, если эволюция планктонных диатомовых водорослей класса *Coscinodiscophyceae* в озере на протяжении позднего миоцена и плиоцена характеризовалась появлением и вымиранием не только видов, но и родов, то в плейстоцене она шла, главным образом, на видовом уровне.

Байкал — уникальный объект для изучения процессов эндемического видообразования. Рубежи вымирания большинства видов в нем совпадают с границами начала холодных (ледниковых) периодов, характеризующих значительные экологические перестройки. Исчезновение доминирующих видов диатомей во время оледенений освобождало ниши, которые при потеплениях быстро осваивали новые таксоны. Частые изменения климата (а следовательно, и палеоэкологических условий окружающей среды) в плейстоцене способствовали быстрой эволюции планктонных диатомей в озере (и прежде всего видов *Stephanodiscus*). Тесная связь климата и видообразования демонстрирует контроль первого над эволюцией диатомовых водорослей и их разнообразием.

В целом же по своей детальности, точности возрастной модели и длительности (8 млн лет) диатомовая запись из осадков древнего Байкала не имеет анало-



Stephanodiscus grandis
Khursevich et Loginova.
Развивался в среднем
и позднем плейстоцене Байкала.

гов в мире. Она вполне может быть использована в качестве стандарта для интерпретации других континентальных записей, включая «летописи» озер, бурение которых еще предстоит осуществить. Кроме того, данные, полученные в ходе экспедиций, являются основой для сравнения изменения климата в океанах и на континенте.

Иллюстрации предоставлены авторами

ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ: МАСШТАБЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ



С толь актуальный вопрос современной экологии не может не вызывать бурных обсуждений, различных теорий, мнений разных ученых. Основная дискуссия идет о том, чье же влияние более глобально в этом деле — человека или природы. Ну и естественно, специалисты интенсивно ищут общий подход к решению этой проблемы. Так в сентябре 2011г. в Сыктывкаре (Республика Коми) прошла международная конференция «Резервуары и потоки углерода в лесных и болотных экосистемах бореальной зоны», которая собрала более 70 участников из Канады, Австрии, Финляндии, Германии, Армении и России. Председателем оргкомитета форума был научный руководитель Института лесоведения РАН

академик Станислав Вомперский. Об основных обсуждаемых собравшимися вопросах и проблемах в газете «Наука Урала» рассказала Светлана Муравьева.

Основная цель прошедшей встречи — обобщение и анализ исследований углеродного цикла в лесных и болотных экосистемах бореальной зоны, изучение механизмов, регулирующих эти процессы. По словам доктора биологических наук Светланы Загировой, заведующей отделом лесобиологических проблем Севера из Института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, проблема углерода сегодня не столько научная, сколько политическая. В Киотском соглашении и других соответствующих оценочных документах говорится: увеличение

*Таяние арктических льдов.*

концентрации углерода в атмосфере вызывает парниковый эффект, что в свою очередь провоцирует глобальное потепление. Масштабы и последствия изменений в атмосфере можно сравнить с крупными геологическими и климатическими катаклизмами в истории Земли. Все это не может не сопровождаться усилением конфликтов в экономической, социальной и политической сферах государств, в том числе России.

Бореальные леса и леса в целом занимают основную территорию суши, их роль в регулировании содержания углерода в атмосфере глобальна. Некоторые зарубежные исследователи утверждают, что леса России являются источником выброса углерода в атмосферу, т.е. мы не имеем права продавать свои квоты на чистый воздух. Отечественные же специалисты доказывают иное: они — его поглотители и вносят существенный вклад в очищение атмосферы от парниковых газов. Но столь разные подходы — далеко не единственная проблема.

В теории, продолжает Загирова, есть разные варианты последствий таких изменений климата. Наиболее мягкий — повышение температуры за сто лет на полградуса без изменения осадков. Более жесткий сценарий — температура может увеличиться на шесть градусов, что повлечет за собой необратимые последствия. И, конечно, изменения климата в разных регионах нашей страны могут происходить неодинаково. Так, если в Коми ожидается увеличение количества осадков, что в целом для бореальных лесов благоприятно, то в Южной Сибири потепление связывают с дефицитом осадков, а это может привести к усилению деградации лесов. Более того, в зоне лесотундры повышение температуры вызовет таяние

мерзлоты, что повлечет всплеск выбросов парниковых газов в атмосферу.

Практическое же значение данного форума прежде всего заключается в том, что его участники наметили проблемы, которые в ближайшее время необходимо решать, чтобы получить более точные прогнозы и снизить количество неопределенностей с углеродом в будущем.

Так, доктор биологических наук из Института биологии Коми НЦ Капитолина Бобкова отметила: в поддержании баланса углекислого газа именно бореальные леса играют первостепенную роль, ибо запасы и депонирование углерода в них определяются продуктивностью и составом насаждений. Но из-за интенсивной эксплуатации (лесозаготовки, отчуждение соответствующих площадей под нефте- и угледобычу), а также часто возникающих пожаров эти леса безвозвратно уходят из пользования, их территории постоянно сокращаются. Нет и точной информации, сколько именно углекислоты они ежегодно поглощают. Одни специалисты считают, что в России речь идет о 500 млн т в год, по мнению других — о 250 млн. Причина столь противоречивых сведений в том, что оценка дается на основе различных моделей. Динамику депонирования углерода учитывают на уровне экосистем, районов, регионов, страны в целом, поэтому сценарии, лежащие в их основе, различны.

О том же говорил доктор сельскохозяйственных наук Владимир Усольцев из Ботанического сада УрО РАН. К примеру, Россия подписала Киотский протокол с некоторой задержкой, и почти одновременно с этим в ней ликвидировали систему учета лесов. В результате сейчас толком неизвестно, где что произрастает. Леса горят, вырубаются, какие-то лес-



Последствия наводнения.

ные культуры высаживают, однако все эти текущие изменения особо не регистрируются. К тому же всеобщая неопределенность непосредственно связана с оценкой углерододепонирующей способности лесов. Если по углеродному пулу оценки различных исследователей очень близки, то расхождения в показателях первичной продукции довольно значительны — в два-три раза.

«Сегодня уже никто не отрицает происходящие в природе катаклизмы, но пока еще не доказано, что виноват в этом только человек. Есть более серьезные причины, возможно, даже космического характера. Неизвестно, какие солнечные сюрпризы ожидают нашу планету в ближайшие годы, так как прогнозировать деятельность солнца практически невозможно», — отметил Владимир Усольцев.

Доктор биологических наук Дмитрий Замолотчиков из Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН подвел основной итог форума: гло-

бальное потепление — реальность, причем негативные последствия этого процесса преобладают над позитивными. Он может привести к усыханию лесов и их гибели, учащению природных пожаров. В свою очередь, дополнительная эмиссия парниковых газов в атмосферу в результате пожаров может ускорить процесс глобального потепления. Словом, необходимо адекватное научное осмысление и разработка прогнозов, которые станут основой для практической деятельности в сфере управления лесным хозяйством.

Муравьева С. Потепление климата: причины и следствия. — Газета «Наука Урала», 2011, № 24

Иллюстрации с интернет-источников

Материал подготовила Ольга АРТЮХИНА

АЛЕКСАНДР ГЕРЦЕН: ЖАЖДА ИДЕАЛА

Рудольф БАЛАНДИН, журналист

**«Жизнь есть цель, и средство, и причина, и действие...
это есть вечное беспокойство деятельного, напряженного вещества,
отыскивающего равновесие, чтобы снова потерять его...» —
писал в середине XIX в. Александр Герцен (1812–1870).**

**В 2012 г. исполняется 200 лет со дня рождения
этого выдающегося русского писателя, философа,
революционного деятеля. Как ни покажется сегодня спорным,
но уроки его творчества весьма актуальны для нашего времени.**

Герцена высоко чтили в СССР с легкой руки Владимира Ленина, сто лет назад посвятившего ему статью, проникнутую революционным пафосом. Книги Герцена тогда издавались большими тиражами. В Большой советской энциклопедии (1952) о нем написано больше, чем о Гете.

Вместе с тем писатель и философ Герцен — основатель идеологии народничества — был интересен и для отечественных мыслителей, не разделявших его взглядов, в частности для Константина Леонтьева, Николая Бердяева. В 1902 г. философ и теолог Сергей Булгаков (тогда только проторявший путь от материализма к идеализму) опубликовал обстоятельный очерк «Душевная драма Герцена». Другой религиозный философ Василий Зеньковский в своей «Истории русской

философии» (Париж, 1948) отвел Герцену целую главу.

У выдающегося естествоиспытателя и мыслителя Владимира Вернадского (действительный член Петербургской АН с 1912 г.) в дневнике за 1893 г. есть запись о посещении его Львом Толстым. В ходе беседы Владимир Иванович сослался на Герцена как реалиста и философа науки. Лев Николаевич, не читавший до того момента его произведений, взял два тома мемуаров «Былое и думы». Возвращая их, признался, что они произвели на него сильное впечатление: «Это треть всей русской литературы».

Тем не менее в последние два десятилетия имя Герцена в работах отечественных авторов почти не упоминалось. Слово его наследие не представляет интереса. Чем это объяснить? Попробуем разобраться.



*А. Герцен. Портрет работы А. Витберга. 1836 г.
(Государственная Третьяковская галерея).*

ТРУДЫ И ДНИ

Александр Герцен родился 25 марта 1812 г. в Москве внебрачным сыном богатого помещика Ивана Яковлева и уроженки г. Штутгарта (Германия) Луизы Гаг. Его искусственная фамилия — производное от немецкого Herz (сердце); он был, как тогда говорили, «дитя любви».

Александр чувствовал свое странное положение в семье и обществе как «незаконнорожденный». Это сказалось на его мировоззрении. Он был «свой среди чужих», с детства вырабатывая чувство собственного достоинства, самостоятельность и смелость мысли. Сочувствовал крепостным и мечтал об их освобождении. В библиотеке отца читал французских просветителей. «Политические мечты, — вспоминал он, — занимали меня в юности день и ночь».

С отрочества он увлекался Вольтером, Шиллером, Шеллингом. По собственному признанию, любил насмешку, иронию. И добавлял: «но не помню, чтобы когда-нибудь я взял в руки Евангелие с холодным чувством». Он увлеченно и внимательно обдумывал самые разные идеи в поисках истины.

Вместе со своим другом Николаем Огаревым (впоследствии поэт, публицист) в Москве на Воробьевых горах они поклялись посвятить жизнь освобождению русского народа. А в поздние годы жизни писал: «Мальчиком 14 лет я клялся (после казни вождей

декабрьского восстания) отомстить казненных и обрекал себя на борьбу с тронem и алтарем... Через 30 лет я стоял под тем же знаменем».

Герцен окончил физико-математическое отделение Московского университета. В 22 года за вольнодумство был арестован и сослан на шесть лет; жил в Перми, Вятке, Владимире. Вернулся в Москву убежденным революционером-демократом. В ссылке написал «Записки одного молодого человека», опубликованные в 1840–1841 гг. под псевдонимом Искандер. Известный русский литературный критик Виссарион Белинский отметил их как «полных ума, чувства, оригинальности и остроумия и заинтересовавших общее внимание».

В ссылке Александр женился на глубоко религиозной Наталье Захарьиной, склонной к мистике и оккультизму. Ее взгляды на мироздание были ему чужды: он обладал ясным рассудком, основательно изучил естественные науки, философию. Но при всем уважении к научному методу, признавал его ограничения. Возможно, не без влияния воззрений Захарьиной написал в дневнике в конце декабря 1844 г.: «Много знают натуралисты, и во всем есть нечто, чего они не знают, — и это нечто важнее всего того, что они знают».

В России в 1840-е годы Герцен опубликовал два блестящих труда: «Дилетантизм в науке» (1843), «Пись-



Обложка альманаха «Полярная звезда». 1855 г.

ма об изучении природы» (1845–1846). А в 1847 г. уехал с семьей за границу и уже не возвращался на родину. В 1853 г. основал в Лондоне «Вольную русскую типографию», где печатал сборник «Полярная звезда», продолжавший традиции декабристов, и газету «Колокол», призывавшую к свержению крепостничества и самодержавия.

Самым значительным сочинением Герцена стали воспоминания и размышления «Былое и думы» (1852–1868 гг.). По словам советского литературоведа Якова Эльсберга, это — «гениальное творение... своего рода художественная энциклопедия русской идейной жизни». Более того, Александр Иванович показал на конкретных примерах, в ярких портретах современников интеллектуальную и политическую ситуацию в Западной Европе середины XIX в. Ему довелось, например, встречаться с английским социалистом-утопистом Робертом Оуэном (1771–1858), банкиром Джеймсом Ротшильдом (1792–1868). Последний произвел на него впечатление человека делового и с чувством собственного величия от сознания власти своего капитала.

В «Былом и думах» присутствует связанный с ним эпизод. Царские высшие чиновники пытались лишить Герцена наследства. Но на его стороне оказался Ротшильд. И тогда, как писал Александр Иванович в своих воспоминаниях: «Через месяц или полтора тугой на уплату петербургский 1-й гильдии купец Николай Романов, устрешенный конкурсом и опубликованием в «Ведомостях», уплатил, по высочайшему

повелению Ротшильда, незаконно задержанные деньги с процентами и процентами на проценты, оправдываясь неведением законов, которых он действительно не мог знать по своему общественному положению».

«Глубокий историзм «Былого и дум», — отмечал советский литературовед Владимир Путинцев, — реалистичность художественного изображения делают это произведение единственным в своем роде явлением во всей мировой литературе». Сам автор счел свой труд «отражением истории в человеке, случайно попавшемся на ее дороге».

«ФИЛОСОФСКИЙ СКЕПТИК»

На примере Герцена видна условность деления мыслителей на противостоящие лагеря: идеалистов и материалистов, «западников» и славянофилов, консерваторов и революционеров. Он, как материалист, стремился объяснить мир на основе опытных знаний и логики, без ссылок на чудо и авторитет каких-либо книг или личностей. Но учитывал бесспорный факт: существование разума. Если последний признать случайной принадлежностью Мира, то картина механической Вселенной выглядит удручающе убогой и бессмысленной.

По словам Герцена, «вообще материалисты никак не могли понять объективность разума... У них бытие и мышление или распадаются, или действуют друг на друга внешним образом». Вслед за Гегелем он признавал разум естественным и неотъемлемым качест-



Н. Огарев и А. Герцен. Фото 1861 г.

вом действительности. Хотя остается неясным, каким образом он мыслил сознание в природе вне человека?

Отходя от своей юношеской веры во всеобщий прогресс, Герцен делает вывод: «В природе и истории много случайного, глупого, неудавшегося, спутанного». И это — изначальная тайна бытия. Ее тщетно старается постичь наука. По его мнению, «каждая отрасль естественных наук приводит к тяжелому сознанию, что есть нечто неуловимое, непонятное в природе».

К подобным мыслям позднее пришел и Владимир Вернадский: «Мы знаем только малую часть природы, только маленькую частичку этой непонятной, неясной, всеобъемлющей загадки». Словно продолжая приведенное высказывание Герцена, Вернадский писал: «Я философский скептик. Это значит, что я считаю, что ни одна философская система... не может достигнуть той общеобязательности, которую достигает (только в некоторых определенных частях) наука».

«Наука и природа — феноменология мышления» — так называется статья Герцена из цикла «Письма об изучении природы». Казалось бы, много десятилетий спустя, после колоссальных достижений науки и техники XX столетия, его взгляды на природу и ее познание безнадежно устарели. Однако это не так.

«Человек — не вне природы и только относительно противоположен ей, а не на самом деле, — писал Герцен. — Если бы природа действительно противоре-

чила разуму, все материальное было бы нелепо, нецелесообразно».

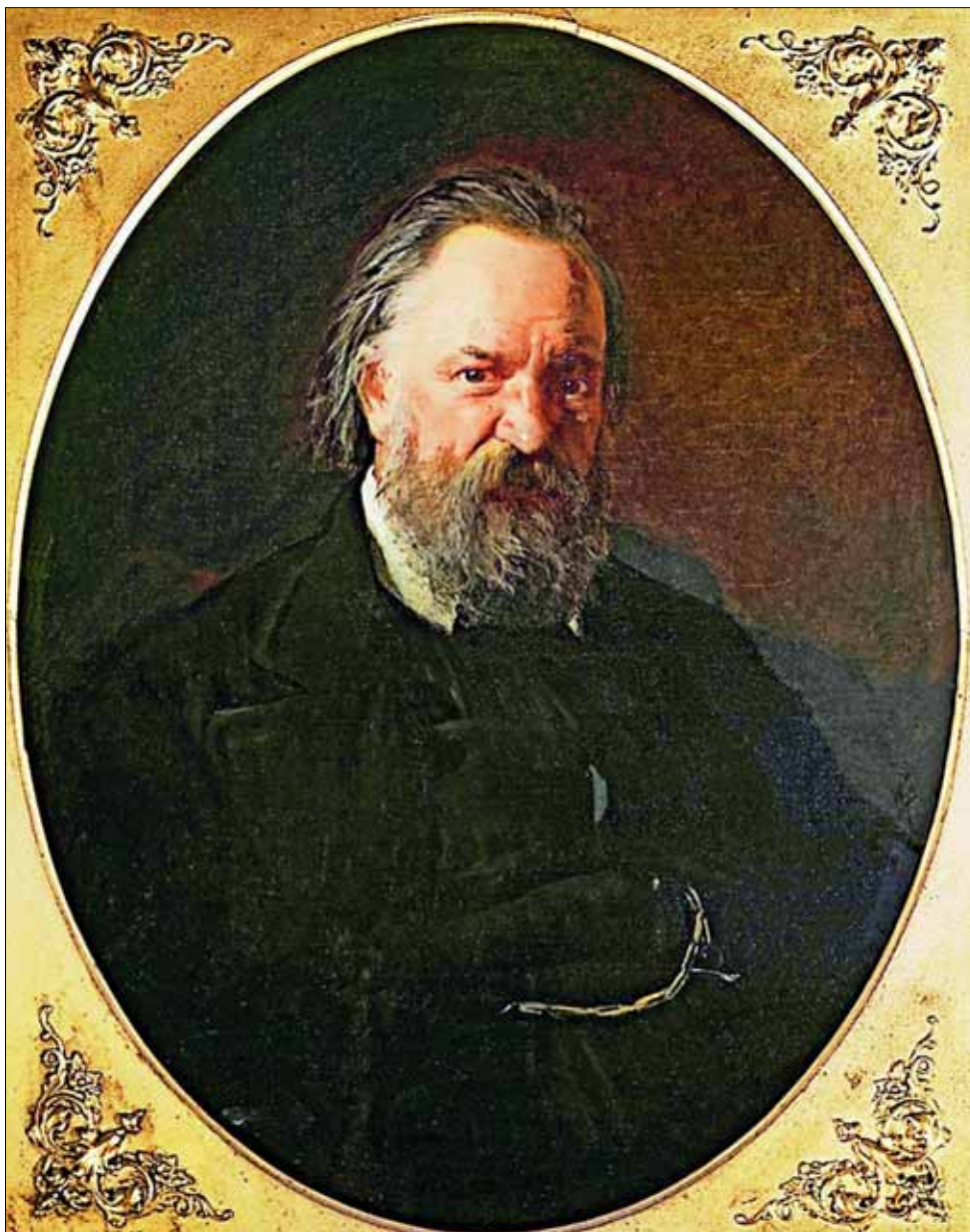
И вновь можно сослаться на Вернадского: «В сущности человек, являясь частью биосферы, только по сравнению с наблюдаемыми явлениями может судить о мироздании». И у него же: «Научная мысль человечества работает только в биосфере и в ходе своего проявления в конце концов превращает ее в ноосферу, геологически охватывает ее разумом».

Вот и у Герцена сказано нечто подобное: «Природа не имеет силы над мыслью, а мысль есть сила человека... Жизнь природы — непрерывное развитие, развитие отвлеченного простого, неполного, стихийного в конкретное полное, сложное... Все стремления и усилия природы завершаются человеком; к нему они стремятся. В него впадают они, как в океан».

В этих словах видятся контуры концепции ноосферы, выдвинутой в 1930-е годы Вернадским: научная мысль организует земную природу, как бы подхватывая и направляя ее творческие усилия на создание более совершенной земной оболочки. Не так ли проявляется единство естествознания и природы?

Однако у Александра Ивановича в этом вопросе были принципиальные расхождения с Владимиром Ивановичем и современными сторонниками концепции ноосферы.

«Человек так мало признавал права природы, — писал Герцен, — что без малейших упреков совести уничтожал то, что ему мешало, пользовался, чем хотел. <...> Долго оставаться в начальном согласии с



А. Герцен. Портрет работы Н. Ге. 1867 г. (Государственная Третьяковская галерея).

природою, с миром феноменальным человек не мог; он носил в себе зародыш, который, развиваясь, должен был, как химическая реакция, разложить его детски гармоническое существование с природой... Двойственная натура человека именно в том, что он сверх своего положительного бытия не может не стать отрицательно к бытию; он распадается не только с внешней природой, но даже с самим собою... Так всякого рода отдельность и эгоизм противны всемирному порядку».

Спорным может показаться суждение Герцена: «Древняя философия пала оттого, что резко и глубоко она никогда не распадалась с миром, оттого, что она не извела всей сладости и всей горечи отрица-

ния, не знала всей мощи духа человеческого, сосредоточенного в себе, в одном себе».

Отчуждение человека от природной среды происходило одновременно с развитием естествознания. «Новый человек, — писал Герцен, — так распался с природой, что не может легко примириться с нею».

Почему так происходит поныне, несмотря на замечательные успехи в познании биосферы? Почему область жизни на планете не переходит на более высокий уровень организованности, а скудеет, загрязняется, деградирует? В общем виде ответ прост и его отметил сам Герцен: эгоизм человека, противопоставившего себя «Божественной среде» — выражение французского антрополога, философа и теолога Пьера

Тейяра де Шардена (1881–1955), — озабоченного только добыванием благ для себя.

ИДЕАЛЫ И РЕАЛЬНОСТЬ

Оставив самодержавную крепостническую Россию, Герцен остался в западных странах буржуазной демократии, надеясь увидеть там просвещенное общество, исповедующее высокие идеалы свободы, братства, равенства, справедливости. Его ждало жестокое разочарование. Западная Европа жила по другим принципам.

Александр Иванович критиковал славянофилов за упования на самодержавие и православие. Но после жестокого подавления революционного движения 1848 г. во Франции он отшатнулся от «западников». Убедился: в Европе «распоряжается всем купец» (добавим: и банкир). Он писал: «Неимущий должен всеми средствами приобретать, а имущий хранить и увеличивать свою собственность; флаг, который поднимают на рынке для открытия торга, стал хоругвью нового общества. Человек *de facto* сделался принадлежностью собственности; жизнь свелась на постоянную борьбу из-за денег... Все партии и оттенки мало-помалу разделились в мире мещанском на два главных стана: с одной стороны мещане-собственники, упорно отказывающиеся поступиться своими монополиями, с другой — неимущие мещане, которые хотят вырвать из рук их достояние, но не имеют силы, т.е. с одной стороны скупость, с другой — зависть».

Религиозные философы находили утешение в христианской вере. Такой уход от противоречий и нелепостей реального мира не удовлетворял Герцена. Его ум, прошедший серьезную школу естествознания, стремился к объективным выводам, основанным на фактах. А они были неутешительны: природа не подчинена всеобщему разуму; пути общества неисповедимы; судьба личности, обреченной на неизбежную смерть при сомнительной надежде на бессмертие, трагична. Вот почему он отвергал веру, внушающую надежду вымолить место в потустороннем мире.

Подобно античному герою, Александр Иванович отстаивал достоинство личности. Это был честный и мужественный выбор. «Прибавим к этому, — писал, исходя из других посылок, Василий Зеньковский, — что пламенная защита свободы и безупречное следование требованиям морали соединялись у Герцена с глубоким эстетическим чувством».

На мировоззрение Герцена оказали влияние и личные трагедии. Еще в России у него умерло трое детей. В 1851 г. погибли при кораблекрушении мать и сын, а в следующем году скончалась жена. Подтверждались его взгляды на Мир как господство не только «божественного порядка и блага», но и хаоса, случайностей, бед.

По мнению Сергея Булгакова, Герцен «не удовлетворился бы никакой Европой и вообще никакой

действительностью, ибо никакая действительность не способна вместить идеал, которого искал Герцен». И еще: «Герцен становится раздражителен и несправедлив к Западу, из одной крайности бросается в другую и, сжигая своих старых богов, клянет их и громко жалуется».

Булгаков писал это в 1905 г. События двух мировых войн показали, насколько агрессивны и жестоки правящие режимы во многих странах, когда речь идет о выгоде, материальных благах для себя за счет других. Герцен пророчески отметил не прогресс, а деградацию буржуазной демократии — триумф алчного агрессивного мещанства. И прав ли был Булгаков, полагавший, что Герцен бросался из одной крайности в другую, свергая прежних своих кумиров? Настоящими его кумирами всегда оставались Свобода, Истина, Справедливость. Он от них никогда не отказывался.

На то и существует идеал, чтобы стремиться к нему, понимая, что в реальном Мире невозможно воплотить его в полной мере. Вопрос лишь в том, приближаемся мы к идеалу или отдаляемся от него. И Герцен ясно осознал: в западной индустриальной цивилизации произошла катастрофическая подмена, вместо высоких нравственных идеалов возобладали низменные материальные.

«Мещанство, — писал он, — последнее слово цивилизации, основанной на безусловном самодержавии собственности... С мещанством стираются личности...». У аристократа и пролетария один идеал: богатый мещанин. Это и есть буржуазная демократия, господство посредственности.

Булгаков видел «величие Герцена как писателя и человека... в той бестрепетной смелости, с которой он высказал это обличение цивилизации, не ослепленный ее блеском, не подкупленный ее великим историческим прошлым и современными успехами».

За последние полтора столетия мысль Герцена подтвердилась в полной мере. Техническая цивилизация действительно ориентирована на мещан, алчных до потребления материальных благ, ублажения примитивных инстинктов.

ВЕРА, НАДЕЖДА И СМЫСЛ ЖИЗНИ

Предвидя серьезные общественные катаклизмы, Герцен подчеркивал одну из главных их причин — растущее самосознание угнетенных классов: «Сила социальных идей велика, особенно с тех пор, как их начал понимать истинный враг, враг по праву существующего гражданского порядка — пролетарий, работник, которому досталась вся горечь этой формы жизни и которого миновали все ее плоды».

Казалось бы, он готов был встать под красное знамя, где начертано: «Пролетарии всех стран, соединитесь!» Но нет. Он сознавал, что мещанство (понимая под этим ненасытных до материальных благ обывателей) — вне классов, социальных прослоек.



Дом-музей А. Герцена в Москве.

Герцен не питал иллюзий относительно времени господства новых идей: «Социализм разовьется во всех фазах своих до крайних последствий, до нелепостей, тогда снова вырвется из титанической груди революционного меньшинства крик отрицания и снова начнется смертная борьба, в которой социализм займет место нынешнего консерватизма».

Воспитанный на лучших образцах западноевропейской культуры, Герцен был именно русским мыслителем по складу характера и ума, силе духа, неустойчивости души, стремящейся к недостижимым идеалам. Его мысли нашли отклик в душах некоторых русских людей из «высшего общества».

Князь Петр Кропоткин* (1842–1921), будущий выдающийся географ и геолог, анархист, вспоминал, как в 1859 г. во время экспедиции в Сибирь запоем читал «Полярную звезду»: «Красота и сила творений Герцена, мощь размаха его мыслей, его глубокая любовь к России охватили меня. Я читал и перечитывал эти страницы, блещущие умом и проникнутые глубоким чувством». У генерала Болеслава Кукеля, в то время исполнявшего обязанности начальника штаба Восточно-Сибирского военного округа, Кропоткин обнаружил «полную коллекцию лондонских революционных изданий Герцена».

Долгие годы эмиграции помогли Александру Ивановичу понять, что буржуазная революция заменяет рыцаря торговцем и банкиром. Он полагал, что в России произойдет не буржуазная, а социалистическая революция. И оказался прав. Он отвергал идею

исторического прогресса: жизнь свершается в настоящем как импровизация. Все зависит от поступков людей, от их устремлений. Будущее не предопределено. Всеобщая гармония — иллюзия.

Герцен верил в русский народ, в общину и братскую взаимопомощь. Надеялся: Россия создаст общество не мещан, а тружеников и творцов. На практике этот эксперимент закончился крахом. Не по экономическим причинам. Победили идеалы цивилизации потребления.

«Личность — вершина исторического мира, к ней все примыкает, ею все живет», — писал Герцен. Меняется личность — преобразуется общество. Когда подгнила духовная опора, катастрофа неизбежна — и для индивида, и для народа. Никакими материальными благами это не восполнишь, никакими заклинаниями и молениями не исправишь.

Прогресс техники содействует деградации и земной природы, и личности, если вызывает лишь увеличение материальных потребностей. Только духовная культура и высокая нравственность могут противостоять этому процессу. Таков главный урок жизни и творчества Александра Герцена. Его пророческие идеи могут стать спасительными не только для России, но и для глобальной цивилизации.

*См.: В. Маркин. Князь Петр Кропоткин в Британии. — Наука в России, 2003, № 4 (прим. ред.).

ОН БЫЛ СОИЗМЕРИМ С ЭПОХОЙ



Кандидат географических наук Вячеслав МАРКИН,
действительный член Русского географического общества

**Книга доктора географических наук Владислава Корякина
«Отто Шмидт» (М.: Вече, 2011) посвящена жизни и деятельности
человека, имя которого буквально гремело в 30-е годы XX столетия
как одного из выдающихся покорителей Арктики.**

Закономерно, что за написание биографии академика Отто Юльевича Шмидта (1891–1956) взялся полярный исследователь, работавший на Новой Земле, Северной Земле, Шпицбергене и в Антарктиде, автор научных монографий об арктических ледниках и биографических изданий о знаменитых первопроходцах Крайнего Севера Владислав Корякин.

Его книгу открывает предисловие академика Гурия Марчука, а завершает послесловие историка, профессора Сигурда Шмидта (сына Отто Шмидта). В одиннадцати главах изложена полная биография героя, начиная с детских лет, прошедших в губернском городе Могилеве, где он родился в многодетной се-

Отто Шмидт – студент Киевского университета. 1912 г.



Экспедиция на «Седове». В первом ряду слева направо: О. Шмидт, Б. Исаченко, В. Воронин. Стоят: Р. Самойлович, К. Войцеховский, В. Визе. 1929 г.

мье выходцев из Лифляндии (Латвии). Отец — потомок немцев, получивших российское подданство в XVIII в., служил торговым агентом. Доходы его были невелики, и на семейном совете решили дать образование лишь одному мальчику — Отто, как самому способному.

Юноша закончил гимназию с золотой медалью и поступил в Киевский университет им. Святого Владимира на физико-математический факультет, где занимался в семинаре по алгебре и теории чисел у выдающегося математика профессора Александра Граве. К окончанию вуза он уже имел три оригинальных печатных работы и на 22-м году жизни издал труд по высшей алгебре «Абстрактная теория групп», получивший исключительно высокую оценку в сообществе математиков. Его избирают приват-доцентом, и он читает лекции по математике в *alma mater*.

Корякин подробно рассматривает тот период жизни Шмидта, когда подхваченный ветром эпохи, он оказался вовлеченным в организационно-практическую деятельность на государственном уровне, используя по возможности свои математические знания. Еще в 1916 г. (шла Первая мировая война, в которой участвовала и Россия) Шмидт организует карточную систему распределения в Киеве. В 1920-х годах служит в различных советских учреждениях, за-

нимая руководящие должности: в Наркомате продовольствия возглавляет Управление по продуктообмену и работает над проблемой возрождения кооперации, в Наркомпросе выступает с рекомендациями по реорганизации высшей школы, а в Наркомате финансов руководит налоговым управлением и Институтом экономических исследований, разрабатывает теорию денежной эмиссии. В 1924 г., в возрасте 33 лет, становится главным редактором Большой советской энциклопедии (оставаясь им до 1942 г.) и директором Государственного издательства.

Опыт административно-хозяйственной работы в будущем ему пригодится, а пока бюрократическая система начинает его несколько тяготить. И он совершает решительный поворот в своей жизни, о котором Корякин рассказывает в главе «Побег на Памир».

В 1928 г. недавний советский чиновник Отто Шмидт принял участие в посвященной 200-летию Российской академии наук советско-германской экспедиции по исследованию участка горной территории Центральной Азии — так называемого «белого пятна Памира». Пройдя двухмесячную подготовку в австрийских Альпах, он включился в альпинистскую группу, руководимую Николаем Крыленко, в то время генеральным прокурором РСФСР.



О. Шмидт с жителями Новой Земли. Экспедиция на «Седове». 1930 г.

Экспедиция преодолела несколько высотных перевалов и ледников, достигла верховьев грандиозного (длиной около 80 км) ледника Федченко, где чуть позднее была основана гидрометеорологическая обсерватория, вышла к подножию высочайшей вершины Памира — пика Коммунизма (ныне пик Исмаила Самани). Шмидт почувствовал себя альпинистом, и в следующем году намеревался вместе с Крыленко совершить восхождение на пик Ленина на Заалайском хребте. Но эти планы реализовать не удалось.

Дело в том, что Николай Горбунов, управляющий делами Совнаркома, предложил ему возглавить экспедицию на ледокольном судне «Георгий Седов» на никем еще не заселенную Землю Франца-Иосифа, и он согласился. Предстояло построить радиостанцию и самую северную в мире полярную станцию, оставив там первых зимовщиков. Шмидт, в качестве правительственного комиссара, торжественно объявил о включении архипелага в число полярных владений Советского Союза. Тем самым мы опередили норвежцев, также направлявшихся к архипелагу с той же целью, несмотря на то, что еще в 1916 г. царское правительство задекларировало Землю Франца-Иосифа как российскую территорию.

Пока строилась полярная станция, «Георгий Седов» посетил северные острова архипелага, были проведе-

ны комплексные гидрологические наблюдения в Баренцевом море. Отто Юльевич побывал тогда и на Новой Земле, обследовал очень удобную для размещения судов Русскую гавань, посетил впадающий в нее гигантский ледник Шокальского. Двигаясь дальше на восток, ледокол достиг в Карском море неизвестного острова, существование которого ранее по характеру морских течений предсказал научный руководитель экспедиции Владимир Визе (член-корреспондент АН СССР с 1933 г.). Его именем и был назван остров, открытый им «на кончике пера». К Северной Земле ледокол не смог подойти, пришлось ее будущим исследователей во главе с Георгием Ушаковым и Николаем Урванцевым высадить на рядом расположенный небольшой остров Домашний. Здесь была основана полярная станция. Четыре зимовщика за два года поистине героической работы обследовали весь архипелаг площадью почти 40 000 км², открытый русскими мореплавателями в 1913 г.

Корякин основательно излагает историю Северного морского пути. И хотя посвященная ему глава составляет более 30 страниц, они вполне уместны, поскольку именно Шмидт наметил план прохождения всего северо-восточного прохода, как его тогда называли, в Тихий океан в одну навигацию, затем в реальности решив эту вековую проблему.



О. Шмидт на «Сибирякове».
1932 г.

Ледовые походы пароходов «Александр Сибиряков» (1932 г.) и «Челюскин» (1933–1934 гг.) в подробностях описаны автором. В главах книги, посвященных этим событиям, имя Шмидта упоминается не так часто, но читателю ясно, что весь полный сложностей и опасностей путь этих судов во льдах проходил под постоянным руководством начальника экспедиции. А трудностей и опасных ситуаций было немало.

Походу «Сибирякова» предшествовало секретное постановление ЦК ВКП(б) о создании на Колыме с целью «форсирования золотодобычи» треста «Дальстрой» с непосредственным подчинением ЦК партии, в дальнейшем переданного НКВД. Была образована Особая Северо-Восточная экспедиция во главе с профессором Николаем Евгеновым. Целая флотилия разнотипных судов во главе с ледорезом «Литке» вышла из Владивостока и направилась навстречу «Сибирякову». Одновременно с ним в Карском море работал ледокол «Русанов» (начальник экспедиции Рудольф Самойлович), его главной задачей было строительство полярной станции на самом северном в Евразии мысе Челюскина. На Новой Земле «Сибиряков», пройдя проливом Маточкин Шар, встретил-

ся с ледоколом «Ленин», проводившим караван судов через льды Карского моря. На нем базировался ледовый разведчик (летающая лодка), который собирались передать главному герою навигации 1932 г. — «Сибирякову». Конечно, это было бы очень кстати, но произошла трагедия: летающую лодку сбросил ураганный ветер в воды пролива, при этом погибла половина экипажа. Рискованность предприятия возросла.

Между тем судно продолжало движение по направлению к Берингову проливу. Ледовая обстановка благоприятствовала, и Шмидт, поддержанный Визе и капитаном Ворониным, принимает решение обойти архипелаг Северная Земля с севера по маршруту, которым ранее никто не ходил. Но здесь ледокол поджидали тяжелые льды, распространившиеся из центрального Арктического бассейна. Пробриться сквозь них было нелегко. Пришлось отказаться от первоначального плана обойти с севера и Новосибирские острова. К тому же предстояло зайти за углем, заготовленным для «Сибирякова» в бухте Тикси. Там методом всеобщего аврала построили очередную радиометеостанцию — новый научный форпост в Северном Ледовитом океане. Этим был отмечен первый месяц плавания. Тем временем суда Особой Северо-Восточной экспедиции оказались в условиях исключительно тяжелой ледовой обстановки. И все-таки в начале сентября близ устья реки Колымы произошла знаменательная встреча двух экспедиций, пришедших с востока и запада Арктики.

«Сибирякову» оставалось пройти до Берингова пролива всего 600 миль, однако на их преодоление потребовался почти месяц. Осмотр гребного винта показал, что одна лопасть отсутствует, а три остальные обломаны. Их можно было заменить, но только в сухом доке. Математик Шмидт произвел расчет, найдя выход из положения: нужно переместить 400 т груза из трюмов на бак. Этим занялись все участники экспедиции, превратившись в грузчиков. Надо было спешить — пока не начнут смерзаться льды. В конце третьих суток непрерывной работы удалось заменить одну лопасть винта, и «Сибиряков» двинулся в путь. Но когда до Берингова пролива оставалось всего 100 миль, раздался ужасный треск, который мог означать только одно: обломился конец гребного винта. Это была катастрофа, и никакой аврал уже не мог помочь. Кругом — торосистые льды, заставлявшие задуматься о необходимости вынужденной зимовки. Внезапно переменялся ветер и возникли разводья. У Визе первого возникла мысль о том, что можно поставить паруса. Шесть угольных брезентов и шлюпочные паруса были подняты на мачтах. В результате ледокол снова направился на восток.

Через сутки «Сибиряков» уже был совсем рядом с мысом Дежнева и 1 октября торжественно вошел в пролив, разделяющий Азию и Америку. Невиданное зрелище — ледокол под черными от угольной пыли парусами! У островов Диомиды его взял на буксир

О. Шмидт. 1937г.

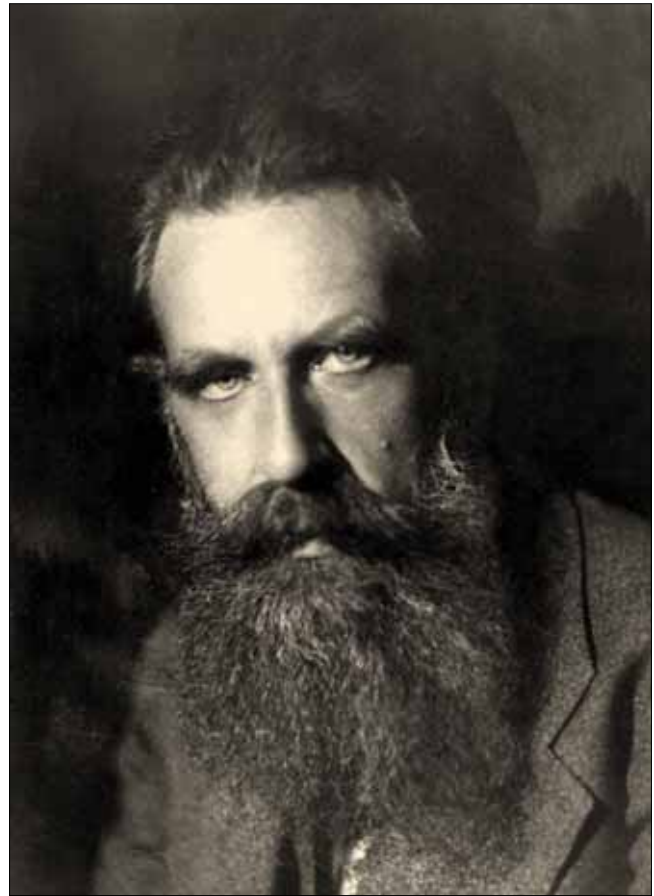
траулер «Уссуриец» и отправился с ним на ремонт в Японию.

Ледовый поход «Сибирякова», несмотря на все трудности, был признан удачным. Ведь, как пишет Корякин, «удача на всех широтах, вопреки всем разумным доводам и объективным оценкам, благоволил неподдающимся и несдающимся. Задуманный в тиши кабинетов эксперимент удался и показал, чего можно ожидать от льдов, кораблей и людей в подобном плавании». Несомненно главная заслуга в успехе предприятия принадлежит его главному организатору — Отто Шмидту. Первое в истории прохождение Северного морского пути в одну навигацию позволило приступить к регулярной транспортировке грузов вдоль северного побережья Евразии из Атлантического океана в Тихий.

В 1933 г. Советское правительство создало Главное управление Северного морского пути (Главсевморпуть), во главе которого стал Шмидт. По словам Корякина, он «собрал в единый кулак уже существующее и широко используемое в Арктике», т.е. фактически отвечал за все, что происходило за Северным полярным кругом. В Арктике, замечает автор, «наступило время Шмидта». При этом, что было естественно для того непростого времени в истории нашей страны, он брал на себя роль исполнителя всех решений власти. Это делало его миссию в ряде случаев особенно трудноисполнимой.

Перво-наперво Отто Юльевич организовал зимнюю спасательную экспедицию на Новую Землю для помощи оставшимся на вынужденную зимовку. А затем началась подготовка повторного плавания по пути, пройденному «Сибиряковым». Для этой цели был использован грузовой пароход датского производства «Лена», срочно переименованный в «Челюскин» — по имени первооткрывателя самого северного мыса азиатского материка. До Чукотского моря плавание проходило успешно, почти без задержек, однако 23 сентября 1933 г. корабль оказался в ледовом плену. Дрейф протащил его мимо мыса Сердце-Камень, потом повернул назад, снова вперед, опять назад..., девять раз обогнул один и тот же мыс. В дополнение к изнуряющему дрейфу произошло самовозгорание угля в одном из трюмов; борьба с пожаром потребовала двухдневного аврала всех участников рейса. Вместе со льдиной, в которую вмерз «Челюскин», он был вынесен в Берингов пролив, но потом затащен обратно в Ледовитый океан. Капитан ледореза «Литке» предложил свою помощь, но Шмидт от нее отказался, понадеявшись на то, что «Челюскин», увлекаемый дрейфом на север, сможет вскоре освободиться от сковавшего его льда.

Тем временем пароход стал готовиться к зимовке, начал работать «шмидтовский народный университет». Сотрудники экспедиции читали лекции остальным ее участникам по очень широкой тематике. Основным и наиболее популярным лектором был Отто Юльевич. Как руководитель экспедиции, он забо-



тился о том, чтобы на борту не распространялись тревожные настроения в связи с ожиданием катастрофы, которая могла произойти в любую минуту. Вместе с тем следил за тем, чтобы все было готово к выгрузке на лед в случае необходимости. Шмидт, его заместители вместе с капитаном Ворониным детально разработали план аварийных мероприятий. Речь шла о спасении более ста человек, среди которых были женщины и дети.

13 февраля 1934 г. раздавленный льдами «Челюскин» затонул — ушел под воду в считанные минуты. Избежав паники, удалось выгрузить на лед палатки, спальные мешки, продукты, радиоаппаратуру, приборы. Там, где только что находился пароход, раскинулся городок, ставший сразу же известным всему миру как «лагерь Шмидта». Казалось, это было поражение, но потерпевшие неудачу нашли в себе силы выстоять вопреки обстоятельствам. При этом, по словам одного из очевидцев, «...никто не управлял самой работой, не регулировал ее, не отдавал никаких распоряжений...». Исключительные обстоятельства заставили людей, переживших гибель корабля и выброшенных в морозную полярную ночь, самоорганизоваться.

Здесь надо отметить, что Корякин широко используется первичным материалом, включая в книгу множество очень пространных цитат из документов, га-



О. Шмидт
на острове Рудольфа
перед вылетом на Полюс.
1937 г.

зетных репортажей и книг других авторов, бывших свидетелями происходивших событий, сводя к минимуму свой комментарий. Это порой делает книгу похожей на альманах. Но в то же время кто, как не прямые очевидцы, сможет лучше отобразить реальную картину? Особенно это относится к страницам, рассказывающим о челюскинской эпопее. Поэтому прием этот кажется в данном случае вполне оправданным, хотя в некоторых главах обилие цитат несколько утомляет...

Только после того, как радист Эрнст Кренкель установил связь с Большой землей и была получена информация о создании правительственной комиссии для организации спасательной операции с использованием авиации, Шмидт рассказал коллективу о ближайших перспективах. Все делалось для того, чтобы продержаться месяца два-три до прибытия спасателей. Отто Юльевич резко пресек разговоры о возможности перехода со льдины к берегу, отстоявшему в 150 км, пригрозив считать тех, кто попытается покинуть льдину, дезертирами. И это был единственный случай грозного предупреждения с его стороны, даже свои приказы обычно облакавшего в форму просьбы.

В «лагере Шмидта» начался аврал по подготовке к приему самолетов: нужно было выровнять взлетно-посадочную полосу длиной 600 м и шириной не менее 50. Настал день, когда прилетела первая машина, забравшая женщин и детей. Вскоре после этого образовалась широкая трещина, прошедшая прямо под единственным на льдине баракom. Пришлось восстанавливать аэродром, а потом постоянно следить за его сохранностью. Затем прилетели еще три самолета. Был составлен список очередности вылетов. Последним в нем стоял Шмидт — начальник экспеди-

ции. Правда, из-за тяжелой болезни он вынужден был эвакуироваться раньше, хотя очень долго на это не соглашался. И все же его вывезли в Ном, на Аляску. Еще два дня продолжалась спасательная операция, в которой, наряду с советскими, были задействованы машины, закупленные в США. 12 апреля 1934 г. последние обитатели «лагеря Шмидта» покинули льдину.

Заканчивая захватывающе интересный рассказ о челюскинской эпопее, основанный, как уже говорилось, целиком на свидетельствах очевидцев, Корякин отмечает, что за потерю судна Шмидта и Воронина неминуемо ждали репрессии, однако успешно проведенная зимовка на льдине и удачная воздушная операция спасли их. Было признано, что челюскинский эксперимент сыграл очень важную роль в последующем развитии Северного морского пути. Впервые в истории доказана возможность длительного пребывания на дрейфующем льду большого количества людей. И этот опыт учли при организации последующих дрейфующих полярных станций. Кстати, организация первой из них была поручена тоже Шмидту.

Весной 1936 г. в нашей стране начали подготовку к полету экипажа Валерия Чкалова через Северный полюс в Америку, для обеспечения которого сводками погоды предполагалось создать дрейфующую радиометеостанцию в районе Северного полюса. Летом того же года Шмидт возглавил секретную операцию перегона группы военных кораблей с Балтики в дальневосточные моря. И хотя ледовая обстановка в общем была благоприятной, на востоке трассы понатолось привлечь на помощь все имевшиеся поблизости ледоколы. В этой ситуации Отто Юльевич блестяще показал себя как лидер, способный находить



О. Шмидт и папанинцы. Возвращение в Кронштадт. 1938 г.

решения в труднейших обстоятельствах. Эти его качества проявились и в организации в следующем году дрейфующей научной станции на Северном полюсе, с посадкой (тоже впервые в истории) на лед полюса четырехмоторных самолетов.

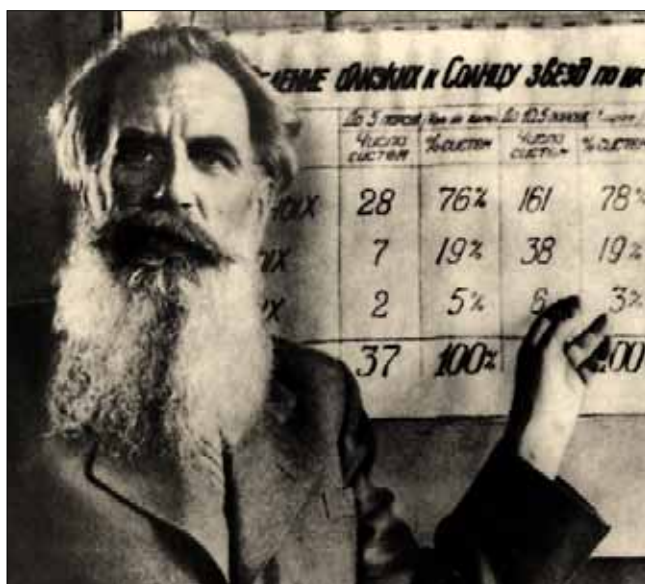
Почти месяц понадобился для того, чтобы достичь острова Рудольфа на Земле Франца-Иосифа, где на ледниковом куполе была подготовлена промежуточная взлетно-посадочная база. Здесь пришлось еще несколько дней дожидаться летной погоды. Из самолета Михаила Водопьянова, приземлившегося в 50 км от точки полюса, первым вслед за кинооператором спустился по трапу Шмидт. Затем началась разгрузка и устройство научной станции. В течение нескольких дней Отто Юльевич находился на льдине вместе с будущими зимовщиками, которых все стали называть папанинцами, по имени начальника станции Ивана Папанина.

В 1937 г. Шмидту и Папанину одновременно было присвоено звание Героя Советского Союза, хотя эту награду могли бы присудить Отто Юльевичу и раньше, еще за успешное завершение «челюскинской эпопеи». Однако власть непредсказуема, эту ее особенность испытал на себе и Шмидт: официально именовавшийся «героем Арктики», он не мог быть уверен в том, где окажется завтра. Поэтому старался соблюдать осторожность, в острых ситуациях не вступая с властью в предержащими в открытую конфронтацию. Это послужило основанием для появления мифа о конформизме Шмидта. Корякин развивает его, приводя примеры того, как Отто Юльевич пытался вступить за несправедливо репрессированных полярников, подвергаясь обвинениям в недостаточной бдительности, в засорении кадров Главсевморпути чуждыми «элементами» — бывшими бе-

логвардейцами и вредителями. Об этом говорилось в так называемом «политдонесении», полученном НКВД в 1938 г. В том же году Шмидту пришлось уступить свою должность Ивану Папанину, не скрывавшему, по словам автора книги, своей неприязни к Отто Юльевичу.. «Его новаторская деятельность в новой для него сфере,— отмечает Корякин,— протекала... в условиях грандиозного социально-общественного эксперимента, проводившегося... над страной и народом».

Большие претензии имелись у властей к Шмидту в связи с тяжелой ледовой обстановкой в навигацию 1937–1938 гг., когда 26 судов вынуждены были зазимовать во льдах. На нем лежала ответственность за все это. В то же самое время он, назначенный Сталиным начальником операции спасения папанинцев, был озабочен положением, складывавшимся в районе дрейфующей станции (непредвиденное ускорение ее дрейфа создавало серьезную опасность для существования последней). В начале февраля 1938 г. приступили к ее спасению, когда льдина была уже раздроблена, и о посадке на нее самолета не могло быть и речи. Зимовщиков сняли ледокольные пароходы «Таймыр» и «Мурман» и вскоре подошедший ледокол «Ермак» со Шмидтом на борту, фактически уже отстраненным Сталиным от руководства Главсевморпути.

Он получает новое назначение — становится вице-президентом Академии наук СССР, где сталкивается со многими новыми трудностями, порой совсем не научного характера; о них, используя архивные документы, подробно рассказывает Корякин в последней главе «Закат на академическом Олимпе». В самом начале Великой Отечественной войны 1941–1945 гг. Шмидт — уполномоченный Совета по эвакуации Академии наук; он занимается организацией переезда в



«ЧАЙНАЯ СТОЛИЦА РОССИЙСКОЙ ИМПЕРИИ»



Ольга БАЗАНОВА, журналист

Если по Транссибирской железной дороге (соединяющей Москву с Восточной Сибирью и Дальним Востоком, самой длинной в мире – 9288,2 км) ехать в сторону столицы, то первым европейским городом будет Кунгур – районный центр Пермского края, стоящий на берегах реки Сылвы и впадающих в нее Ирени и Шаквы.

По мнению историков, Кунгур zaloжили в 1647–1648 гг. на «порожней земле» воевода Соли Камской (ныне Соликамск) Прокофий Елизаров и его помощники, занимавшиеся в Предуралье поисками крестьян, бежавших из владений

пермских промышленников Строгановых и с монастырских земель. Удалось найти 1222 человека. Их привезли на речку Кунгурку, в село Старый Посад, выделили им землю и на три года освободили от уплаты налогов. В 1649 г. усилиями переселенцев под-



Кунгур с высоты птичьего полета.

нялся город, куда затем стали стекаться «беглые и празднующиеся людишки» из Вятки, Сольвычегодска, других северных населенных пунктов, желавшие жить, как и его обитатели, «за государем», а не быть крепостными.

Однако в 1662 г. коренные жители этих мест — башкиры и татары, восставшие против произвола собиравших дань московских чиновников, разорили все здешние русские деревни и практически стерли с лица земли Кунгур. Лишь те, кто бежал из него и спрятались в лесах или пещерах, уцелели после страшной бойни и решили отстроить его заново, о чем били челом государю Алексею Михайловичу. Тот, желая иметь надежный форпост в этом дальнем уголке своих владений, велел возвести там город «и великую иметь осторожность от башкирских нападений..., и в крепь устроить острожек». Подходящее место нашли чуть в стороне от прежнего поселения, на высоком берегу Сылвы при впадении в нее Ирени. В 1675 г. тут воздвигли оснащенный бойницами деревянный кремль с восемью башнями, а внутри него — церковь, дом воеводы и другие казенные сооружения.

В 1703 г. картограф, географ и историк Сибири Семен Ремезов составил первые чертежи города и его окрестностей, в том числе уникальной пещеры в недрах Ледяной горы. А вскоре здесь развернул активную деятельность по превращению Прикамья* в крупный горнозаводский центр сподвижник императора Петра I, первый русский ученый-энциклопедист Василий Татищев. В 1720—1723 и 1734—1735 гг., будучи начальником Уральских и Сибирских казенных заводов, он составил множество карт этих мест, организовал поиск медных и железных руд, создал металлургические предприятия, открыл в Кунгуре первую в крае «арифметическую» школу (1721 г.) и т. д.

Город постепенно рос и благодаря расположению на оживленных торговых путях вскоре стал одним из крупнейших на Урале по площади и численности населения, важнейшим деловым центром, как тогда говорили, «купеческой республикой». На проходивших тут ярмарках торговали разнообразными товарами, прежде всего хлебом: окрестные поля давали обиль-

*См.: О. Базанова. У подножия Каменного Пояса. — Наука в России, 2012, № 2 (прим. ред.).



Тихвинский храм (1758–1767 гг.).

ный урожай озимой ржи, самой дешевой в России, да и других зерновых культур. Не случайно на утвержденный в 1783 г. герб Кунгура поместили «рог изобилия с сыплющимися из него колосьями разного хлеба, означающий плодоносие...».

В следующем столетии через эти места проложили Большой сибирский тракт — прямой сухопутный маршрут из Европейской России к границам Китая, «великий чайный путь». Надо сказать, в городе на Сылве терпкий ароматный напиток родом из Поднебесной был известен давно (его поставки в нашу страну начались в 1679 г. когда Москва подписала соответствующий договор с Пекином), но сначала не получил широкого распространения из-за дороговизны. Однако к концу XVIII в. он завоевал популярность в Сибири, затем в Первопрестольной, а во второй половине XIX в. в связи с активным развитием железнодорожного транспорта стал доступным для всех слоев населения.

В 1840 г. молодой купец Алексей Губкин основал в Кунгуре «Чайное торгово-промышленное товарищество», кстати, одно из первых в мире по импорту ли-

ста камелии китайской. Через несколько десятилетий оно стало лидирующим в стране в своей сфере, а сам город, расположенный на Большом сибирском тракте, — «чайной столицей Российской Империи»: через него в центр страны проходило 80% душистого товара. Энергичный предприниматель немало сделал для своей малой родины: строил детские приюты и другие богоугодные заведения, в неурожайный 1877 г. помог хлебом 600 семьям земляков, в том же году открыл первое на Урале техническое училище (построено по проекту петербургского архитектора Романа Генрихсена), причем регулярно выплачивал пособия преподавателям и студентам. Действовавшие при нем механические мастерские в последующем выросли в машиностроительный завод, а в учебном корпусе ныне находится автотранспортный колледж.

Преемником Алексея Губкина стал его внук Александр Кузнецов, в 1894–1917 гг. построивший над могилой деда пятиглавую Свято-Никольскую церковь с шатровой колокольней по проекту губернского архитектора Александра Турчевича (в настоящее время идет ее восстановление). Самому же родона-



Дом купца Дубинина (1878–1883 гг.).

чальнику отечественного чайного дела в 2007 г. в Кунгуре открыли памятник, отлитый из чугуна (пермский скульптор Николай Хромов). Кстати, знаменитый французский писатель Александр Дюма-отец, побывавший в нашей стране в 1858–1859 гг., отмечал: «лучший чай пьют... в России», поскольку тогда только сюда его привозили из Китая по суше, а в другие страны — по воде, и длительные морские перевозки плохо сказывались на качестве напитка.

Александр Кузнецов оставил после себя двухэтажный каменный особняк с мезонином (1860-е годы, пермский архитектор Николай Черницкий), вокруг которого при жизни владельца был сад с нарядным цветником и озером, где разводили рыбу и водоплавающую птицу. Эту усадьбу считали самой богатой в городе и даже называли «Кузнецовским дворцом». В 1873 г. в нем местная знать принимала великого князя Алексея Александровича, совершавшего кругосветное путешествие. Ныне в здании располагаются муниципальные учреждения.

Отметим, благодаря множеству храмов, купеческих особняков, лечебных учреждений, учебных заведений, промышленных и прочих объектов XVIII–XIX вв. Кунгур сохранил облик тех лет и с 1970 г. состоит в списке малых исторических городов России*. В числе здешних памятников архитектуры федерального и регионального значения — прежде всего пятиглавая Тихвинская церковь 1758–1767 гг. с колокольной и приделами 1883 г. Совсем недавно, в 2008 г., здесь установили нарядный позолоченный резной

*Исторические города и поселения — населенные пункты, имеющие архитектурные памятники, градостроительные ансамбли и комплексы, являющиеся памятниками истории и культуры, а также сохранившиеся природные ландшафты и древний культурный слой земли, представляющий археологическую и историческую ценность (прим. ред.).



Памятник купцу Алексею Губкину на фоне Преображенского собора.

иконостас, выполненный художниками Палехской иконописной мастерской (Ивановская область) — всемирно известного центра лаковой живописи.

Рядом с храмом — близкий ему по стилю дом купца Дубинина (1878–1883 гг.) с мезонином и балконом, украшенным кованой решеткой. Ныне здесь располагается Администрация Кунгура. А наиболее ранней из гражданских построек является бывший Городовой магистрат (1758–1762 гг.), где с 1955 г. находятся выставочные залы Краеведческого музея, — двухэтажное здание в стиле барокко*. Отметим так-

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

же Гостиный двор (1865–1876 гг., архитектор Рудольф Карвовский) — единственный сохранившийся на Урале образец сооружений такого назначения.

Самый же старый каменный жилой дом в Кунгуре — двухэтажный особняк Хлебниковых, построенный в 1780-е годы в стиле классицизма (в 2007 г. отреставрирован согласно первоначальному проекту; занят муниципальными учреждениями)*. Здесь прошло детство ученого, писателя, одного из руководителей Российско-Американской компании (учреждена в конце XVIII в., занималась в основном торговлей пушниной) Кирилла Хлебникова. Этот замечательный человек, первый уралец, ставший членом-корреспондентом Петербургской АН, вошел в историю прежде всего как «летописец Русской Америки» (существовала в 1799–1867 гг.). Между тем он побывал не только на входивших в ее состав Алеутском, Александровском архипелагах, тихоокеанском побережье современных США, но и в Мексике, Перу, Чили, самых дальних уголках нашей страны — в Якутии, на Камчатке.

Будучи не только предпринимателем, но и исследователем, Кирилл Тимофеевич составлял в местах, где бывал, этнографические, энтомологические, минералогические коллекции и отправлял их в учреждения Академии наук. Он оставил после себя труды, внесшие большой вклад в отечественную науку первой половины XIX в., обширное эпистолярное наследие, в частности письма от мореплавателей Василия Головнина, Фердинанда Врангеля (члены-корреспонденты Петербургской АН), Людвиг Гегемейстера; переводчика на якутский язык и издателя богослужебных книг, основателя на Дальнем Востоке храмов, школ миссионера Иннокентия Вениаминова. А собранные за годы странствий «русские и иностранные книги..., карты, картины...» Хлебников завещал родному городу, благодаря чему в 1840 г. здесь появилась первая публичная библиотека.

Жизнь негоцианта и ученого, богатая морскими, сухопутными путешествиями, общением с интереснейшими людьми, стала путеводной звездой для его внучатого племянника — Александра Хлебникова. По стопам Кирилла Тимофеевича он в 1896 г. отправился через Сибирь, Приморье и Японию в США, а вернувшись через 10 лет в родной город, сосредоточил усилия на расчистке и обустройстве здешней Ледяной пещеры, пропаганде в прессе ее необычной красоты и уникальности. В 1914 г. открыл там своеобразный «музей», в то время единственный в мире такого профиля, став его первым хранителем и экскурсоводом.

Эта система карстовых** пустот, одна из крупнейших в Европейской России, привлекает посетителей прежде всего огромным многообразием форм льда (листовидные, пирамидальные, прямоугольные,

игольчатые и другие кристаллы, сложные формы — сростки). Особенно красивы Бриллиантовый и Полярный гроты, даже в жару украшенные снизу доверху искрящимся инеем (в него превращается водяной пар, оседающий на всех поверхностях при влажности воздуха 100%), сверкающими сталактитами и сталагмитами, — настоящий «дворец Деда Мороза»! Почему же здесь постоянно поддерживается низкая температура? Дело в том, что каждый год (а существует этот феномен, по мнению ученых, 10–12 тыс. лет) за зиму в привходовой зоне накапливаются снег и лед, не успевающие растаять летом.

Объем пещеры составляет около 206 тыс. м³, площадь — 65 тыс. м², протяженность известных ходов — 5,7 км, а в своде имеется более 146 «органных труб» — вертикальных цилиндрических каналов шириной 3–9 м и длиной до 20 м. Знаменита она также соединяющимися с водами Сылвы подземными озерами (их количество можно назвать лишь приблизительно — около 70, поскольку оно меняется в зависимости от времени года), 48 гротами высотой 10–20 м, возникшими на пересечении галерей или при их завалах.

Первыми описали уникальный памятник природы Василий Татищев, неоднократно посещавший Кунгур в 1720–1723 гг., и его преемник на посту начальника Уральских заводов в 1722–1734 гг. голландец по происхождению Георг Вильгельм (Вилим Иванович) де Геннин. Они правильно объяснили механизм образования пустот в недрах (путем растворения водой и обрушения пород), чем привлекли внимание отечественных ученых к подобным явлениям. В 1730-х годах туда спускались участники второй Камчатской экспедиции немецкие ученые на русской службе историограф Герард Фридрих (Федор Иванович) Миллер* (академик Петербургской АН с 1725 г.) и естествоиспытатель, этнограф Иоганн Георг Гмелин (академик с 1727 г.). Последний измерил температуру воздуха, составил план подземного объекта и в отчете проведенного обследования первым упомянул местное название пещеры (затем оно закрепилось как официальное) — «Ледяная». В 1770 г. здесь побывал выдающийся путешественник, естествоиспытатель Иван Лепехин (академик с 1768 г.), детально изучивший и измеривший гроты и ходы, что нашло отражение в его четырехтомном труде «Дневные записки путешествия по разным провинциям Российского государства», изданном в 1771–1805 гг.

Важной вехой изучения Кунгурской пещеры в последующие столетия стали археологические раскопки, проведенные там в 1879 г. зоологом, антропологом и этнографом, хранителем Зоологического музея при Петербургской АН Иваном Поляковым. Ученый выяснил, что она никогда не служила жилищем человека, но первым заметил оседание кристаллов гипса на всех поверхностях подземной полости и указал на связь уровня ее озер и реки Сылвы. Три года спустя видный минералог, основоположник структурной кристаллографии Евграф Федоров (академик с 1919 г.) проанализировал причины накопления в здешних

*См.: З. Золотницкая. «Благородная простота и величественное спокойствие». — Наука в России, 2009, №3 (прим. ред.).

**Карст — совокупность процессов и явлений, выражающихся в растворении водой горных пород, образовании в них пустот и формировании своеобразного рельефа в местностях, сложенных растворимыми в воде гипсом, известняком, мрамором, каменной солью и др. (прим. ред.).

*См.: О. Базанова. «Верный истории, беспристрастный и скромный». — Наука в России, 2006, № 3 (прим. ред.).

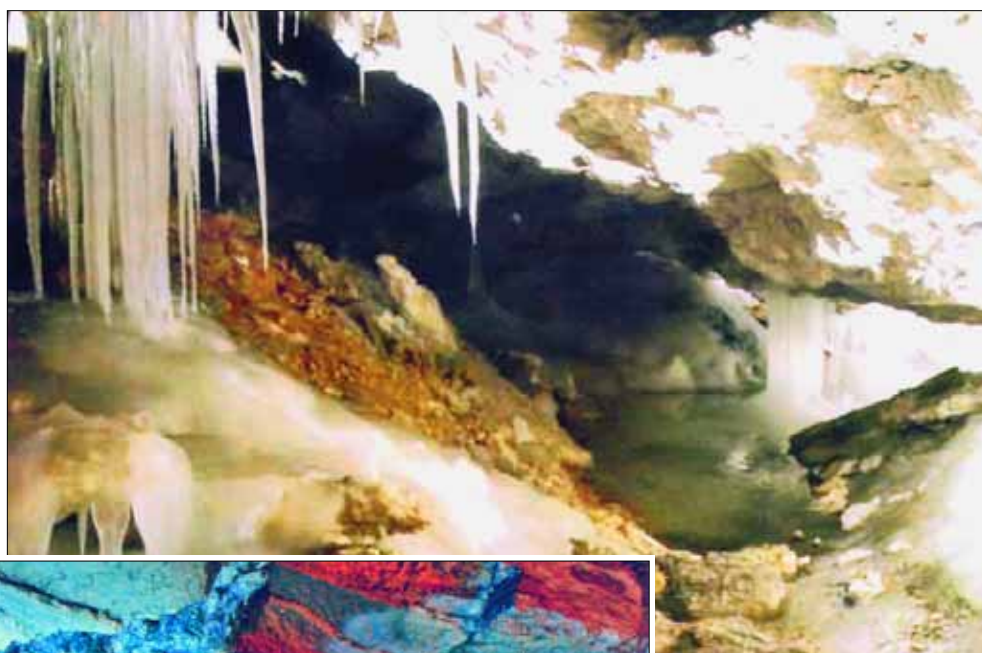
*Ледяная гора.**Вход в Кунгурскую пещеру.*

недрах холода, возникновения пустот различных форм, исследовал нетающие льды, отметил роль Сылвы в растворении пород и, кстати, ввел в научный обиход термин «карст».

В 1925 г. кунгурский феномен посетил выдающийся отечественный минералог, один из основоположников геохимии академик Александр Ферсман, отметивший богатство форм ледяных кристаллов. Через три года участники экспедиции Государственного гидрологического института из города на Неве, изучавшие водный режим подземной полости, определили: сохранение там холода объясняется особенно-

стями ее строения, способствующими интенсивному затягиванию наружного морозного воздуха. В 1930-е годы ученые из Пермского государственного университета выполнили первые химические анализы воды подземных озер и льдов, показавшие довольно высокое (2 г/л) содержание минеральных солей.

В 1948 г. рядом с пещерой организовали Уральский филиал Карстово-спелеологической станции МГУ им. М.В. Ломоносова (с 1952 г. Кунгурский научно-исследовательский стационар), возглавленный Верой Варсановьевой, первой в нашей стране женщиной — доктором геолого-минералогических наук (с



В Кунгурской
ледяной пещере.



**Экспонаты Музея
карста и спелеологии.**

1935 г.), и развернувший планомерное изучение уникального объекта. В 1998 г. накопленную за 50 лет информацию решили систематизировать в виде компьютерного банка данных. Эту работу завершили через четыре года и как ее итог в 2005 г. издали коллективную монографию «Кунгурская Ледяная пещера: опыт режимных наблюдений». В настоящее время здешние микроклиматические параметры, процессы разрушения, в том числе появление трещин в кровле, стенах, и др. фиксирует автоматизированная система мониторинга, разработанная Горным институтом УрО РАН совместно с компанией ISS International (ЮАР).

В 2003 г. на первом этаже здания стационара создали Музей карста и спелеологии, главное богатство которого — обширная коллекция образцов известняка, травертина (поликристаллическая хрупкая тонкозернистая горная порода), гипса, солей, минеральных образований (сталактиты, сталагмиты, «трубочки», «гроздья», «щетки», «розы» и т. д.) из подземных систем как Уральского региона, так и Поволжья, Архангельской области, Шпицбергена, Западной Украины, Крыма, Словении, Словакии, Италии, Турции. Здесь можно увидеть также приборы, личные вещи исследователей, произведения искусства, фотографии, карты и планы, документы, полевые дневники, книги, журналы наблюдений в Кунгурской пещере 1930-х годов. Один из ценнейших экспонатов — французская гравюра второй половины XVIII в., представляющая собой чертеж этой подземной полости, выполненный Ремезовым в 1703 г.

Экспозиция позволяет познакомиться и с фауной подземного «царства холода» — рыбами, летучими

мышами и грызунами, а также с единственными здешними постоянными обитателями, т. е. ведущими троглобионтный (пещерный) образ жизни — рачками размером приблизительно 2 см, именуемыми крангониксами Хлебникова (*Crangonyx Chlebnikovi*). Сотрудники музея даже покажут пробирку с водой, где плавает белое крошечное существо. Обнаружил его в 1926 г. зоолог, гидробиолог Евгений Боруцкий в Большой Мечкинской пещере, находящейся неподалеку от Кунгурской, и назвал в честь уже знакомого читателям пропагандиста последней. Среда обитания этих представителей беспозвоночных — стоячая вода не теплее 5 °С с повышенной (до 2,4 г/л) минерализацией, а пища — детрит (частицы мертвого органического вещества) в основном растительного происхождения, например полуразложившиеся волокна древесины.

Уникальность Кунгурской пещеры удачно сочетается с доступностью: ведь еще в середине XIX в. местный уроженец Романовский водил сюда любопытствующих. Словом, как отметил писатель, историк кунгуряк Валентин Рапп, именно здесь зародился «тот родничок, из которого появилась полноводная река российского туризма...».

Иллюстрации предоставлены автором

ХЛЕБ – ВСЕМУ ГОЛОВА



Представить рацион среднестатистического человека без хлеба невозможно. Пшеница, введенная в культуру в 7–6 тыс. до н.э., и сегодня кормит весь мир. Не секрет, что урожай во многом зависит от усилий большого количества специалистов разных областей, в том числе ученых-генетиков и селекционеров. Осенью 2011 г. в Новосибирском академгородке прошла международная конференция «Генетические ресурсы и геномика пшеницы», главным организатором которой стал Институт цитологии и генетики СО РАН. Форум по этой теме состоялся в третий раз, но каждый из них был посвящен определенной проблеме. На этот раз речь шла о генотипировании, генетико-селекционной стратегии на будущее. О самых обсуждаемых вопросах корреспонденту газеты «Наука в Сибири» Л. Юдиной рассказал академик Владимир Шумный, специалист в области экспериментальной генетики, председатель Вавиловского общества генетиков и селекционеров.

Главная идея прошедшей конференции, в которой приняли также участие ученые из Германии, Франции, США, Голландии, Ирака, заключалась в том, что Рос-

сии необходима своя национальная программа, посвященная одной из основных зерновых культур страны — пшенице. Она привлечет внимание мирового сообщества генетиков-селекционеров к культуре и, как следствие, поможет получить большее финансирование. Хотя пшеница сегодня определяет хлебный потенциал в мире и вышла на первое место среди злаков, селекционно-генетические работы распределены неравномерно. Большие деньги вкладываются в сою, рис, кукурузу, но, в отличие от пшеницы, они технологически более сложные по производству: среди них много гибридных форм, а значит, необходимо осуществлять особое семеноводство.

Одна из главных тем, затронутых собравшимися, — подчеркнул В. Шумный, — генетическое совершенствование сортов пшеницы. Созданы сорта с высоким потенциалом. Культура проста и в обращении, и по технологии возделывания, но при этом самое важное — следить за сортовым материалом. Урожаи в основном собирают хорошие, но цифры могут быть значительно выше. Полностью потенциал не реализуется, лишь на 30–40%. Скажем, если сорт для урожая на 8 т/га, то в

*Пшеничное поле.**Сбор урожая пшеницы.*

России в среднем получают где-то между 2–3 т/га. Однако некоторые сорта, созданные 10, 20 и 30 лет назад, морально устаревают. При этом повышаются требования, меняются окружающие условия, задачи.

Генетическое улучшение сортов ведут уже давно: следует перебрать все гены пшеницы, расшифровать геномы, выявить определяющие урожайность, качество устойчивости к болезням, вредителям, экстремальным факторам среды. Последние должны быть картированы и доступны селекционерам. По аналогии нужные гены отыскивают у диких сородичей — скажем, у пырея, леймусов и др. — и переносят в геном пшеницы. Это трудная задача, но выполнимая. В Институте цитологии и генетики СО РАН есть коллекции дикорастущих видов с очень ценными генами, и зарубежные коллеги часто обращаются за ними к российским ученым. Генетики и селекционеры прежде всего борются за крепкие, здоровые культуры, устойчивые к экстремальным факторам среды, холоду, засухе, засоленности почв. Ведь во все времена было много заболеваний и вредителей, сводящих все усилия специалистов на нет, а сейчас их еще больше.

В свое время Институт цитологии и генетики СО РАН прославился разработанной в содружестве с коллегами пшеницей сорта «Новосибирская-67». Он ис-

пользуется как стандарт по устойчивости к низким температурам в масштабах России, в том числе в Сибири. Работа по созданию новых сортов ведется по всей стране — каждый год «выходит» не один новый сорт. Селекционное дело поставлено в Сибири отлично, но, как отмечают ученые, необходимо поднять на должную высоту семеноводство. Это целая отрасль со своими законами и особенностями, и сейчас она в основном в руках частных лиц, фермеров. В мире эта проблема решена — существуют мощные семеноводческие фирмы, поддерживающие связь с селекционерами, заранее оговаривают все условия, в том числе урожайность с гектара, общую массу, цену. Наша страна тоже движется в сторону отработки необходимого механизма, и если основные моменты будет контролировать государство, значительно меньше станет сбоев, и сельхозпроизводители будут лучше защищены.

Юдина Л. Нужна национальная программа. — Газета «Наука в Сибири», 2011, № 40

Иллюстрации с интернет-источников

Материал подготовила Ольга АРТЮХИНА

САМЫЙ «МОСКОВСКИЙ» МУЗЕЙ



Ольга БОРИСОВА, журналист

**На противоположном от Кремля берегу Москвы-реки
расположен большой исторический район,
где с начала XVIII в. селились торговые люди.
Сюда, в тихую «гавань», они возвращались после трудового дня,
проведенного в лавках и магазинах,
находившихся в шумном центре города.
И в отличие, скажем, от аристократической Тверской или Арбата,
где вечером и ночью кипела светская жизнь,
в купеческом Замоскворечье
спать ложились рано и вставали чуть свет.**

Музей В. А. Тропинина и художников его времени.



**Автопортрет с кистями и палитрой на фоне окна с видом на Кремль.
Художник В. Тропинин. 1844 г.**

Здесь и поныне живо ощущение покоя, уюта, умиротворения, сравнимое с атмосферой русской глубинки. И хранители его — добротные, возведенные «на века» патриархальные дома-«крепости», одно- или двухэтажные, с мезонинами, с украшенными колоннами фасадами. Впрочем, полтора-два столетия назад подобные здания в стиле ампира* были типичны не только для Замоскворечья, но и для всего города. Теперь же этих немых свидетелей минувшего осталось немного, и тем они для нас ценнее.

В одном из замоскворецких особняков, построенном в первой трети XIX в. в Щетининском переулке, с 1885 г. жили негоцианты Петуховы, последним представителем которых, уже отошедшим от семейного дела, был Николай Григорьевич, этнограф и историк, большой поклонник изобразительного искусства. В его доме бывали многие деятели культуры, в частности Феликс Вишневский — сын председателя Московского художественного общества

ва*, тонкий знаток отечественной живописи, страстный почитатель творчества великого русского портретиста Василия Тропинина и известный коллекционер, точнее, как он сам себя называл, собиратель.

Разыскивая бесценные картины, нередко прозябавшие в самых неподходящих местах — на чердаках, в подвалах и т.п., Феликс Евгеньевич выменивал или покупал их у владельцев. Причем «большинство вещей... находил в аварийном состоянии, делал атрибутику, и из ничего появлялись шедевры», — вспоминал внук Вишневского Юрий. В возрождении поврежденных полотен участвовал брат известного мастера кисти, действительного члена Академии художеств (с 1958 г.) Павла Корина** Александр, талантливый реставратор, копиист и пейзажист.

Отдавая дань подвижнической деятельности «спасателя картин», Петухов в 1965 г. завещал ему свой

*См.: З. Золотницкая. «Благородная простота и величественное спокойствие». — Наука в России, 2009, № 3 (прим. ред.).

*Московское художественное общество — объединение меценатов, коллекционеров, любителей искусства, 1832–1918 гг. (прим. ред.).

**См.: В. Нарциссов. «Юноша с фрески Гирландайо». — Наука в России, 2003, № 6 (прим. ред.).



Кружевница.
Художник В. Тропинин. 1830-е годы.

особняк вместе с двухэтажным деревянным флигелем во дворе, построенным в 1883 г. А Феликс Евгеньевич вскоре передал само собрание живописи и оба здания городу Москве, до конца своих дней (1978 г.) оставаясь главным хранителем созданного тут в 1969 г. Музея В.А. Тропинина и московских художников его времени. Отметим, всего Вишневский подарил различным галереям страны около 800 произведений изобразительного и декоративно-прикладного искусства, и многие из них воспроизведены в вышедшем в 2003 г., к 100-летию со дня рождения коллекционера, альбоме-каталоге «Дар бесценный».

Сначала эта сокровищница была филиалом Останкинского дворца-музея творчества крепостных, а в 1991 г. стала самостоятельным культурно-просветительским учреждением. Однако через 11 лет старинное здание потребовало капитального ремонта, и подавляющую часть коллекции перевезли в Государственный музей А.С. Пушкина* на Пречистенке.

*См.: Е. Богатырев. Литературный пантеон. — Наука в России, 2005, № 6 (прим. ред.).

Вновь открылся для посетителей особняк в Щетининском переулке лишь весной 2011 г., но уже с современной системой освещения и климат-контроля.

К тому времени реставраторы возродили к жизни более 200 ценнейших полотен, в том числе «Портрет принцессы Анны Леопольдовны» (1733 г.) кисти придворного художника, одного из наиболее значимых представителей россики (иностранных авторов, живших в нашей стране), француза Луи Каравака, лики апостолов — этюды к иконостасу неизвестного автора круга Владимира Боровиковского (1780-е годы). Добавим, реконструкция особняка включала и его расширение — обустройство подвального помещения, где разместили фондохранилище. Ведь первоначально здесь было 300 единиц хранения, а к настоящему времени стало почти в 10 раз больше.

Постоянная экспозиция самого «московского» музея (как его часто называют за тесную связь с историей и художественной культурой столицы XVIII — первой половины XIX в.) включает разделы портрета, акварели, пейзажа, картин бытового жанра, россики



*Девушка с горшком роз.
Художник В. Тропинин. 1850 г.*

и, конечно, творения Тропинина. Всего мастер создал около 700 картин, ныне находящихся в различных галереях, но наибольшая коллекция его произведений (30 живописных и 20 графических) сосредоточена именно тут.

Примечательно, что все портреты великого живописца излучают благодушие, тепло, спокойствие, приветливость («зачем производить тяжелое впечатление, — считал он, — возбуждать тяжелые воспоминания в любящих этого человека? Пусть они видят его и помнят в счастливую эпоху жизни»), что отвечало духу Первопрестольной, доброжелательной, неторопливой, хлебосольной. Как подчеркнула заместитель директора музея по науке кандидат искусствоведения Юлия Волгина, «Тропинин — художник московский по своему характеру, и не случайно он был столь любим и почитаем здесь. Для многих... личность Тропинина и его искусство стали символом московского образа жизни».

Родившийся крепостным (1780 или 1776 г.) в имении графа Моркова под Новгородом, Василий Анд-

реевич рано проявил склонность к рисованию и успешно учился в петербургской Академии художеств. Однако в 1804 г. молодому человеку пришлось ее оставить — в связи со смертью отца занять его должность управляющего барским поместьем, находившимся в деревне Кукавка на Украине (ныне Могилев-Подольский район Винницкой области). Между тем живописец был благодарен судьбе за проведенные там 20 лет, подчеркивая, что «всем обязан природе», поскольку «без отдыха писал с натуры».

В Кукавке Тропинин обучал рисованию детей графа, в 1806 г. руководил строительством по собственному проекту храма Святого Димитрия Солунского, в 1807 и 1818 гг. занимался его оформлением, в частности, писал иконы Иоанна Крестителя, Димитрия Солунского, Николая Чудотворца, Господа Саваофа, Богоматери с Младенцем. Кроме того, оттачивая технику письма, художник создал там множество этюдов и портретов в русле общего для европейского искусства начала XIX в. интереса к национальному колориту. Наиболее примечательна из них «Головка де-



**Портрет Екатерины Ивановны Карзинкиной.
Художник В. Тропинин. После 1838 г.**

вушки-украинки» 1810-х годов, открывающая галерею прелестных образов идеального для художника типа женского лица.

В 1824 г. Тропинин, получив вольную и звание академика живописи, навсегда поселился в Москве. Одной из работ, послуживших основанием для присвоения ему высокого звания, была знаменитая «Кружевница» (1823 г., Государственная Третьяковская галерея, Москва), прославившая автора как «русского Грёза»*, очень полюбившаяся публике и неоднократно им повторяемая. Вариант картины, представленный в музее, художник выполнил в 1830-е годы. Здесь же находится и одно из лучших творений мастера — пленительная «Девушка с горшком роз», написанная уже в 1850 г., но наделенная тем же округлым овалом лица, большими карими глазами, нежной улыбкой, что у миловидных крестьянок, вышивальщиц, пряж, изображаемых им на протяжении всей жизни.

*Жан-Батист Грёз (1725–1805) — французский живописец-жанрист, глава сентиментально-морализирующего направления во французской живописи второй половины XVIII в. (прим. ред.).

Многие из мужских портретов Тропинина, отличающихся большой экспрессивностью, впервые в отечественном искусстве увековечили людей из народа. Пронзительный взгляд «Старика ямщика, опирающегося на кнутовище» (1820-е годы), как видно, много повидавшего на своем веку, следует за зрителями, надолго сохраняясь в их памяти. А вот перед нами, можно сказать, легендарный персонаж — Самсон Ксенофонович Суханов, скульптор-самоучка, староста петербургской артели гранитных дел мастеров, запечатленный живописцем в 1823 г. как вдохновенный создатель, художник Божьей милостью. Каменотес, работой которого любовались архитекторы и ваятели с академическим образованием, создал в 1800-х годах исполинские аллегорические фигуры Невы, Волхова, Волги, Днепра у Ростральных колонн и немало других памятников, прославивших северную Пальмиру*.

Пожалуй, самый официальный в экспозиции — «Портрет Сергея Сергеевича Клушникова» (1828 г.),

*См.: С. Семенцов. Город архитектурной гармонии. — Наука в России, 2003, № 3 (прим. ред.).



**Портрет княгини Екатерины-Каролины Александровны Долгоруковой.
Художник Джованни Батиста Дамон-Ортолани. 1804 г.**

государственного деятеля, бывшего адъютанта великого полководца Александра Васильевича Суворова*. Есть здесь и изображения других отечественных сановников, в том числе Сергея Михайловича Голицына (после 1828 г.), Алексея Алексеевича Тучкова (1843 г.) — покровителей и друзей живописца. Между тем в историю искусства Тропинин вошел как родоначальник камерного, «домашнего», или «халатного», портрета. Именно в такой непринужденной манере он запечатлел, например, в 1839 г. представителя неслужилого дворянства Платона Николаевича Зубова.

Как говорили современники художника, он переписал едва ли не всю Москву. Было среди заказчиков и много негоциантов. Так, в музее представлены «Портрет Екатерины Ивановны Карзинкиной» (после 1838 г.) в модном в те годы русском народном костюме и парные изображения супругов Киселевых (около 1834 г.), где в женских лицах мы видим черты

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

излюбленного образа автора, а в мужском — энергию, ум, уверенное спокойствие.

В 1843 г. Московское художественное общество за «ревностное содействие к пользе и процветанию» оного избрало Тропинина, находившегося тогда в зените славы, почетным членом. А через год мастер написал по его заказу «Автопортрет с кистями и палитрой на фоне окна с видом на Кремль», носящий характер подведения итогов творческого пути автора. Мы видим его в рабочей обстановке — это человек с лицом открытым, большой доброты, внутренней силы, убежденный в высокой миссии искусства, значимости своего труда, а за его спиной открывается величественная панорама центра Москвы.

Экспозиция включает также редкие работы выдающихся художников XVIII в. — предшественников Тропинина, творчество которых связано как с Москвой, так и с Петербургом. Надо сказать, до конца XVII в. на Руси существовала только иконопись, и первыми мирскими изображениями людей стали создаваемые с помощью ее приемов (на досках, плос-



**Портрет Самсона Ксенофонтovich Суханова.
Художник В. Тропинин. 1823 г.**

костные, т.е. лишенные объема, как и святые лики) парсуны — персоны. У истоков же отечественного светского изобразительного искусства стоял Иван Вишняков. В музее представлен выполненный им портрет Матвея Семеновича Бегичева (1757 г.), инженера-артиллериста и писателя.

Неизменно привлекает внимание посетителей трогательный образ юной графини Анны Петровны Шереметевой (не позднее 1768 г.), скончавшейся из-за болезни за две недели до свадьбы, запечатленный Иваном Аргуновым. Рядом замечательные портреты статс-дамы Агриппины Леонтьевны Апраксиной (автор Алексей Антропов, 1750-е годы), графа Артемия Ивановича Воронцова (Федор Рокотов, после 1768 г.), князя Михаила Михайловича Шербатова (Дмитрий Левицкий, 1781 г.), супруги первого отечественного историка искусств Алексея Романовича Томилова Варвары Андреевны (Владимир Боровиковский, 1800-е годы) и т.д.

Нельзя не упомянуть и о наставнике Тропинина — придворном живописце Алексее Щукине, в 1788 г.

сменившем Левицкого на посту руководителя класса портрета в петербургской Академии художеств, одном из крупнейших русских представителей данного жанра рубежа XVIII—XIX вв. Запечатленный им образ императора Александра I (после 1805 г.) являет нам молодого человека в мундире Преображенского полка на фоне облачного неба, характерного для творчества художника. Надо признать, мэтр оказал значительное влияние на своего прославленного ученика: уделяя большое внимание работе с натурой, привил ему любовь к жанровым сюжетам, а в выборе палитры — к теплой гамме серо-дымчатых, золотистых и оливковых тонов.

В музее также немало работ современников Тропинина, в первую очередь основоположника русского акварельного портрета Петра Соколова. Лучшее его творение, по мнению специалистов, гордость музея — воздушное, словно окутанное мягким рассеянным светом изображение Елизаветы Ксаверьевны Воронцовой (около 1823 г.). Продолжал и развивал традиции жанра Владимир Гау. Среди его произведений от-



**Портрет поручика князя Сергея Федоровича Голицына-второго.
Акварель Петра Соколова. 1835–1838 гг.**

метим замечательное изображение актрисы Анны Матвеевны Степановой в восточном костюме (1842 г.), отличающееся яркой цветовой гаммой и высочайшей техникой исполнения.

Тему портрета продолжает галерея миниатюр. Эта его разновидность распространилась в России в первые десятилетия XVIII в. как маленькие картины на эмали, затем на кости. В экспозиции можно увидеть подобные изображения генералиссимуса Александра Васильевича Суворова, главы московских масонов Петра Алексеевича Татищева, медальоны работы резчиков по кости с профилями членов царской семьи и др. (конец XIII—начало XIX в.). Неизменно привлекает внимание посетителей также вышитый мельчайшим бисером портрет императора Петра I.

Со дня основания в музее комплектуется коллекция произведений декоративно-прикладного искусства, прежде всего бытовавших в тропининское время, т.е. на рубеже XVIII–XIX вв. Наиболее значительная их часть — работы керамистов. В 1744 г. по указу императрицы Елизаветы Петровны в Санкт-Петербурге основали Невскую порцелиновую мануфактуру — первую в России и третью в Европе по из-

готовлению фарфоровых изделий. Надо сказать, описание этого производства как химического процесса выполнил наш великий ученый-энциклопедист Михаил Ломоносов*, благодаря чему удалось разработать отечественную технологию создания такого вида керамики, по качеству не уступавшего саксонскому. Сначала из него делали мелкие предметы, а с 1765 г., когда на фабрике установили большой горн, стали выпускать и более крупные. Тогда здесь создали первый сервис для государыни, а само предприятие стали называть Императорским фарфоровым заводом.

Стеклоное же дело было известно в России еще с XII в., когда из красивого прозрачного материала начали делать посуду, мозаики, а первый в стране завод по выпуску таких изделий появился в 1635 г. в Московской области. Однако как предметы роскоши, убранства интерьера, с пышным гравированным и резным орнаментом, не предназначенные для широкой продажи, их начали изготавливать на новых предприятиях, основанных под Петербургом в 1710 г. и

*См.: А. Уткин. Феномен личности Ломоносова. — Наука в России, 2011, № 6 (прим. ред.).



**Изделия Императорских
фарфорового
и стеклянного заводов.**

через 20 лет объединенных в Императорский стеклянный завод.

В XVIII в., в пору расцвета производства русского фарфора и стекла, из рук мастеров императорских заводов выходили произведения искусства, отличавшиеся изысканностью формы и оригинальными методами обработки поверхности. На предприятиях постоянно совершенствовали технологию их изготовления, в частности, развивали производство посуды из оправленного в золоченую бронзу граненого хрусталя, расписывали вазы и другие изделия полихромными цветочными композициями, пейзажами, жанровыми сценами, нередко воспроизводя картины великих мастеров.

В экспозиции можно увидеть редкие предметы сервировки из фарфора и стекла XVIII–XIX вв. с портретами царствующих особ — Елизаветы Петровны,

Марии Федоровны, Александра I, цесаревича Павла Петровича; статуэтки с золотой росписью; разнообразные вазы, украшенные сценами охоты, букетами цветов, пейзажами, и др. «Залы музея небольшие, — отмечает его директор Ирина Егорова. — Многие картины, скульптура, предметы интерьера в основном носят камерный характер. Таким образом, сохраняется атмосфера старого московского дома, в котором могли бы жить многие персонажи, изображенные на портретах... Мебель, старинные люстры и светильники, фарфор, стекло, табакерки, шкатулки из кости, бисерное шитье — все эти предметы помогают ощутить гармонию давно минувшего времени».

Иллюстрации предоставлены автором

МОНИТОРИНГ ЛЕСОВ

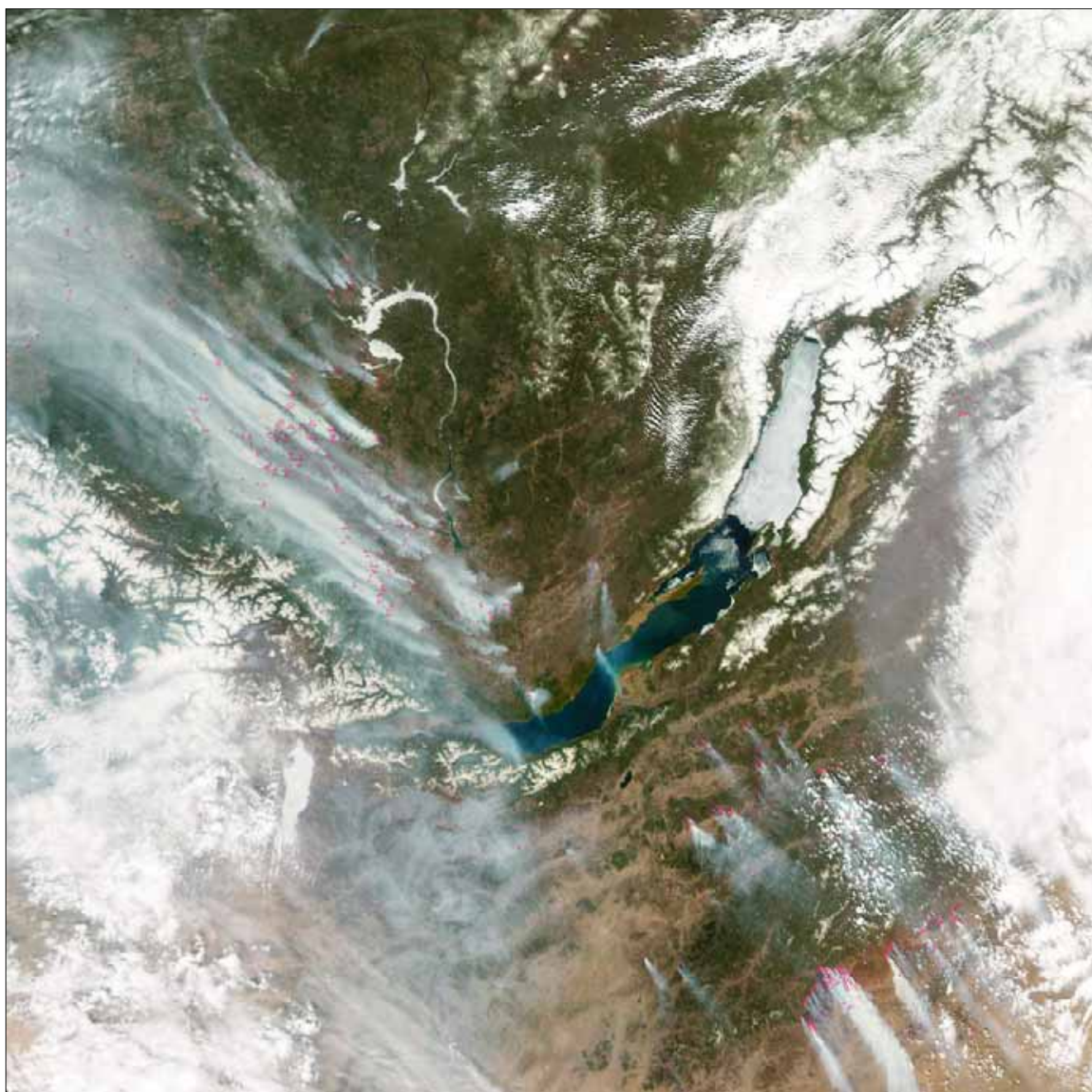


Лесная тематика — одно из основных научных направлений, по которым уже много лет совместно работают сотрудники Сибирского отделения РАН и японского Университета Тохоку. В ноябре 2011г. в Красноярске прошел семинар «Система мониторинга леса», в котором участвовали профессора Джун-Ичи Кудо и Масаши Ито. Об основных проблемах и идеях в этой области поделился заместитель директора Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, доктор биологических наук Вячеслав Харук с корреспондентом газеты «Наука в Сибири» Людмилой Юдиной.

Основная обсуждаемая на встрече тема — повышение эффективности мониторинга и борьба с лесными пожарами. Они наносят экологический и экономический ущерб, являются мощным источником парниковых газов (преимущественно CO_2), факто-

ром, усиливающим потепление климата на региональном и глобальном уровнях. В целом повышение температуры благоприятно для сибирских лесов. Так, сейчас наблюдается прирост древесных растений, их миграция в зону горной и полярной тундры, повышение сомкнутости древостоев. Однако рост температуры воздуха должен повлечь увеличение лесных пожаров. Это находит подтверждение как в прошлом, так и в настоящее время. Например, в малый ледниковый период (XIV—XIX вв.) частота пожаров в лиственничниках Эвенкии была примерно вдвое ниже, чем в настоящее время. Высокие температуры способствуют «созреванию» лесных горючих материалов — их готовности вспыхнуть при наличии источника огня. И еще одно из возможных последст-

Лесной пожар.



Мониторинг лесных пожаров из космоса.

вий потепления климата — превращение сибирских лесов из стока, хранилища углерода, в его источник.

Однако основной причиной лесных пожаров, подчеркнул Харук, все же остается человеческий фактор. В наших лесах (да и на планете в целом) именно он — виновник более 80% таких бедствий. В последние десятилетия при увеличении числа периодов с аномально высокой температурой наблюдается положительный тренд как частоты, так и площади таежных пожаров. Удлинился и сам пожароопасный период. То же происходит в Канаде — второй по площади boreальных лесов державе. Эти сведения не могут не

заставить задуматься и искать возможные методы борьбы с данной проблемой. И в настоящее время основной источник соответствующей информации — зондирование из космоса. Наиболее успешная разработка для этих целей — датчик MODIS, установленный на американском спутнике Тегга. На основе его данных ведется оперативный мониторинг пожаров на всей территории России.

Японские коллеги на упомянутом семинаре предложили для раннего обнаружения пожаров использовать дымовые шлейфы над пологом леса. То есть засекать бедствие на стадии, когда термически оно се-

**Выгоревший лес.**

бя проявляет недостаточно для детектирования тепловыми датчиками. Дымовые шлейфы, аэрозоли хорошо фиксируются в видимой части спектра. Регистрируются они аппаратами, например, Тегга/MODIS. Планируется повысить пространственное разрешение «космического ока» приблизительно до 0,5 м и создать на орбите группировку спутников, обеспечивающих наблюдение заданной территории несколько раз в день. Для этой цели, наряду с собственно приборами-датчиками, необходимо разработать и усовершенствовать методы обнаружения аэрозолей над тайгой. В зоне такого мониторинга будут преимущественно наиболее значимые древостои, а также прилегающие к населенным пунктам леса. Планируемый проект включает три этапа: на первом будут разработаны методические подходы; на втором — создан прототип системы, выполнена ее реализация и верификация; на третьем — осуществлено практическое, штатное использование системы раннего обнаружения пожаров.

Отечественные исследователи непосредственно участвуют в разработке алгоритмов анализа спутниковых данных, включая обнаружение аэрозолей, совершенствуют методы обнаружения пожаров в инфракрасном диапазоне, а также ведут подспутниковые измерения, необходимые для отработки метода и валидации получаемых данных. Реализация такого проекта поможет снизить выбросы парниковых газов и сберечь наши леса.

Старший научный сотрудник лаборатории мониторинга леса из Института леса им. В.Н. Сукачева Евгений Пономарев на семинаре представил доклад о дистанционном спутниковом мониторинге пожаров на территории нашей страны. Их классификация по степени вероятности возникновения пожаров, динамика площадей, пройденных огнем, оценка после-

пожарного состояния и процессов лесовосстановления — все это результаты обработки банка данных о лесных пожарах, зафиксированных спутниковыми методами. Эти исследования в том же институте проводятся с 1994 г., когда появилась возможность принимать и обрабатывать информацию со спутников. Нарботанные методы и подходы будут востребованы при реализации планируемого проекта раннего обнаружения пожаров. А. Рубцов из Сибирского федерального университета представил результаты математического моделирования данных о пожарах как на основе спутниковых наблюдений, так и по информации альтернативных источников. Эти подходы позволяют реализовать экологические модели текущего состояния и прогноза лесопожарной ситуации на территории России.

Рассмотренные на форуме в Красноярске идеи направлены на оценку воздействия экосистем региона на глобальный климат, в частности, на изучение влияния изменений, происходящих в тундре. Эти проблемы актуальны потому, что наблюдаемое повышение средней годовой температуры воздуха в области развития криолитозоны способно вызвать активизацию биогеохимических процессов, ускорить высвобождение законсервированных в вечной мерзлоте парниковых газов. Вместе с тем вклад мерзлотных экосистем в глобальный и континентальный баланс углерода до сих пор остается малоизученным.

Юдина Л. Лес под контролем. — Газета «Наука в Сибири», 2011, № 48

Иллюстрации с интернет-источников

Материал подготовила Ольга АРТЮХИНА

ПЕТРОГЛИФЫ БЕЛОГО МОРЯ

Кандидат исторических наук Александр ЖУЛЬНИКОВ,
доцент кафедры архивоведения
и специальных исторических дисциплин
Петрозаводского государственного университета
(Республика Карелия)

**Петроглифы (выбитые на камне фигуры),
расположенные на островах Белого моря примерно
в 7–8 км от впадения в него реки Выг, –
один из ярких памятников первобытной культуры
европейской части России. Будучи современниками
египетских пирамид (IV–III тыс. до н.э.),
они отражают мировоззрение человека эпохи камня,
ритуальную сферу бытия, мифологические представления,
ценностные ориентиры, эстетические «эталоны»
и, отчасти, ментальность древних жителей региона.
И в этом уникальность наскальных изображений Карелии,
к слову, включенных в 2002 г. Всемирным фондом памятников
в список 100 объектов мирового значения,
находящихся под угрозой разрушения.**

ОТКРЫТИЕ «КАМЕННОЙ ЛЕТОПИСИ» НА СЕВЕРЕ

Одна из групп древних изображений Беломорья издревле была известна обитателям низовья реки Выг, называвшим ее Чертовыми Следками. Летом 1926 г. житель деревни Выгостров Григорий Матросов показал студенту ленинградского Географического института Александру Линевскому скалу с выбитыми на ней фигурами. Эта поездка определила дальнейшую судьбу молодого исследователя, ставшего впоследствии писателем, археологом, этнографом и истори-

ком, впервые познакомившим научную общественность с наскальными изображениями Беломорья. В основных трудах – «Петроглифы Карелии» (1939) и «Очерки по истории древней Карелии» (1940) — Линеvский первым попытался реконструировать смысловое значение древних гравировок, выделить хронологические пласты. И, видимо, по аналогии с широко известными петроглифами Онежского озера*, открытыми в 1848 г. геологом из Санкт-Петербурга Кон-

*См.: А. Жульников. Петроглифы Онега через призму мифов. — Наука в России», 2009, №2 (прим. ред.).



Фигура Беса – наиболее крупное антропоморфное изображение на беломорских петроглифах.

стантином Гревингом, назвал наиболее выразительную на Белом море антропоморфную фигуру с огромным фаллосом Бесом, а саму группу – Бесовыми Следками. В последующие годы XX в. (1936, 1963) в низовье реки Выг археологи Владислав Равдоникас (член-корреспондент АН СССР с 1946 г.) и Юрий Савватеев открыли новые скопления наскальных изображений, получившие название Старая и Новая Залавруга, Южная группа Бесовых Следков, Ерпин Пудас. Сегодня беломорские петроглифы – крупнейшее в Европейской России собрание образцов наскального искусства первобытной эпохи: в его 13 группах сосредоточено свыше 2300 фигур.

СЮЖЕТЫ И ХРОНОЛОГИЯ

Основной сюжет представленных здесь полотен, что, собственно, и отличает этот комплекс от большинства других, расположенных по соседству в Финляндии, Швеции, Норвегии, а также на Урале, – событие, а главное действующее лицо – воин или охотник, как правило, с оружием (луком, стрелой, копьем, палицей, гарпуном).

Гравировки выполнены в реалистической манере, изобилуют деталями, фигуры изображены в движе-

нии и взаимодействии. Практически нет антропоморфных персонажей, характеризующихся особой статуарностью, изображением анфас. Человек предстает как воплощение функции, действия. Зооморфные «герои», в отличие от таковых на Онежском озере, лишены символической окраски, а сцены охоты и войны насыщены «бытовыми» деталями.

Хронологические исследования комплекса опираются на возможность использования высотных отметок над уровнем моря групп наскальных изображений, а также близлежащих стоянок (в районе расположения петроглифов открыты и частично раскопаны 90 древних поселений, датировка которых установлена радиоуглеродным методом). Отмеченные различия связаны с послеледниковыми деформациями Балтийского щита – массивного складчатого поднятия гранитно-сланцевого слоя земной коры на северо-западе Восточно-Европейской платформы. Согласно этим данным все выбивки на Белом море сделаны в IV–III тыс. до н.э. Первый этап наскального творчества представлен северной и южной группами Бесовых Следков и, возможно, некоторыми скоплениями на острове Ерпин Пудас, где преобладают одиночные фигуры морского зверя и лося. Ко второму этапу относят гравировки группы Новая Залавруга, хронологический диапазон существования которых ограничен, с одной стороны, освобождением скал из-под уреза воды, а с другой – временем появления над петроглифами культурного слоя энеолитического поселения (медно-каменный век, III тыс. до н.э.). Тогда же появились мелкие островные изображения в русле реки Выг, возможно, северо-восточная часть Старой Залавруги, где выбиты многочисленные силуэты лодок, сцены промысла на морского зверя, многофигурные композиции с участием людей.

Примерно во второй четверти III тыс. до н.э. наскальная традиция в Беломорье на некоторое время прервалась, возобновившись в конце III тыс. до н.э., когда возникли «зарисовки» центрального ядра Старой Залавруги, состоящие из кортежей оленей. Среди них особо выделяется цепочка из трех крупных фигур животных почти в натуральную величину. В эпоху бронзы в том регионе, видимо, был выбит караван из лодок с многочисленным экипажем. Затем по неизвестной пока причине петроглифическая традиция на берегах Белого моря теряется.

БЕС И БЕСОВЫ СЛЕДЫ

В северной группе рисунков обращают на себя внимание 7 следов, ведущих к крупной антропоморфной фигуре – Бесу.

Даже беглый взгляд на скалу не оставляет сомнений: до того как персонаж «оказался» на оконечности скального уступа, он «двигался» параллельно краю берега. Большая часть других участников события при этом осталась слева по ходу его движения.



Бесовы следы.



**Композиция из фигур
лыжников.**

Цепочка следов, по сути, идет вдоль природной границы, всегда осмысливавшейся как рубеж между мирами людей, духов и предков.

Среди важных признаков Беса — его размеры, превышающие соседние изображения в данном скопле-

нии. Их «величие», вероятно, демонстрирует высокий статус этого существа среди других «героев».

На поднятой и согнутой в локте руке «нечистой силы» четко обозначены пять пальцев. Показательно, что Бес здесь (как и на Онеге) — единственный ант-



Изображение лодки – часто встречаемая фигура на петроглифах Белого моря.

ропоморфный пятипалый персонаж. Примечательна и его правая гигантская ступня (такими конечностями обычно наделяют мифологические образы), левая же неестественно вывернута. Этот признак, как правило, имеет негативное значение, что хорошо знакомо по примете «плюнуть через левое плечо». Бес изображен босым. В традиционной культуре многих народов не приветствуют хождение босиком, что выразилось в существовании различных запретов и суеверий. Из этого следует: босоногость главного персонажа (как, впрочем, и горбатая спина) – знак, свидетельствующий о его принадлежности иному миру.

Одна из главных отличительных черт Беса – гипертрофированный половой орган – в языческом мировоззрении трактуется как символ космической энергии, середина микро- и макрокосмоса, упорядочивающее начало. Подчеркнутый эротизм – характерный признак героев эпохи первотворения, показатель магической силы и зрелости.

МИР ВЕЧНОЙ ОХОТЫ

Человек каменного века полностью зависел от охотничьей добычи, и этому виду занятий были подчинены все стороны его бытия. Центральный образ, на котором строилось его мировоззрение, – «смерть ради жизни». Наши предки осознавали: растения или животные должны умереть, чтобы стать их плотью и кровью, – по аналогичной модели они строили все отношения в природном мире. Пристальное внимание создателей беломорских петроглифов к сценам промысла помогает понять особенности этого мировосприятия, специфику данного святилища. А насыщенность их бытовыми реалиями служит важным источником получения информации о материальной культуре древних охотников и рыболовов.

В повествовательных сценах часто фигурируют средства передвижения – лодки, весла, лыжи (сколь-

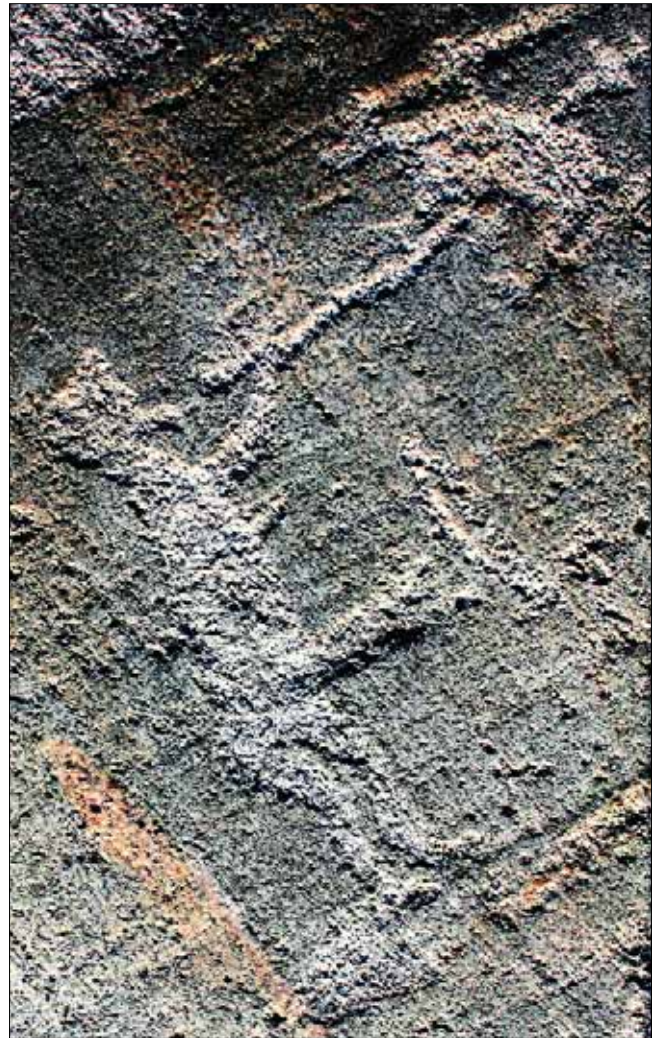
зющие и снегоступы) с палками, а также разнообразные орудия охоты: луки, стрелы и колчаны, металлические дощечки (типа бумеранга), копья и палицы, гарпуны и линии.

Доминирующий мотив композиций – охота на белуху – выражен двумя способами. Первый – с участием одной лодки. И здесь особо выразительна композиция на Новой Залавруге с 12 охотниками: стоящий на носу судна человек держит в руках конец линии, не успевшего натянуться, хотя гарпун уже поразил зверя. У остальных весла опущены вниз. Во втором варианте изображено несколько лодок с многочисленным экипажем, от которых отходят линии в сторону белухи. Охота на иных морских животных (нерпа, тюлень), в древности широко представленных в фауне Белого моря, здесь встречается редко.

Столь же немногочисленны сцены поражения лося, однако они есть во всех крупных группах наскальных изображений. Обычно человек пешком или на лыжах преследует одно или стадо животных. В числе колоритных – сцена коллективной охоты на Новой Залавруге. Композицию открывает цепочка следов лося и лыжни, отходящих от скального уступа. Количество охотников подчеркнуто «отпечатками» палок, сгруппированных по три по обе стороны пути. Судя по загнутым концам лыж и прерывистости следов, ловцы преследуют животное на снегоступах. Лоси идут друг за другом. Лыжня постепенно приближается к ним, какое-то время идет почти параллельно, а затем следы людей и зверей расходятся. Охотник, преследующий одного из лосей, уходит вправо. Два других сначала движутся вместе, потом след одного уходит влево, образуя дугу. Первый поражает парнокопытное двумя стрелами, второй убивает ударом копья или дротика. Изображения людей особо детализированы: можно распознать бороду, загнутый назад остроконечный головной убор. Вообще же, по



**Водоплавающая птица,
пораженная пятью (!) стрелами.**



Сцена охоты на медведя.

развернутости описания и информативности данная композиция уникальна. Сопоставляя эти и другие сцены с этнографическими источниками, приходишь к выводу: в наскальном творчестве нашел отражение только один из возможных способов добычи лося (олени) — преследование животных зимой.

И еще одна особенность. Реальная охота на бурого медведя, по этнографическим данным, обычно была коллективной, но на петроглифах Белого моря, где запечатлено пять сцен этого вида промысла, изображена преимущественно индивидуальная схватка: пеший ловец, иногда отбросив лук, убивает животное ударом копыта в сердце.

Следует также отметить охоту на водоплавающих птиц (в богатейшем собрании Новой Залавруги не менее 10 таких композиций, в то время как в наскальном творчестве Фенноскандии их нет), боровую дичь, скорее всего тетерева, добываемых с помощью лука, стрел, орудий изогнутой формы, напоминающих бумеранги.

В целом же сцены промысла представлены весьма избирательно. Древние люди не запечатлели ловлю

рыбы — основной источник питания для первобытных людей Прибеломорья в эпоху неолита, охоту на бобра, являющегося, судя по костным остаткам, важным объектом, начиная с эпохи мезолита. Не получили здесь отражения и известные с глубокой древности способы добычи животных с помощью капкана, сетки, силков, охотничьих ям или иного типа весьма эффективных ловушек. На мой взгляд, это объясняется тем, что при использовании таких приспособлений зверь или птица сами попадают в них, тогда как создателям петроглифов, видимо, было важно подчеркнуть меткость и удачливость охотника. Однако успех промысла, согласно архаичным представлениям, зависел не только от данных качеств. Личная удача, по древним верованиям, была напрямую связана с соблюдением обычаев и ритуалов. Важнейшие из них — выполнение над дичью или ее изображением магических действий, обеспечивающих ее воспроизводство, демонстрация власти человека над зверем. И в этом смысле беломорское святилище манифестирует основные ценности традиционного мировоззрения общества охотников и рыболовов.



*Сцена морского промысла
на белуху.*

*Композиция из фигур
«разбегающихся лосей».*

«ВРЕМЕН РАЗДОРОВ ВЕСТИ»

К оригинальным, довольно редким для первобытного искусства изображениям можно отнести часто встречающиеся здесь батальные сцены, хотя мотив войны не характерен для наскальной живописи древних охотников и рыболовов Фенноскандии. На островах низовьев реки Выг выбиты антропоморфные персонажи, пораженные стрелами, — они показаны, как и в сценах охоты, прямыми линиями с перекрестием на конце, обозначающем оперение. Большинство воинов — с луками в руках. Пять лишены жизни стрелами в грудь, остальные — в спину. Как правило, в теле показано одно древко, но есть фигуры, «убитые» двумя, тремя и даже восемью. В одной из композиций Старой Залавруги представлено 6 лыжников, «идущих» друг за другом. В их руках палки, а в спинах — 1–2 стрелы. На северном склоне сохранилось уникальное полотно: цепочка лыжников, несколько убитых пешеходов, около десятка отдельно изображенных, видимо, летящих стрел. Некоторые персонажи трехпалые.

Можно предположить, что ряд деталей в таких батальных сценах носит знаковый характер. Скажем, множество вонзившихся в воина стрел обозначает число убитых, подобно тому, как явно неправдоподобное их количество в теле водоплавающей птицы отражает «множество дичи».

Тема вооруженных столкновений в наскальных изображениях, без сомнения, объясняется реальными конфликтами между этносами, порожденными пограничным положением и важным промысловым значением территории Юго-Западного Прибеломорья, что установлено автором статьи в ходе многолетних археологических работ на севере Карелии. Но интерес представляет, скорее, трактовка, не характерная для архаичного искусства, обычно воспевающего момент битвы, отвагу и доблесть воина. На каменных полотнах Залавруги мы видим не сам конфликт, а его результат — погибших воинов, причем только поверженную сторону. При этом, вероятно, происходит трансформация образа «врага», наделение его функциями «духа-союзника». Этот факт от-



Сцена одиночной охоты на лося.



**Сцена охоты на гусей
с участием охотника
с бумерангом (?)
и лучника на лодке.**

теняет особую ментальность местных жителей. Возможно, так проявилась тенденция к сглаживанию ситуации противостояния.

Опираясь на этнографические материалы, некоторые исследователи (например, доктор исторических наук Маргарита Гришкина) отмечают отсутствие в

финно-угорской группе народов культа вождя, войны, стремления властвовать и подавлять, наличие некоего табу на насилие. Возможно, поэтому в беломорских батальных сценах нет упоения схваткой, воспевания борьбы — черт, присущих, в частности, культуре степных кочевников), для которых



**Фигура воина,
пораженного
шестью стрелами.**

свойственна более агрессивная модель поведения. В таком переосмыслении феномена войны, несомненно, отразились особенности мировоззрения представителей таежных поселений, характерная для них система взглядов: жить, не нарушая сложившегося в природе экологического и социального равновесия.

ПОСЛАНИЕ В БУДУЩЕЕ

Создается впечатление, что повествовательные сцены беломорских петроглифов – это своего рода героический эпос, персонажами которого, вероятно, были не первопредки, а легендарные сородичи, значимые для конкретного первобытного коллектива. Их военные победы и охотничьи подвиги, может быть, и стали ядром архаического описания. Наскальные изображения, выполняя информационную и коммуникативную функцию, служили напоминанием о событиях прошлого. Но в местах их скопления могли совершаться и различные ритуалы, в том числе связанные с инициацией – переходом от детства или юношества к взрослому возрасту, календарные обряды начала сезонной охоты. Возможно, в определенные моменты проходили и военные церемонии. Надо полагать, подлинная и священная история (мифология) в данном памятнике неразделимы, а сам он в какой-то мере служит образцом примитивной историографии.

До сих пор археологи продолжают открывать здесь созданные в эпоху зарождения первых цивилизаций наскальные полотна. В 2006 г. экспедиция Петрозаводского государственного университета под руководством автора статьи обнаружила ранее неизвестную группу петроглифов (свыше 50 фигур), названную по близлежащему порогу реки Выг «Золотец I».

В этом, довольно позднем скоплении, датируемом первой половиной III тыс. до н.э., мы нашли необычное для Белого моря изображение водоплавающей птицы, голова которой помещена в овал, напоминающий яйцо. Миф о происхождении мира из осколков яйца популярен у народов Севера (он описан, в частности, в карело-финском эпосе «Калевала», 1835–1836 гг.)*. Возможно, древний художник его знал. На Беломорских петроглифах подобную композицию мы обнаружили впервые.

Отметим, находка была сделана в год 80-летия со дня открытия петроглифов в низовье реки Выг Александром Линевским. За это время в окрестностях Белого моря археологи нашли свыше 2 тыс. изображений – «писем из прошлого», где сосредоточены мысли и чаяния наших далеких предков. Но, сохранившие до настоящего момента свой первоначальный облик, переживут ли Беломорские петроглифы нас, современников? Сможем ли мы сберечь наскальные изображения и живописные ландшафты для потомков, как сделали предыдущие поколения? К сожалению, сегодня однозначного ответа на эти вопросы нет: первобытные гравировки не охраняются и в должной мере не музеефицированы, потому больно видеть, как на скальных полотнах периодически появляются новые выбивки, а некоторые туристы разжигают костры, что приводит к эрозии поверхности и исчезновению уникальных фигур.

*См.: А. Мишин. «Калевала»: фольклор или литература?; Т. Старшова. «Калевала» в литературном контексте. — Наука в России, 2009, № 2 (прим. ред.).