



59

В Санкт-Петербурге на Балтийском заводе в начале 2013 г. завершен очередной этап строительства первой в мире плавучей атомной теплоэлектростанции «Академик Ломоносов».

66

В ходе II Камчатской экспедиции естествоиспытатель академик Петербургской АН Иоганн Георг Гмелин собрал уникальные сведения, касающиеся землетрясений в Сибири в конце XVII — начале XVIII в. Эти данные актуальны и сегодня для уточнения долговременной сейсмической опасности региона.

87

Первозданная природа, удивительная своей красотой и многообразием; уникальные археологические комплексы; прекрасные произведения мастеров декоративно-прикладного искусства — всем этим щедро наделена Тыва, древний регион в самом сердце Азии.





Практически все живые организмы сосуществуют с патогенами (паразитами). Количество их видов в природе огромно. Так, гусеницы непарного шелкопряда — массового вредителя лесных насаждений в Евразии и Северной Америке — являются «хозяевами» для таких паразитов, как бакуловирус или паразитический энтомофаг. Исследования показывают, что нередко патогены могут изменяться и переходить от паразитического образа жизни к мутуалистическому, т.е. формировать систему на взаимовыгодных отношениях. При обнаружении факторов, определяющих течение патогенезов, можно разрабатывать биологически интегрированные методы контроля численности «хозяев», значимых для человека: переносчиков заболеваний, вредителей лесного и сельского хозяйства.

Редакция осуществляет продажу отдельных номеров журнала и подписку на него

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

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

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

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

Свидетельство о регистрации
№ 014399 от 26.01.1996 г.

Подписано в печать 04.07.2013.
Заказ № 1484 Выход в свет 01.08.2013
Тираж 382 экз. Цена свободная

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



СОДЕРЖАНИЕ

ПРОБЛЕМЫ. ПОИСК. РЕШЕНИЯ

Пахомова В. Геммология и ее развитие в Сибири и на Дальнем Востоке.....	4
Глулов В., Крюков В., Мартемьянов В., Юрлова Н. Многоликий мир паразитов	12
Галимов Э. Челябинский метеорит.....	21

НАУКА И ОБЩЕСТВО

Зеленый Л., Есин В., Кокошин А. Астероидно-кометная опасность.....	31
---	----

С МЕСТА СОБЫТИЙ

Малыгина М. Эффективная инвестиция в науку	42
---	----

ТЕХНИКА XXI ВЕКА

Чернышев С. Самолеты будущего.....	52
Хализева М. Электричество и тепло с доставкой потребителю.....	59

ИСТОРИЯ НАУКИ

Никонов А., Флейфель Л. О землетрясениях в Сибири в конце XVII – начале XVIII вв.	66
---	----

ВРЕМЕНА И ЛЮДИ

Борисова О. «На семи холмах.., на семи ключах...»	72
--	----

ИЗ ПРОШЛОГО

Жилина Н. Древнерусское прикладное искусство в эпоху становления государственности.....	78
--	----

ПУТЕШЕСТВИЯ ПО МУЗЕЯМ

Базанова О. Страна голубых рек	87
---	----

НАШ ДОМ – ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

Гудым А., Антипин В. Заповедное Водлозерье.....	93
Бакиев А., Маленёв А. Черная водяная змея в Европейской России	101
Латыпов Ю. Заповедная акватория в заливе Петра Великого	105

ПАНОРАМА ПЕЧАТИ

Степень риска	27
В поисках жизни на Марсе.....	37
Новый препарат регенеративной медицины.....	49



В 1613 г. Земский собор избрал главой государства потомка старинной и знатной боярской семьи Михаила Романова. С тех пор до 1917 г. монархи из этого рода правили нашей страной, превратив ее в интенсивно развивающуюся великую державу от Балтийского моря до Тихого океана. Все представители династии служили России, с детства осознавая свою миссию и привыкнув интересы Отечества ставить выше собственных. Наш журнал познакомит читателей с двумя из них — императором Александром I и великим князем Николаем Николаевичем, а также расскажет об организованных в московских музеях выставках, посвященных 400-летию Дома Романовых.

ГЕММОЛОГИЯ И ЕЕ РАЗВИТИЕ В СИБИРИ И НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

Кандидат геолого-минералогических наук Вера ПАХОМОВА,
ведущий научный сотрудник лаборатории минерагении
Дальневосточного геологического института ДВО РАН,
государственный эксперт в области минералогии
Приморского управления Министерства культуры РФ
(г. Владивосток)

Самоцветы — прекрасное творение природы, которая не поскупилась на краски при их создании. Вспомним слова известного ученого и пропагандиста эстетики минерального мира академика Александра Ферсмана:

«Будущее камней не в их ценности, не во вложенном в них богатстве, а в их красоте, в гармонии красок, цветов и форм, в их вечности».

Геммология (от лат. gemma — драгоценный камень и греч. logos — учение) помогает глубже ощутить эту гармонию и красоту. Как раздел науки о полезных ископаемых, она изучает минералы и их агрегаты, используемые в различных отраслях техники и технологий, ювелирной, строительной промышленности и в повседневной жизни человека.

Экономические реформы 1990-х годов привели к бурному росту отечественной геммологической индустрии и созданию в нашей стране специализированных научных, образовательных и экспертных центров. Значительная их часть находится в Сибири и на Дальнем Востоке, где сосредоточен высокий потенциал месторождений твердых полезных ископаемых с объектами камнесамоцветной минерализации.



Оптический поляризационный микроскоп
NIKON E600 POL (Япония).

СТАНОВЛЕНИЕ НАУЧНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Археологи установили: культурное развитие человека (его отсчет они ведут с I в. н.э.), как ни удивительно, началось с изготовления бус. На раскопках древних стоянок их находили вместе с каменным орудием, с помощью которого представители племен не только добывали пищу — они использовали его для обработки украшений. Эти небольшие артефакты с отверстиями по праву считают элементами первых ювелирных изделий, созданных человеком, а сведения, полученные при их изготовлении, — первыми кирпичиками, заложенными в фундамент будущей науки.

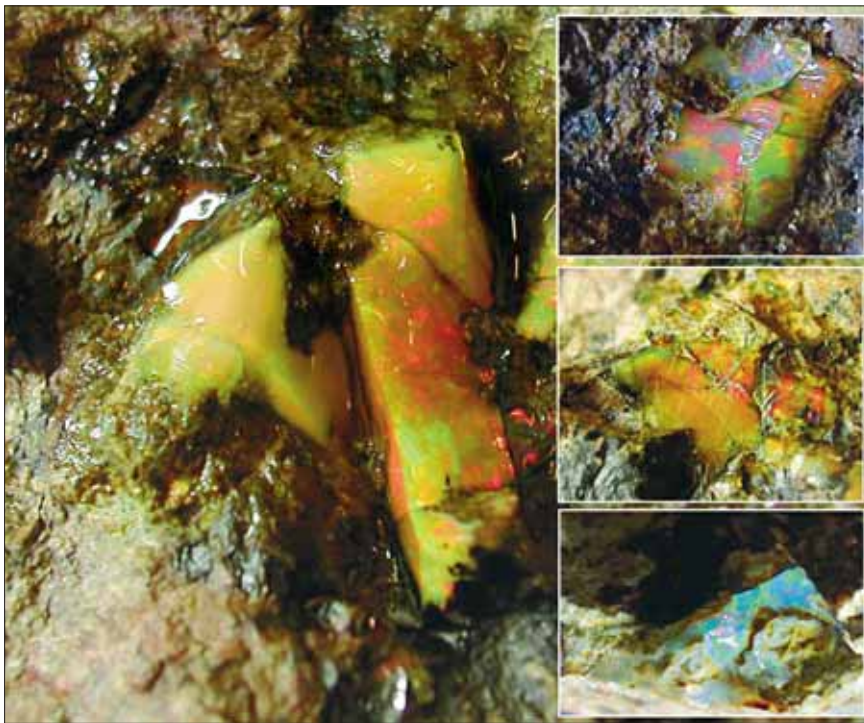
Начало геммологии (первый этап ее развития) принято связывать с эмпирическим накоплением знаний в процессе потребления камня в разных областях человеческой деятельности: горно-рудном деле, строительстве, разного рода ремеслах и технологиях, в духовной культуре, религии, науке и искусстве. В XVIII в., когда диагностика ювелирного камня приобрела значение точного знания, начался второй этап, завершившийся на рубеже XIX–XX вв., — именно тогда произошло окончательное вычленение геммологии из другой геологической науки — минералогии.

Обзор научных достижений в этой сфере следует начать с попыток синтеза драгоценных камней: в 1837 г. французскому химику Марку Годэну удалось вырастить несколько небольших кристаллов рубина путем совместного плавления алюмокалиевых квасцов и хромата калия. В 1851 г. Фернанд Циркель (Германия) изобрел поляризационный микроскоп, что произвело революцию во многих областях естественно-научных

знаний: самоцветы стали предметом изучения специальных отраслей геологии — петрографии, кристаллографии, минералогии. В 1866 г. появилась первая научная публикация по камнесамоцветной теме: известный английский геммолог сэр Артур Черч сделал в британском журнале «Интеллектуальный обзор» сообщение об открытии им линий поглощения в спектрах цейлонских сапфиров и альмандинов. А начало разработке специальных приборов положил его соотечественник Герберт Смит, создавший в 1906 г. рефрактометр для измерения показателей преломления драгоценных камней.

Тем не менее, сам термин «геммология» появился в печати лишь в 1892 г. И только спустя 16 лет, в 1908 г., в Великобритании была создана первая геммологическая ассоциация. С 1910 г. в этой стране начали действовать курсы по подготовке соответствующих специалистов.

Незаменимый вклад в становление науки внесли также Геммологический институт Америки, основанный в 1931 г. Робертом Шипли (Лос-Анджелес, США), Механическая лаборатория в Лондоне (Великобритания), Институт исследований драгоценных камней в Майнце (Германия), Лаборатория исследования алмазов в Иоханнесбурге (ЮАР). Впоследствии крупные профильные центры появились в Италии, Японии, Таиланде и в ряде других государств. Научно-исследовательские работы, а также подготовка геммологов в большинстве стран проходят в рамках национальных ассоциаций и обществ. Современная Европейская федерация геммологического



**Благородный опал в андезитах.
Месторождение Радужное.**

образования действует на базе двенадцати ведущих институтов из Австрии, Англии, Германии, Бельгии, Франции, Италии, Голландии, Испании.

На протяжении 30 с лишним лет, раз в два года, проходят Международные геммологические конференции. Распространению достижений ученых в этой области способствуют периодические издания.

ПЕРВОПРОХОДЦЫ

Научные основы отечественной геммологии были заложены еще до Октябрьской революции известным минералогом академиком Александром Ферсманом (1883–1945). Его перу принадлежит фундаментальный труд «Очерки по истории камня» (изданы посмертно, в 1953 г.), а также ряд популярных книг: «Драгоценные и цветные камни России» (1920 г.), «Самоцветы России» (1921 г.), «Занимательная минералогия» (1928 г.), «Воспоминание о камне» (1940 г.). Александр Евгеньевич, по признанию учеников, хотел проникнуть в «душу самоцветов». Совершенные кристаллы или хорошо ограненные драгоценные камни будили в нем сложную ассоциацию мыслей и эмоций. В них романтика восточных легенд о магических свойствах минерала переплеталась с геохимическими представлениями об их образовании и мыслями о возможности использования в технике. Он был энтузиастом создания в стране производства камнесамоцветного и ювелирного сырья, одним из организаторов Государственного треста «Русские самоцветы» (1922 г.). В 1925 г. на основе классификации немецкого минералога Макса Бауэра он разработал первую в нашей стране систематизацию драгоценных и цветных камней.

Ферсман воспитал плеяду талантливых учеников, среди них — профессор Владимир Крыжановский (1881–1947), доктора геолого-минералогических наук Георгий Леммлейн (1901–1962) и Георгий Барсанов (1907–1991). Современная геммология базируется на плечах этих гигантов, а также на опыте, накопленном их последователями — академиками Евгением Киевленко и Дмитрием Рундквистом, кандидатом геолого-минералогических наук Владимиром Букановым и другими выдающимися специалистами.

В последние годы наука о самоцветах развивалась особенно интенсивно, поскольку на помощь профессионалам пришли новые современные методы изучения: рентгенография, адсорбционная оптическая спектроскопия, рамановское рассеяние света, электронная микроскопия. Несмотря на молодость, она успела завоевать в стране сильные позиции благодаря созданию основ поиска месторождений цветных камней, разработке теоретических принципов прогнозно-минерогенических исследований, обоснованию нового направления — минерогении (от лат. *minera* — руда и греч. *geneia* — происхождение, создание), изучающей региональные геологические закономерности формирования и размещения месторождений всех разновидностей полезных ископаемых.

Однако основные положения геммологического направления в классической геологии еще только разрабатывают. Как и при выделении рудных формаций, существуют сложности и противоречия в подходах к классификационным признакам при обозначении и выделении камнесамоцветных формаций. Диффе-

**Корунды месторождения
Незаметнинское.**



**Кристаллы сапфира.
Месторождение Незаметнинское.**

ренциация и пространственно-временная специфика минерагении самоцветов отдельных регионов мира и особенности структурно-вещественных комплексов определяются разнообразием геодинамических обстановок на протяжении геологической истории Земли. Важнейшая задача геммологии — выявить провинции самоцветов определенного парагенезиса* в качестве самостоятельных минерагенических и тек-

тонических структур во взаимосвязи с составом породы, особенностями петрологии и геохимии.

ПОДГОТОВКА КАДРОВ

Начиная со второй половины XX в., после открытия Якутской алмазоносной провинции в бассейне верхнего течения реки Вилюй (Западная Якутия, 1954 г.), наша страна стала крупнейшим производителем и экспортером драгоценных камней. Это потребовало пересмотра отношения государства к отрасли и организации у нас огранки алмазов в бриллианты. В 1960–1970-х годах по единому плану были построены ювелирные заводы в Смоленске (крупнейший в Европе), Москве, Барнауле, Гомеле, Киеве, Виннице и Норачене под Ереваном.

В 1966 г. начался новый этап в изучении, поиске и использовании самоцветов. Усилиями больших кол-

*Термин «парагенезис минералов» предложил в 1849 г. немецкий химик Иоанн Брейтгаупт, хотя еще в 1798 г. это понятие под названием «смежности минералов» ввел академик Василий Севергин. Наиболее полное развитие термин получил в 1920-х годах в работах академика Владимира Вернадского. Минералы, формирующие парагенетические ассоциации, возникают в результате развития какого-либо природного процесса, происходящего в разные по длительности отрезки времени и в различных физико-химических и термодинамических условиях (прим. ред.).



Ограненные дымчатые кварцы.
Месторождение Верхне-Шибановское.

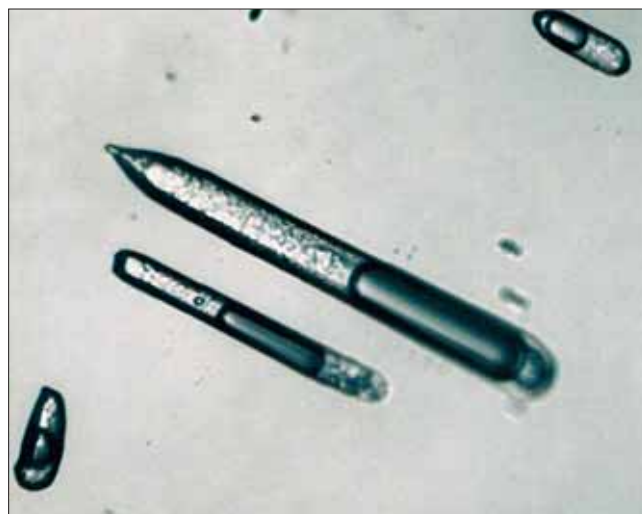
Включения в топазе.
Месторождение Забытое.

лективов геологов территориально-производственных объединений и специализированных экспедиций Всесоюзного промышленного объединения «Союз-кварц-самоцветы» были открыты свыше 100 месторождений янтаря, изумруда, александрита, шпинели, клиногумита, скаполита, бирюзы, демантоида, хризолита, хромдиопсида, аметиста, лазурита, нефрита, чароита и жадеита. Однако несмотря на бурный промышленный рост геммологической индустрии, Комиссия по камнесамоцветному сырью при Всесоюзном минералогическом обществе АН СССР появилась лишь в 1978 г.

Экономические реформы, начавшиеся в конце 1980-х годов, способствовали интеграции страны в мировой рынок, росту частного предпринимательства, в том числе в ювелирной сфере. В связи с этим резко возрос спрос на геммологов, оказавшихся востребованными во многих сферах частного и государственного бизнеса.

Первым в стране профильную подготовку специалистов начал Московский государственный геолого-разведочный институт им. С. Орджоникидзе, где на факультете минералогии студентов обучали сортировке алмазного сырья. Там же в 1995 г. «прописалось» некоммерческое образовательное учреждение «Геммологический институт» (руководитель — профессор Юлия Солодова), где готовили экспертов в ювелирной сфере. В 1996 г. на его базе открыли российский филиал Геммологического института Америки. В те же годы МГУ им. М.В. Ломоносова ввел специальные дисциплины.

Кроме того, профильные научные, образовательные и экспертные центры помимо столицы были созданы в Санкт-Петербурге, Екатеринбурге, Новосибирске, Томске, Красноярске и Иркутске. В настоящее время в вузах естественно-научного направления этих городов действуют специальные кафедры, где можно получить полноценное геммологическое образование. В Новосибирском государственном университете открыта магистратура по геммологии, в Томске с 1994 г. редкой профессии обучают в рамках специальности «Минералогия, геохимия, петрология». Здесь в 1995 г.



была организована и зарегистрирована независимая геммологическая экспертиза. Несомненным достижением томской школы стали научные конференции, проходящие с 2003 г. Очередная, шестая, состоится в ноябре нынешнего года в Томском государственном университете на базе кафедры минералогии, геохимии и Минералогического музея. Отрадно, что основное внимание на ней будет уделено не только общей и прикладной геммологии, но также минералогии и геологии месторождений камнесамоцветного и коллекционного сырья, проблемам синтеза и облагораживания драгоценных камней, подготовки специалистов и просветительской работе.

В крупнейшем научном центре Центральной и Восточной Сибири — Красноярске — с 1992 г. работает фирма «Гемма» — одно из первых негосударственных учреждений в крае, получивших лицензию на экспертную, оценочную и образовательную деятельность. Не отстает от соседей и пятый по величине город Сибири Иркутск, с которым связаны успехи известных в стране и за рубежом геммологов докторов геолого-минерало-

Благородные опалы.
Месторождение Радужное.



Кристаллофлюидное включение
в кварце пегматитов
Верхне-Шибановского месторождения.



гических наук Бориса Шмакина, Виктора Загорского (Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН) и Раисы Лобацкой, под руководством которой в 1995 г. в Национальном исследовательском иркутском государственном техническом университете была создана кафедра для обучения студентов геммологической диагностики, позже получившая лицензию на подготовку инженеров-художников по специальности «Технология художественной обработки материалов».

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СИБИРЯКОВ

Сегодня в мире значительно увеличился спрос на высококачественные синтетические ювелирные камни — аналоги природных самоцветов. Причем кар-

динальным образом поменялась его структура: если несколько лет назад около 70% «синтетики» использовалось для технических нужд, а 30% — в ювелирном секторе, то сегодня соотношение прямо противоположное — последний забирает едва ли не все 70%. Это объясняется выравниванием цен и себестоимости на синтетические камни и природное техническое сырье, решением ведущих лабораторий, например Геммологического института Америки, принимать синтезированные бриллианты на сертификацию и, наконец, развитием технологий, способствующих повышению качества облагороженных кристаллов и оптимизации цветовых решений.

В нашей стране одним из признанных центров синтеза высококачественных ювелирных камней стал Новосибирск. В одном из его научных учреждений — Институте геологии и геофизики СО РАН (ныне Институт минералогии и петрографии) — разработаны технологии и освоено промышленное производство синтетических алмазов ювелирного качества, изумрудов, вырабатываемых гидротермальным и флюсовым методами, красной магнезиальной шпинели, высококачественных сибирских александритов, благородных опалов и др. Отдельные виды синтетических ювелирных камней этого производителя признаны лучшими в мире.

Результаты мирового уровня демонстрирует и Научно-производственная компания «Новые бриллианты Сибири», исследовательская деятельность которой сосредоточена в новосибирском Академгородке, а ювелирное производство — в Красноярске. Ее специалисты разработали и запатентовали в 2003 г. технологию облагораживания природных алмазов начального коричневого цвета до конечного розово-красного с оттенками. Коммерческое производство



**Ограненные топазы.
Месторождение Забытое.**

таких минералов, поступающих на мировой рынок под торговой маркой «Imperial Red», здесь начали в 2004 г. Помимо алмазов красного цвета, компания производит методом «классического» HPHT-отжига (отжиг при высоком давлении) облагороженные бриллианты желто-зеленых фантазийных цветов, а также бесцветные и светло-розовые камни.

Сейчас сибиряки готовят производство монокристаллов синтетического алмаза на аппаратах высокого давления «БАРС». Эта технология выращивания позволит получать совершенные монокристаллы высочайшего по твердости минерала размерностью более 10 карат с заданным набором примесных и собственных дефектов для применения в современной микроэлектронике, научном приборостроении, однокристалльном алмазном инструменте.

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЕ САМОЦВЕТЫ И ИХ ИЗУЧЕНИЕ

Приморский край относится к активно развивающейся ювелирной отрасли. В этом смысле он может поспорить даже с Якутией — монополистом алмазно-бриллиантового комплекса России. Не случайно именно здесь, в структуре Дальневосточного геологического института ДВО РАН, появилась уникальная и единственная в регионе геммологическая лаборатория. Идея ее создания возникла в середине 1990-х годов, когда группа ученых под руководством кандидата геолого-минералогических наук Бориса Залищака разработала методику диагностики самоцветов, а ее сотрудники получили дипломы экспертов-геммологов. Это и позволило сформировать лабораторию соответствующего профиля.

Ее квалифицированные специалисты, оснащенные современной приборной базой, комплексно изучают и проводят диагностику минералов, драгоценных камней и их имитаций. В качестве геологических объектов исследований выбраны месторождения и рудопоявления различных регионов Дальнего Востока. Наиболее известные среди них — корунды, цирконы, шпинели, опалы, топазы, агаты, гранаты,



**Полевые работы
на месторождении Кордонное.**

нефриты. В течение последних лет полевые работы сосредоточены в Красноармейском и Пожарском районах и других точках Приморья. В составе лаборатории четыре молодых кандидата наук, два аспиранта, юное поколение представлено студентами.

Одним из распространенных способов реконструкции условий образования минералов является метод термобарогеохимии, основоположником которого был профессор геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, доктор геолого-минералогических наук Николай Ермаков. Основанный на результатах изучения флюидных включений в минералах, он позволяет получить полную информацию о генезисе (происхождении) и геодинамической обстановке формирования магматических и метаморфических пород, а также прогнозировать минерализацию определенного вида самоцветов. Для опытов с флюидными включениями в лаборатории используют оптический поляризационный микроскоп NIKON E600 POL (Япония)

в комплекте с компьютером и программным обеспечением, оптическим стереомикроскопом для пробоподготовки, осветителями, аксессуарами для установки цифровой фотокамеры и другими комплектующими.

Применение термобарогеохимического метода для решения вопросов генезиса корунда (сапфира), входящего в четверку самых дорогих камней мира, блестяще продемонстрировала Элла Одариченко, не так давно защитившая кандидатскую диссертацию на эту тему. Объектом ее исследования стало месторождение Незаметнинское, расположенное в пределах Самаркинской аккреционной (от лат. *accretion* — приращение, увеличение) призмы горного хребта Сихотэ-Алинь (Приморский край), — одно из самых перспективных в России с точки зрения запасов сапфира. Здесь они представлены в разной степени окатанными кристаллами и их обломками размером до 20 мм.

Проблема происхождения корундов всегда вызывала у геологов большой интерес и служила предметом острых дискуссий. В доступных литературных источниках практически нет достоверного материала, характеризующего условия образования сапфира. Это связано с рядом обстоятельств. Дело в том, что корунды изучали, как правило, из россыпей, в то время как редкие сведения о коренных месторождениях не давали достаточного представления о геологии, петрографии и других важных характеристиках пород. Кроме того, данные изобиловали неопределенностями в диагностике минералов, последовательности их образования. В работе же Одариченко приведены сведения, позволяющие обоснованно судить о происхождении одного из красивейших драгоценных камней, что оказалось весьма важным для принятия решения о дальнейших поисково-разведочных и эксплуатационных работах на Незаметнинском месторождении. Полученные результаты имеют также решающее значение для выбора и достоверного прогноза месторождений сапфиров в других регионах, в частности в Таиланде и Австралии.

Несомненный интерес представляет диссертация Виталии Тишкиной, посвященная опалу — одному из популярнейших на сегодняшний день самоцвету. Наиболее ценные и дорогостоящие на мировом рынке — благородные опалы, обладающие оптическим эффектом опалесценции: камень переливается, вспыхивает при повороте, искрится чистыми радужными цветами, проявляя все богатство красок. Этот эффект ученые объясняют явлением дифракции: глобулы кремнезема, из которых сложена структура минерала, в благородном опале упорядочены и создают трехмерную дифракционную решетку. Оценочные свойства самоцвета определяются окраской, прозрачностью, наличием или отсутствием структурных дефектов, трещин, пор.

Родина опалов — Австралия, на которую приходится ~95% всего добываемого сегодня в мире сырья. Существующие представления о происхождении этого загадочного минерала основаны главным образом на исследовательском материале данных месторождений. Однако многие аспекты образования драгоценного камня до сих пор невыяснены.

В России единственной «кладовой» благородного опала является месторождение Радужное, расположенное в пределах Западно-Сихотэ-Алинской вулканической зоны. Оно и стало объектом изучения Тишкиной. Она провела комплексный анализ магматической системы и выявила геологические, петрологические особенности формирования опаловой минерализации в вулканитах северянской свиты, а также физико-химические процессы образования здесь благородного опала. Полученные ею данные могут быть использованы для разработки методик обогащения некондиционного сырья с целью увеличения запасов основного месторождения или при поисках скоплений самоцвета в других географических точках.

Предметом геологического изучения нашей лаборатории давно стало расположенное на склонах хребта Синего — самого западного в Сихотэ-Алинской горной области — Верхне-Шибановское месторождение. Кроме рудных полезных ископаемых, в том числе открытых кандидатом геолого-минералогических наук Юлией Степновой щелочных сиенитов, содержащих редкоземельные минералы, тут обнаружен уникальный ограночный и коллекционный материал: кристаллы и друзы мориона, дымчатого кварца, аметиста, горного хрусталя, касситерита и берилла. Сотрудники нашей лаборатории определили геммологические характеристики этих самоцветов.

К довольно распространенным минералам на Дальнем Востоке относится топаз. Его характерные призматические прозрачные кристаллы имеют разнообразную окраску в желтых, голубоватых, розовых, зеленоватых и других тонах, способную изменяться под действием солнечных и рентгеновских лучей, а также при нагревании. Размеры кристаллов достигают нескольких килограммов, отдельные экземпляры обладают удивительной красотой. Области ювелирного назначения в них могут достигать нескольких сантиметров.

Топазы такого качества сосредоточены на месторождении Забытое в восточной части Приморья. В процессе геологических и петрологических исследований его ресурсов сотрудники нашей лаборатории установили: этот драгоценный камень здесь тесно связан с рудной минерализацией. Преобладающее его количество находится в составе грейзенов (горная порода, состоящая в основном из кварца и светлых слюд). Проведенные нами геммологические исследования образцов топаза позволяют отнести их к ограночному сырью высокого качества, которое можно использовать в ювелирном деле без облагораживания.

Следует отметить, к настоящему времени изучены только наиболее известные месторождения самоцветов Дальнего Востока. За пределами рассмотрения остались проявления хризолита, берилла, граната, турмалина, малахита, агата, халцедона, сердолика, аметиста, мраморного оникса и другого камнесамоцветного сырья.

Иллюстрации предоставлены автором

МНОГОЛИКИЙ МИР ПАРАЗИТОВ

Доктор биологических наук Виктор ГЛУПОВ,
директор Института систематики и экологии животных СО РАН,
заведующий лабораторией патологии насекомых,
кандидаты биологических наук Вадим КРЮКОВ,
Вячеслав МАРТЕМЬЯНОВ, Наталья ЮРЛОВА,
научные сотрудники той же лаборатории

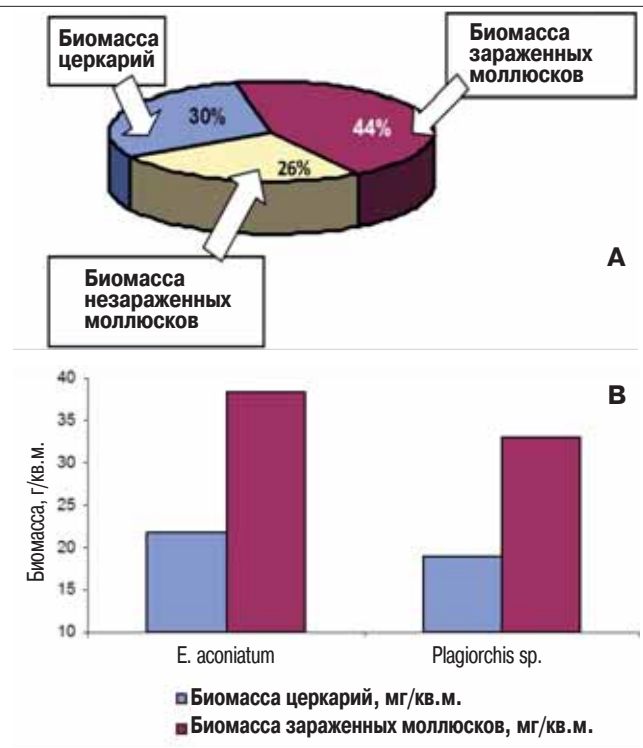
Паразиты — неотъемлемые компоненты естественных экосистем, оказывающие большое влияние на их функционирование. Они играют решающую роль не только в динамике популяций и сообществ хозяев, но и в структуре пищевых цепей, вносят значимый вклад в биомассу и энергетический поток. Их присутствие выявлено на различных уровнях организации жизни: от простейших, вирусов, бактерий, грибов до многоклеточных растений и животных. Понять, как функционирует этот сложнейший мир, чтобы влиять на него, — важная научная задача.

КТО ОНИ ТАКИЕ?

Нас окружает множество живых организмов и далеко не все они доступны зрению. Даже человеческое тело служит уютным «домом» для видимых лишь под микроскопом «постояльцев». Такое сосуществование определяется понятием симбиоз (буквально — живущие вместе). Чаще всего он ассоциируется с взаи-

моотношениями, предполагающими взаимную выгоду (заметим, что в биологической литературе она обозначается термином мутуализм, от англ. mutual — взаимный). Хотя в действительности бывает и иначе, поскольку векторы выгоды сосуществования могут иметь разные направления. В одних случаях — в сторону «согласия», иногда чрезвычайно тесно-

Трематоды вносят существенный вклад в биомассу водных экосистем. Биомасса церкарий сопоставима с биомассой моллюска-хозяина *Lymnaea stagnalis* (A). Годовая биомасса церкарий двух массовых видов трематод (*Echinoparyphium aconiatum* и *Plagiorchis elegans*) составила 50,8% и 58,3% соответственно от биомассы моллюска-хозяина (B).

Церкария *E. aconiatum*Церкария *Plagiorchis* sp.

го. Например, функционирование пищеварительной системы человека просто невозможно без микроорганизмов кишечной флоры. И, наоборот, в нашем теле (как, впрочем, и в любом другом объекте живой природы вне зависимости от таксономического положения и количества клеток) могут поселиться «гости», способные не просто использовать его как местообитание, но и оказывать на него существенное негативное воздействие. Такие организмы называются паразитами. И хотя изначально определение это имело лишь один оттенок — небрежения (от греч. parasites — нахлебник), к настоящему времени его трактовка не столь однозначна: мы все в большей мере осознаем многообразную роль этих удивительных существ в биосфере Земли.

Очень точное определение рассматриваемого явления предложено замечательным русским зоологом, основателем экологической паразитологии Валентином Догелем (член-корреспондент АН СССР с 1939 г.). Согласно его формулировке, «паразиты — это организмы, которые используют другие живые организмы в качестве среды обитания и источника пищи, возлагая при этом (частично или полностью) на своих хозяев задачу регуляции своих взаимоотношений с окружающей внешней средой». Однако, заметим, для паразита существует две среды обитания: первого порядка — организм хозяина и второго — внешняя среда, с которой он «общается» через хозяина, или третьего — если речь идет о сверхпаразите.

Паразиты необычайно разнообразны, они присутствуют, как упоминалось, практически во всех таксономических группах живых существ нашей планеты.

Одни из них — облигатные — в течение всей своей жизни не могут обойтись без своего хозяина, другие — факультативные — способны прожить какое-то время (на отдельных стадиях развития) и вне его тела. Отношения сторон поражают многообразием. Но в данной статье мы остановимся лишь на некоторых ключевых аспектах явления и ограничим круг хозяев, во-первых, беспозвоночными, в частности, моллюсками, с которыми связано развитие макропаразитов — плоских червей-сосальщиков (трематод), и, во-вторых, насекомыми и поселяющимися в них бактериями, грибами, вирусами, паразитоидами (промежуточная стадия между паразитом и хищником).

ЖИВУЩИЕ В МОЛЛЮСКАХ

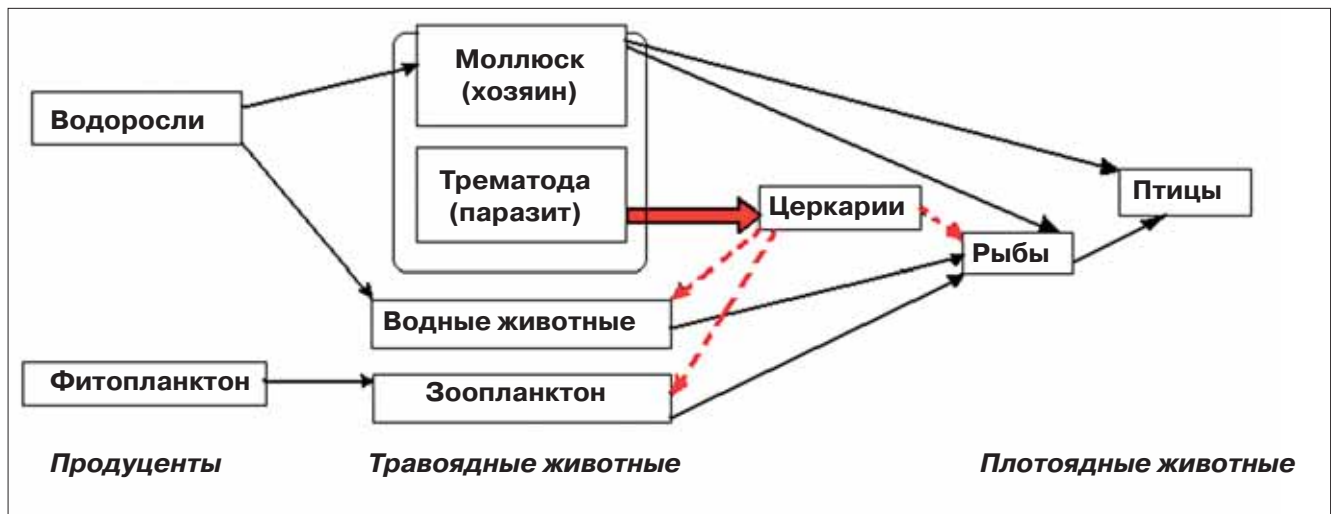
Большинство известных трематод имеют триксенный (в нем присутствуют три категории хозяев) жизненный цикл и развиваются обязательно с участием моллюсков. Брюхоногие играют роль основных хозяев для личинок мирацидиев* — из них в печени или репродуктивных органах моллюска формируется колоссальное количество партеногенетических** поколений — спороцист*** и редий****, которые

*Мирацидий — первая личиночная стадия индивидуального развития паразитических плоских червей-сосальщиков (прим. ред.).

**Партеногенез — одна из форм полового размножения организмов, при котором женские половые клетки развиваются без оплодотворения (прим. ред.).

***Спороциста — первое паразитическое (партеногенетическое) поколение, личиночной стадией которого служит мирацидий (прим. ред.).

****Редия — следующее паразитическое (второе партеногенетическое) поколение. Развивается в полости тела спороцисты (прим. ред.).



Трематоды, являясь обычными компонентами природных экосистем, включаются в пищевые сети разного трофического уровня. Церкарии, развивающиеся в моллюсках, становятся пищевыми ресурсами для водных беспозвоночных и рыб.

производят как себе подобных, так и свободноживущих личинок — церкарий. Последние, выйдя в воду из тела первого промежуточного хозяина, должны найти подходящего второго — для многих трематод ими являются также моллюски, другие водные беспозвоночные и рыбы. Роль же окончательных хозяев играют позвоночные (часто — водно-болотные птицы), чье заражение происходит трофическим путем при поедании ими второго промежуточного хозяина вместе с поселившимися в нем личинками.

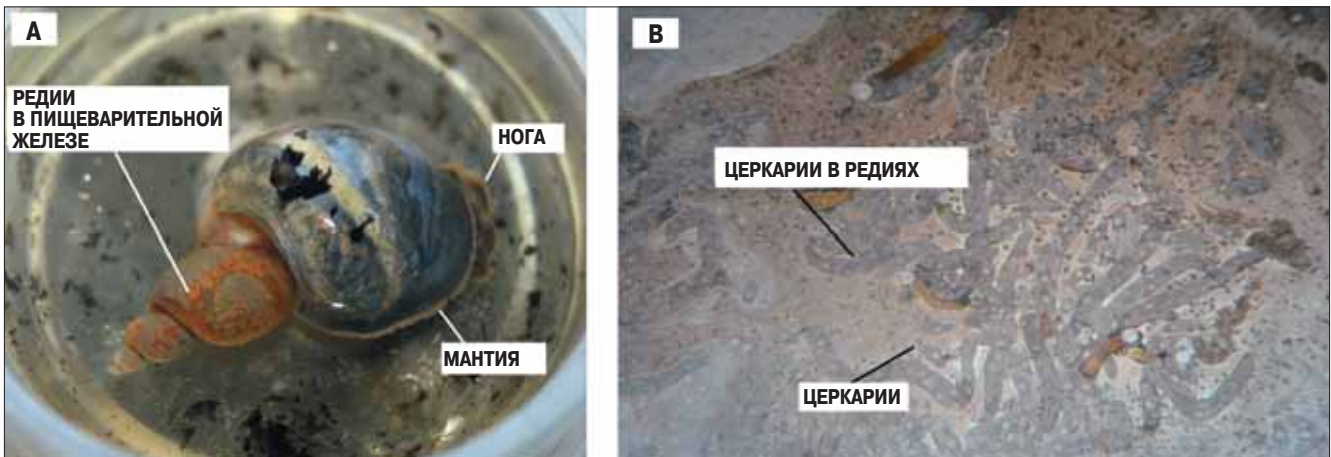
Здесь хотелось бы коснуться экологических аспектов. В последние десятилетия традиционно негативное отношение к паразитам начинает меняться благодаря разносторонним исследованиям, в частности, на основании данных об их роли в различных трофических связях в естественных экосистемах, особенно в водных. Так, в ходе многолетних исследований, проводимых в пресноводной (эстуарной) экосистеме озера Чаны Новосибирской области, мы установили: более 100 видов трематод, зарегистрированных здесь у окончательных хозяев — водных и водно-болотных птиц — развиваются с участием 23 видов моллюсков. Последние участвуют в передаче (трансмиссии) «вселенцев» ко вторым промежуточным хозяевам; их роль играют водные беспозвоночные и рыбы, с которыми, в свою очередь, по трофическим сетям (цепям) паразит передается окончательным хозяевам.

Все трематоды представляют собой группу высокоспецифичных паразитов по отношению к своим первым промежуточным хозяевам. Для того чтобы от первых попасть ко вторым, расселительные (трансмиссивные) личинки трематод выходят в открытое водное пространство, где становятся источником пищи для многих водных беспозвоночных животных и мелких рыб. Если исходить из сухой массы моллюсков, то в прибрежных участках указанного озера в

среднем в разные годы на 1 м² приходится 10–30 г (в отдельные годы 100–180 г) сухой массы широко распространенного моллюска *Lymnaea stagnalis*. При этом выходящие из них в воду личинки паразитов составляют почти половину от биомассы зараженных хозяев. Мы установили, что индивидуальная сухая масса свободноживущих расселительных личинок — церкарий чрезвычайно мала и варьирует у разных видов трематод от 0,002 до 0,0003 мг. Однако за счет колоссальной их численности суммарная биомасса достигает значений, сопоставимых с биомассой хозяев. В частности, в период трансмиссии суммарная продукция биомассы церкарий двух массовых видов трематод (*Echinoparyphium aconiatum*, *Plagiorchis* sp.) составила в отдельные годы 50–56,5% от биомассы зараженного хозяина *Lymnaea stagnalis*.

В свою очередь, церкарии, выйдя в воду, становятся кормовой базой для многих других беспозвоночных животных и рыб в последующих звеньях трофической цепи, а непопавшие в нужного хозяина или несъеденные включаются в другие трофические звенья.

Важно отметить, что для реализации своего жизненного цикла паразиты используют стратегии, позволяющие им влиять на организм хозяина, вызывая изменения в его морфологии, физиолого-биохимическом статусе, иммунной системе и даже на генетическом уровне. Так, вызывая кастрацию у моллюсков, паразитические черви-трематоды практически полностью замещают собой ткани пищеварительной железы или гонад (органы, продуцирующие половые клетки), где они развиваются. Но, подавляя репродуктивный потенциал популяции хозяина, они одновременно обеспечивают собственное развитие и размножение в организме моллюска. При этом энергетические затраты, которые пошли бы на воспроизводство моллюска-хозяина,



Трематоды вызывают кастрацию моллюска-хозяина.

А — моллюск *Lymnaea stagnalis* с удаленной раковинной и с трематодой *Echinoparyphium aconiatum* в пищеварительной железе;
В — пищеварительная железа с редиями и церкариями трематоды.



Зараженные трематодами моллюски теряют способность зарываться в ил при неблагоприятных условиях и становятся легкодоступным кормом для птиц.

расходуются на паразита. Выяснилось, что среди зараженных моллюсков лишь 2–4% участвуют в размножении, причем, как ни странно, в отдельных случаях индивидуальная их плодовитость выше, чем незараженных.

Паразит может менять поведение хозяина и, как следствие, влиять на его пищевые пристрастия, способность избегать хищников, менять отношение к свету и т.д. Так, зараженные трематодами

моллюски теряют способность зарываться в ил при неблагоприятных условиях и становятся легкодоступным кормом для птиц — окончательных хозяев. В результате у паразитов увеличивается шанс попасть в этих окончательных хозяев и завершить свой жизненный цикл.

Вместе с тем мы установили: трематоды могут вызывать морфологические изменения моллюска, проявляющиеся, в частности, в утолщении его



Гусеница (А)
и бабочка-самец (В)
непарного шелкопряда.

раковины, за счет чего усиливается защита от механических повреждений и гибели — тем самым обеспечивается сохранность паразита и увеличивается продолжительность поступления инвазионного начала во внешнюю среду. Естественно, чем более специализирован паразит, тем более тонкая синхронизация жизненных циклов его и хозяина наблюдается. То есть, меняя определенные физиолого-биохимические процессы в организме хозяина, паразит буквально заставляет его демонстрировать себя хищникам, делая легкой добычей. Все это необходимо паразиту для завершения своего жизненного цикла.

ЛИСТЬЯ И ИММУНИТЕТ

Рацион питания хозяина, в свою очередь, может влиять на паразита. Особенно это проявляется на таких специфических видах, как вирусы и насекомые фитофаги. В подобных случаях говорят о системе триатрофа: растение — хозяин — паразит. В ней все настолько жестко связано, что даже незначительное влияние на один компонент приводит к изменению функционирования триады. Например, даже незначительное повреждение насекомыми кормового растения вызывает существенные изменения химического состава его листьев. Отчасти это происходит за счет воздействия слюны на растительные ткани, как

Паразитоид *Habrobracon hebetor* поражает гусеницу большой вошиной огневки (*Galleria mellonella*). Когда его личинки закончат свое развитие на гусенице, остатки «лакомства» станут легко доступны для других патогенов, например энтомопаразитических грибов.



и непосредственная дефолиация кормового растения. Более того, компоненты, накапливающиеся в листьях, при их потреблении насекомыми приводят к повышению активности иммунного ответа фитофага. Данный феномен был продемонстрирован нами на гусеницах непарного шелкопряда — массового вредителя лесных насаждений в Евразии и Северной Америке. Следует отметить, рост иммунного статуса насекомых затрагивал только самок. Следовательно, у них повышается шанс на выживание в случае заражения паразитами, такими, например, как бакуловирус или паразитическими энтомофагами. А поскольку шанс этот возрастает именно у самок, то и у всей популяции хозяина увеличивается вероятность репродуктивного успеха.

Условия окружающей среды тоже могут воздействовать на систему триатрофа. Например, весеннее похолодание способно привести к существенной задержке выхода гусениц непарного шелкопряда из яиц. В результате насекомые, «привыкшие» начинать свое развитие на листьях только что распустившихся, вынуждены вместо них питаться более зрелыми. А для этого необходим другой состав пищеварительных ферментов. Кроме того, в зрелых листьях состав первичных и вторичных метаболитов отличается от таковых в только что распустившейся листве.

Мы зарегистрировали: питание непарного шелкопряда более старой листвой приводит к снижению у него ряда физиологических параметров, что, в конечном счете, сопровождается значительным падением активности компонентов иммунной системы насекомых. В результате возникает ситуация, схожая с проявлением вируса герпеса у человека: в здоровом организме он присутствует, но не проявляется и дает знать о себе лишь при снижении иммунитета. То же происходит и у непарного шелкопряда. При ослаблении иммунитета внешне здоровые насекомые, несущие

в себе бакуловирус*, начинают болеть. Разница с вирусом герпеса заключается только в том, что бакуловирусная инфекция для насекомых смертельно опасна. В итоге питание листьями «плохого качества» приводит к гибели более половины особей, несущих в себе вирус.

Данное явление может объяснять столь резкое снижение численности непарного шелкопряда в условиях резко континентального климата, где весенние похолодания — обычное дело. С другой стороны, наблюдаемый феномен может объяснять и резкое увеличение численности популяции шелкопряда в благоприятные жаркие годы. Тогда насекомые не только хорошо себя чувствуют, но и во всеоружии готовы сопротивляться паразитам, окружающим их повсюду. Это неизбежно отражается на коэффициенте размножения популяции. Не явилось исключением и лето 2012 г.: ранняя, достаточно теплая весна и жаркое лето в Новосибирской области привели к резкому подъему численности непарного шелкопряда. И паразиты пока бессильны сдержать этот рост.

ГОНКА ЗА ФАНТОМОМ

Иммунная система хозяина может меняться не только под действием внешних факторов — на нее способен влиять и паразит, ингибируя ее активность или, наоборот, усиливая определенные звенья, поскольку перед ним всегда стоит задача избежать воздействия этой системы. И последние используют различные стратегии, в том числе молекулярную мимикрию, когда они формируют на своей поверхности структуры, не способные быть признанными защитным механизмом хозяина. А в некоторых слу-

*Бакуловирус — семейство вирусов, являющихся возбудителями заболеваний различных видов членистоногих, преимущественно чешуекрылых; безвредны для человека и теплокровных животных (прим. ред.).



Специализированный телеоморфный гриб *Cordyceps militaris* паразитирует на гусеницах и куколках бабочек, обитая только в определенных лесных биоценозах (А). Слабоспециализированный анаморфный гриб *Beauveria bassiana* населяет самые разные ценозы, включая опустыненные степи, и поражает сотни насекомых из разных отрядов (В).

чаях создают своеобразных фантомов, за которыми «гонится» та же иммунная система и, бывает, не способна повлиять непосредственно на самого паразита. Это может происходить за счет гиперсекреции каких-либо соединений, выделяемых в организме хозяина. Часто паразит непосредственно подавляет иммунную систему или ее часть, способную нанести ему существенный ущерб. Другая же, не ингибируемая часть выполняет задачу сохранения организма хозяина от вторичного заражения уже другими паразитами. Так, паразитоид на первых этапах развития ведет себя как паразит. Его самка откладывает яйцо на поверхность гусеницы воиной огневки и инъецирует внутрь тела хозяина яд. Этот «профилактический» укол приводит к частичному подавлению его иммунной системы, но часть функций она способна выполнять, что и обеспечивает предотвращение развития различных микроорганизмов, в первую очередь бактерий.

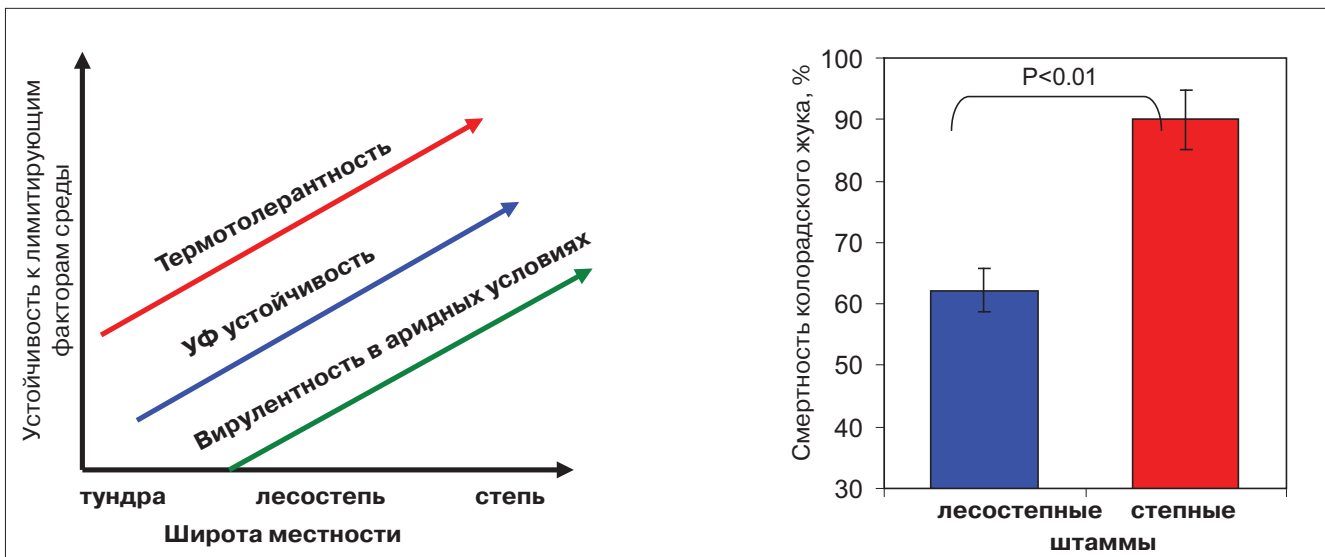
Кроме того, парализованные паразитоидом гусеницы могут стать благоприятным субстратом для развития энтомопатогенных грибов. В частности, мы показали, что у таких особей чувствительность к грибам увеличивается в тысячи раз. Поэтому личинки паразитоидов, питаясь на поверхности или внутри жертвы, выделяют различные фунгистатические вещества, препятствующие развитию грибных патогенов. И лишь после того, как паразитоид закончит развитие, насекомое будет полностью колонизировано грибом.

В природных условиях различные виды насекомых постоянно контактируют с паразитическими организмами. И если представитель последних очень активен и не обладает высокой специализацией, то он быстро вызывает гибель своего хозяина, и как следствие — погибает сам. Поэтому в природных условиях не столь часто можно зарегистрировать массовую гибель насекомых.

Однако если паразит умеренно или слабо вирулентен или доза его спор низка, то хозяин способен выжить, т.е. переболеть. Подобная их встреча обязательно скажется на физиологическом статусе организма — самое главное, может активироваться иммунная система хозяина, что в последующем повысит устойчивость выживших особей к различным инфекциям. Хотя при этом возможна ситуация, когда предварительное инфицирование хозяина будет сопровождаться увеличением устойчивости к одним паразитам, а к другим — наоборот. Так, сублетальный бактериоз гусениц в дальнейшем может привести к снижению их чувствительности к последующему бактериальному заражению, но одновременно и к увеличению чувствительности к патогенным грибам.

ГРИБЫ, «ПОБЕЖДАЮЩИЕ» НАСЕКОМЫХ

Энтомопатогенные грибы сами по себе очень интересные организмы, широко используемые для создания средств защиты растений. Науке извест-



В условиях континентального климата наиболее перспективно использование штаммов энтомопатогенных грибов, выделенных в степных ландшафтах, по причине их устойчивости к высоким температурам и УФ-облучению.

но несколько тысяч их видов, паразитирующих на насекомых. Они характеризуются самыми разными стратегиями взаимоотношений со своими хозяевами: от факультативного паразитизма до облигатного, от очень широкой специализации до узкой — когда хозяин представлен только одним видом или даже определенной стадией в онтогенезе вида. Стратегия большинства подобных патогенов (например, энтомофторовых или многих сумчатых грибов) направлена на то, чтобы убить хозяина и полностью заполнить его тело своими нитевидными образованиями — гифами. Только после этого гриб даст дочернее поколение спор на погибшем насекомом и тем самым продолжит свой цикл. В этом плане они ближе к паразитоидам, чем к истинным паразитам. Но существуют энтомопаразитические грибы, практически никогда не убивающие хозяина и, напротив, полностью зависящие от его жизни. Среди них лабульбениевые грибы (*Ascomycota, Laboulbeniales*), представленные свыше 1500 высокоспециализированными видами. Они являются облигатными паразитами наружного скелета насекомых. Интересно, что для них характерна специфичность не только к конкретному роду или виду, но и полу хозяина, а также позиционная — прикрепление к определенной точке наружного скелета.

В целом в эволюции паразитизма у грибов наблюдалось чередование двух направлений: деспециализации и специализации. Первая была сопряжена с утратой половой стадии (телеоморфы), укорочением жизненного цикла и формированием клоновой изоляции. Это привело к расширению географического и экологического ареалов и, соответственно, круга хозяев, т.е. к биологическому прогрессу. Данный процесс происходил в разных филогенетических ветвях и привел к формированию сборной группы, называемой анаморфными грибами. Одна-

ко и у видов этой группы наблюдается прогрессирующая специализация, связанная с сужением круга хозяев или чаще всего с формированием адаптаций к их среде обитания. Так, близкие виды энтомопатогенных грибов могут быть приурочены к разным растительным ассоциациям или природно-климатическим зонам. Нами было показано, что для насекомых, населяющих открытые ценозы (саранчовые, колорадский жук), наиболее вирулентны грибы, адаптированные к условиям континентального и аридного климата, в частности, обнаруженные в разнотравных и опустыненных степях.

Интересно, что в популяциях некоторых указанных видов встречаются так называемые токсигенные штаммы. Для них характерен высокий уровень синтеза ряда токсинов, быстро подавляющих клеточный иммунитет хозяина; при этом насекомое погибает, а вместе с ним и сам гриб. Причины формирования данного поведения у этих штаммов «камикадзе» пока не до конца раскрыты и, вероятно, связаны с сапротрофной* фазой их развития. Найти токсигенные штаммы в природе очень сложно, хотя за ними буквально охотятся специалисты всего мира, потому что создать препарат на основе гриба, который достаточно легко нарабатывается в искусственных условиях, действует быстро и эффективно и тут же способен элиминироваться — большая удача. И в то же время, например, для создания долговременных очагов инфекции лучше использовать культуры менее токсичные, но образующие многочисленные «дочерние инфекции» на погибших хозяевах.

Цена устойчивости к паразитам всегда высока, и зачастую хозяин, ускользнувший от них, платит за это своим репродуктивным успехом. И вот пример.

*Сапротрофы используют для питания органические вещества мертвых тел (прим. ред.).



Высоковирулентный гриб убил хозяина, но и сам погиб в нем. Оставшийся субстрат колонизируется некротрофными бактериями (А). Нормальное развитие гриба на погибшем хозяине (В).

Совместно с коллегами из Университета Swansea (Великобритания) мы провели работу на популяциях большой пчелиной огневки с разной устойчивостью к патогенам. Сибирская линия насекомых — меланисты (названы так условно, у них в кутикуле накапливается большое количество меланина — красящего пигмента черного или коричневого цвета, отчего они намного темнее других особей этого вида) устойчивы к энтомопатогенным грибам. В европейской линии преобладают белые формы, очень восприимчивые к грибу. Оказалось, что у первых сильно утолщена кутикула, вырабатывается и синтезируется большое количество ферментов, отвечающих за меланизм и выработку антиоксидантов. В то же время все эти «инвестиции» в защитные механизмы могут приводить к снижению веса насекомых и их плодовитости.

Перспективы использования наработок по контролю численности насекомых, которые мы получили, в том числе и в содружестве с учеными из Всероссийского института защиты растений РАСХН (Санкт-Петербург), очень велики. А если еще использовать и биопрепараты с учетом жизненных стратегий паразитов и их хозяев, то успех может превзойти все ожидания. И при этом стоит отметить, что минимизируется влияние на экосистемы. Новые биоинсектицидные препараты будут абсолютно безопасны для человека и млекопитающих.

Иллюстрации предоставлены авторами

ЧЕЛЯБИНСКИЙ МЕТЕОРИТ

Академик Эрик ГАЛИМОВ, директор Института геохимии
и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН,
председатель Комитета по метеоритам при Президиуме РАН

15 февраля 2013 г. произошло событие, привлекавшее к себе всеобщее внимание: в 9 ч 20 мин местного времени в районе г. Челябинска были зарегистрированы вхождение в атмосферу и последующий взрыв болида, сопровождавшиеся сильной вспышкой. Ударная волна от события причинила ущерб городским постройкам, многих жителей ранило осколками выбитых оконных стекол. Падение небесного тела зафиксировали многочисленные любительские и служебные видеокамеры, благодаря чему удалось реконструировать траекторию болида и оценить параметры события. Географические координаты основной вспышки составляют приблизительно: $54,86 \pm 0,05^\circ$ с.ш. и $62,20 \pm 0,15^\circ$ в.д. Выделившаяся энергия оценивается около 440 кт в тротиловом эквиваленте, т.е. в 20 раз превосходит энергию взрыва атомной бомбы над Хиросимой (1945 г.). Считается, что масса небесного тела составляла около 10 тыс. т, а его размеры — 18–20 м. Скорость вхождения тела в атмосферу — порядка 20 км/сек. В атмосфере произошла фрагментация метеорита и на землю выпали многочисленные осколки, в большинстве случаев размером в несколько сантиметров.

Учет и первичное исследование выпавших метеоритов у нас в стране осуществлялся Комитетом по метеоритам при Президиуме РАН, работающим на базе Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН (ГЕОХИ), где размещена также большая часть российской коллекции метеоритов. Отметим, российская коллекция метеоритов является одной из старейших и крупнейших в

мире. Это огромная культурная, научная и историческая ценность.

Задача Комитета по метеоритам состоит в сохранении и приумножении коллекции, осуществлении научных обменов, выделения вещества для исследования, проведении экспертизы, в том числе находок, предлагаемых населением, каталогизировании новых поступлений.



**Фирновый столбик с метеоритом
(черное включение на конце).**



Собранные образцы.

Понятно, что событие в районе Челябинска мы рассматривали как находящееся в зоне нашей ответственности с точки зрения поиска выпавшего вещества и идентификации его природы. Вот почему в понедельник, 18 февраля, мы начали готовить группу из числа сотрудников лаборатории метеоритики нашего института для выезда в Челябинск для поиска фрагментов метеорита. Я обратился к губернатору области Михаилу Юревичу с просьбой оказать содействие нашим специалистам. И оно было действительно оказано, за что мы признательны губернатору. В тот же день я связался с министром по чрезвычайным ситуациям РФ Владимиром Пучковым. Он сообщил, что сотрудники МЧС уже работают на месте. Министр также заверил, что необходимая помощь будет оказана. Надо сказать, что соответствующие местные службы были оперативны и с готовностью сотрудничали. На следующий день наша экспедиция под руководством заместителя

заведующего лабораторией метеоритики Дмитрия Бадюкова была уже в районе выпадения осколков метеорита. А через два дня первую партию образцов доставили в институт.

Сбор образцов, по описанию членов экспедиции, представлял собой относительно несложную задачу. Небольшие фрагменты оставляли заметное отверстие в снежном покрове. Вдоль траектории вхождения образовывался столбик льда. При извлечении последнего на дне его находили кусочек метеорита. Помимо научной группы поиск осуществляли многочисленные любители. Местное телевидение обратилось с просьбой к населению передавать найденные фрагменты нашим поисковикам. Такие случаи были, хотя и немного. В целом, мы собрали около 3 кг метеоритного вещества.

В институте были развернуты исследования, в которых участвовали несколько лабораторий. В том числе лаборатория метеоритики (заведующий доктор

Исследование метеоритного вещества проводилось в Институте геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН с использованием самой совершенной аналитической аппаратуры.

геолого-минералогических наук Михаил Назаров) — она является базовой Комитета по метеоритам и ответственна за петрологический анализ. Центральная аналитическая лаборатория (заместитель директора профессор Владимир Колотов), включая сектор микрозондового анализа (Наталья Кононкова) и сектор рентгено-флуоресцентного анализа (Ирма Рошина), выполняли химико-минералогический анализ. Лаборатория благородных металлов (заведующая доктор химических наук Ирина Кубракова) выполнила анализы содержания сидерофильных, халькофильных и редкоземельных элементов на ИСП-АЭС. Лаборатория геохимии изотопов (заведующий профессор Юрий Костицын) произвела в течение короткого времени чрезвычайно трудоемкие исследования Rb/Sr ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) и Sm/Nd ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$) систем. В лаборатории геохимии углерода (доктор технических наук Вячеслав Севастьянов) был выполнен анализ изотопного состава углерода. В лаборатории космохимии (заведующий Виктор Алексеев) исследовали наличие следов (треков) космического облучения метеорита.

Задачи, которые стояли перед нами: 1) собрать материал; 2) идентифицировать вещество, если это — метеорит, то к какому классу он относится; 3) представить отчет в номенклатурный комитет Международного метеоритного общества для внесения метеорита в каталог и утверждения его названия.

Это была, так сказать, обязательная программа. Помимо того любой метеорит является объектом научного изучения: представляет интерес его возраст, происхождение, космическая история.

Метеориты бывают разных классов: железные, железо-каменные (палласиты), хондриты, ахондриты. К особым группам относятся марсианского (SNC) и лунного происхождения. Последние представляют осколки пород Марса и Луны, выбитые с их поверхности ударами астероидов и попавшие, в конечном счете, на Землю.

Хондриты составляют наиболее распространенную группу метеоритов. Они, в свою очередь, по химическому составу делятся на ряд групп. Наиболее интересны из них углистые: они ближе всего по составу к первозданному веществу. Причем углистые хондриты типа CI (Ivuna, Orgueil и др.) богаты углеродом и водой, содержат органическое вещество, в том числе аминокислоты и другие соединения, имеющие предбиологическое значение. В их составе сохранились межзвездные пылевые частицы, предшествовавшие образованию Солнца. Вот почему их рассматривают как стартовый химический состав Солнечной системы.

Другие типы углистых хондритов — CV, CO и т.п. — представляют в той или иной степени метаморфизованные объекты. Углистые хондриты — наиболее окисленный тип метеоритного вещества. В них присутствуют карбонаты, гидраты, а железо находится в



окисленной форме FeO. Наиболее восстановленными представителями хондритов являются энатитовые хондриты EH и EL, содержащие железо в металлической и сульфидной форме. Наиболее же распространены так называемые обыкновенные хондриты. Они делятся на три группы: H-высоко-железные, L-низко-железные и LL-очень низко-железные.

В Челябинском метеорите под микроскопом хорошо различимы отдельные хондры. Это одна из наиболее древних минеральных структур, образовавшихся в Солнечной системе. Сегодня изотопные методы дают возможность достаточно точно определить возраст Солнечной системы. Он составляет 4 млрд 568 млн лет. Всего через 2 млн лет после того как вспыхнуло Солнце в окружавшей его паро-газовой небуле с остатками межзвездной пыли сконденсировались сначала CAI (кальций-алюминиевые тугоплавкие включения), а затем хондры. Они вошли в состав первичных твердых объектов (планетезималей), которые аккумулировались в тела астероидальных размеров. Затем в астероидах хондритовое вещество частично переплавилось, испытало магматизм и дифференциацию, в определенной мере подверглось тепловому метаморфизму, хотя частично сохранилось почти неизменным. Соударения астероидов между



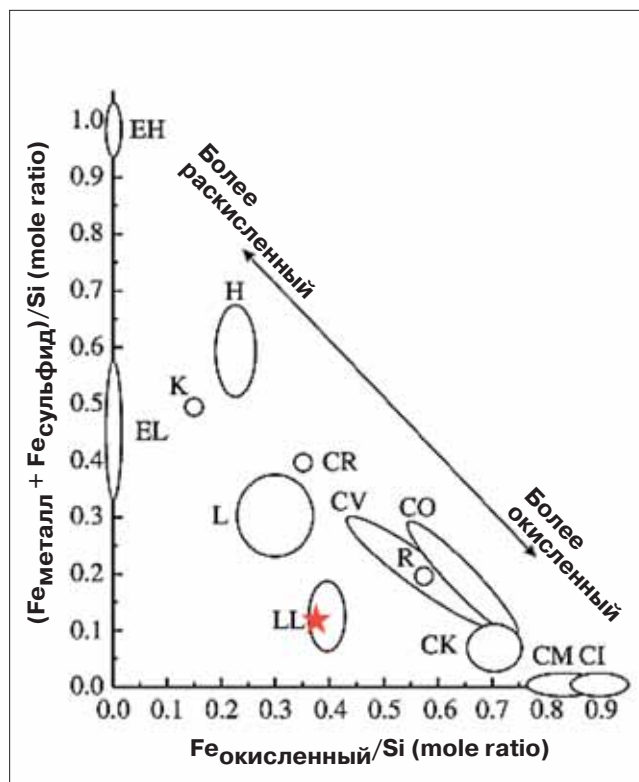
Один из образцов.

собой приводило к их фрагментации и порождению известных нам классов метеоритов.

Химический и петрологический анализы позволяют отнести исследуемый метеорит к определенному типу.

Содержание железа и соотношение его окисленной и восстановленной формы позволило отнести Челябинский метеорит к химическому типу LL. С этим согласуются также величины содержания фаялита (Fe_2SiO_4) в оливине и ферросилита (FeSiO_3) в пироксене. Таким образом, Челябинский метеорит относится к классу обыкновенных хондритов химической группы LL.

Следующий параметр, который должен быть определен для метеоритов этого класса — это петрологический тип. Таких типов всего семь. Первый представлен наименее измененным веществом — углистые хондриты, богатые водой и углеродом. Второй тип содержит хорошо сохранившиеся хондры, гидротермальное измененное вещество с достаточно высоким содержанием углерода. Более высокие типы, начиная с третьего, обнаруживают следы температурного метаморфизма, начиная с $400\text{--}600^\circ\text{C}$ — для третьего типа, $600\text{--}700^\circ\text{C}$ — для четвертого, $700\text{--}750^\circ\text{C}$ — для пятого, $750\text{--}950^\circ\text{C}$ — для шестого и свыше 950°C — для седьмого. С увеличением степени метаморфизма все менее отчетливыми становятся контуры хондр, более раскристаллизованной и грубозернистой становится матрица, более гомогенным состав основных минера-



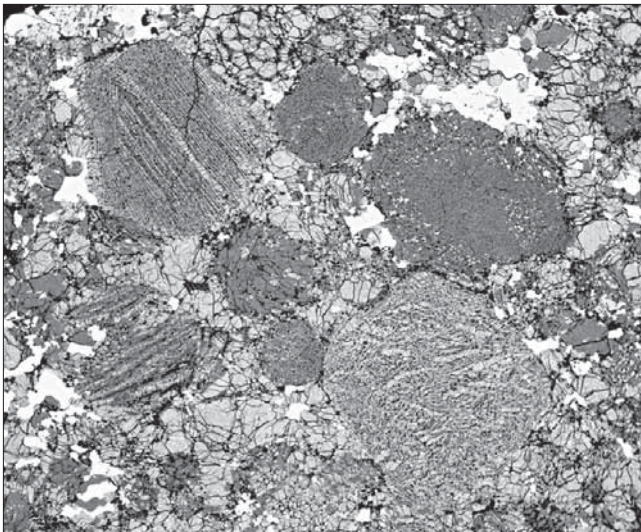
Типы хондритов.

лов (оливина и пироксена), все меньше содержание углерода. Петрологический анализ Челябинского метеорита приводит к выводу, что он относится к пятому петрологическому типу.

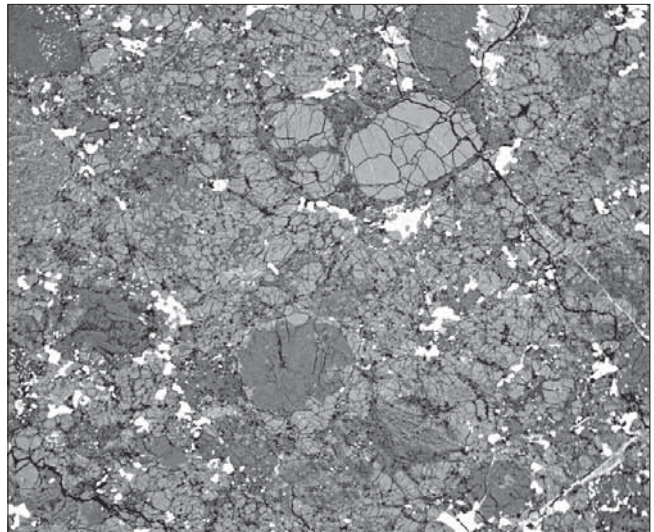
Еще один параметр, которым принято характеризовать метеориты этого типа, — это ударная классификация. По нему их подразделяют на шесть групп: от S1 — не несущих следов ударной нагрузки — до S5, S6 — высокоударных, содержащих ударное стекло, характеризующихся развитым мозаицизмом, появлением высокобарных минералов (рингвудита).

В этом ряду, согласно оценке нашего опытного петролога Михаила Назарова, Челябинский метеорит должен быть отнесен к группе S4 — умеренного ударного метеоризма, при котором вещество испытало ударные нагрузки порядка $25\text{--}35\text{ GPa}$.

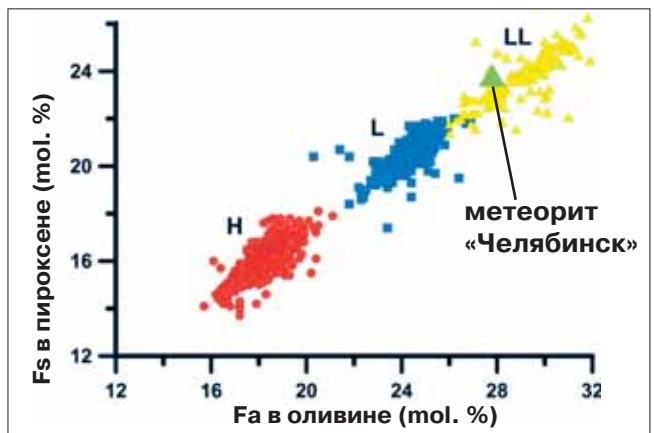
Наконец, метеорит оценивается еще по степени сохранности после выпадения. Вообще все они делятся на падения (falls) и находки (finds). Первые из них — это те, чье падение наблюдалось и они были вскоре после этого собраны. Находки — это те метеориты, которые были обнаружены случайно, иногда спустя много лет после их падения. Понятно, что тогда они претерпели изменения в условиях Земли, влияние атмосферы, воды, часто микроорганизмов, т.е. испытали в той или иной степени выветривание (weathering). И конечно, наиболее ценные те из них, которые были собраны немедленно после падения. К таковым и относится Челябинский метеорит: степень его выветривания равна нулю (W0).



Хондры (микроскоп SX-100 «Самеса»).



По составам оливина и пироксена метеорит «Челябинск» относится к группе LL хондритов.



Таким образом, итоговая идентификация Челябинского метеорита представлена формулой обыкновенный хондрит: LL5/S4-WO.

Эта идентификация вместе с названием «Челябинск» представлена в Номенклатурный комитет Международного метеоритного общества.

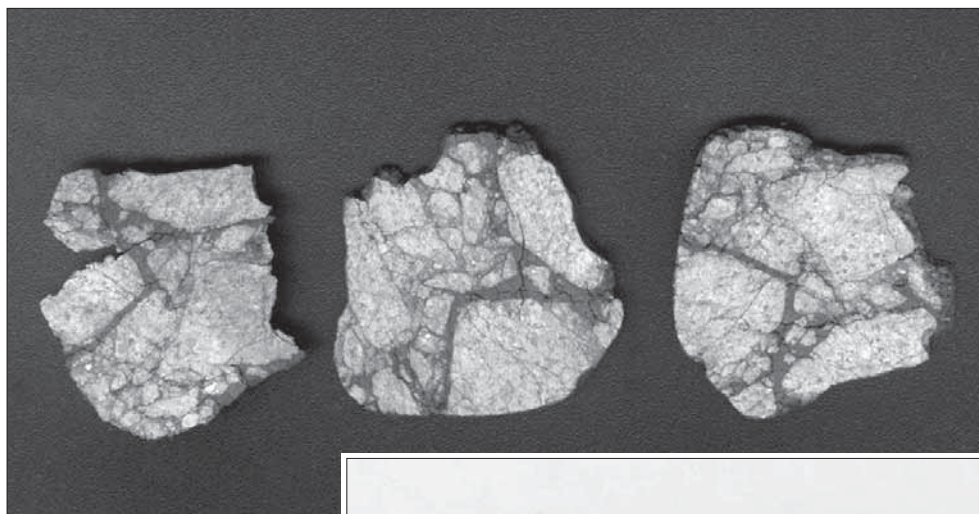
Но это не исчерпывает того интереса, который представляет данное событие. В составе этого метеорита были обнаружены две фазы. Первая — светлая, представляет, по-видимому, основную его часть. В ней вместе с сохранившимися хондрами присутствуют многочисленные следы дробления, трещины, жилки, заполненные застывшим расплавом. Вторая фаза — темная, микрозернистая, представляет собой результат ударного плавления.

Анализ содержания (в таблице представлена для примера лишь малая часть полученных данных) разных по геохимическому поведению элементов (литофильных, сидерофильных, халькофильных) показывает, что по составу обе фазы практически идентичны и совпадают с составом, типичным для метеоритов LL-типа. Из этого следует, что темный расплав — это не продукт магматизма и дифференциации, а действительно ударный расплав.

Таблица

Сравнительное содержание некоторых элементов в разных фазах метеорита «Челябинск» и в хондритах LL-типа (мкг/г)

Элемент	Светлая фаза	Темная фаза	Характерно для LL
Li	2,0	2,0	2,1
Be	0,035	0,036	0,051
V	68,7	66,6	75
Rb	3,7	3,4	3,1
Zr	6,9	8,6	5,9
La	0,38	0,34	0,315
Ce	0,95	0,46	0,907
Sm	0,22	0,24	0,200
Lu	0,039	0,038	0,033
Th	0,053	0,052	0,043
U	0,022	0,020	0,013
Co	643	584	490
Ni	10854	12125	10200
Cu	83,1	95,7	80
Ga	4,6	4,5	5,0
Ir	0,46	0,45	0,360
Pt	2,2	1,6	0,85
Au	0,21	0,13	0,14



2/3 фрагментов состоят из светлого материала, в котором развиты трещины, заполненные темным ударным расплавом.

1/3 часть собранных фрагментов представлена темным мелкозернистым материалом — ударным расплавом, содержащим обломки минералов.



Помимо химико-петрологического анализа был выполнен изотопный анализ углерода и произведено исследование геохронологических систем Rb/Sr и Sm/Nd.

Содержание ($c=0,02\%$) и изотопный состав углерода, измеренные на масс-спектрометре Delta-Plus в лаборатории геохимии углерода, оказались в пределах диапазона, характерного для обыкновенных хондритов, с несколько различными значениями $\delta^{13}\text{C}$ для светлой ($\delta^{13}\text{C}$ от $-21,5$ до $-25,2\%$) и темной ($\delta^{13}\text{C}$ от $-25,3$ до $-28,5\%$) фаз, что, впрочем, следовало ожидать.

Исследование Sm/Nd и Rb/Sr систем, произведенное Юрием Костицыным, показало: метеорит претерпел в своей истории чувствительные ударные события. $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ — Sm/Nd изохронна, указывает на возраст ударного события, имевшего место ~ 300 млн лет назад. Вероятно, с этим событием связано появление обширных ударных расплавов (темной фазы) в метеорите.

Rb/Sr система метеорита нарушена. Это позволяет предположить: в последующей космической истории метеорита было, по крайней мере, еще одно ударное событие, менее разрушительное. Оно привело к тому,

что более чувствительная система $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ — Rb/Sr была нарушена, а более устойчивая Sm/Nd система сохранилась.

Возможно, с этим последним ударным событием связана наблюдаемая высокая трещиноватость данного метеорита. При вхождении в атмосферу это привело к тому, что метеоритное тело фрагментировало. При этом поверхность соприкосновения вещества с атмосферой многократно увеличилась, что привело к резкому энерговыделению, наблюдаемому как взрыв и сопровождавшемуся яркой вспышкой и развитием ударной волны.

По имеющимся к настоящему времени данным реконструкции орбиты Челябинского метеорита он, вероятно, относится к тем 5–6 тысячам небесных тел, выделяемых как группа AAA (Аполлоны, Амуры, Атоны), эллиптическая орбита которых заходит внутрь орбиты Земли и, соответственно, вероятность столкновения их с Землей повышена.

Иллюстрации предоставлены автором

СТЕПЕНЬ РИСКА

Первый канал Российского телевидения 22 февраля 2013 г. показал документальный фильм «Челябинский метеорит: семь дней спустя», в котором достоверно показано близкое к шоку состояние, охватившее многих жителей этого города после яркой вспышки в синем утреннем небе, последовавшей утром 15 февраля. За ней грохнул взрыв, сопровождавшийся завыванием автомобильных сирен, звоном битого стекла, отключением сотовой связи, быстро возникшими заторами на дорогах.

В киноленте приведено много эмоциональных оценок, в том числе высказывание директора Уральского машиностроительного завода, цеха которого выглядели как после воздушного налета: «Такой стихии в мирное время мы еще не переживали. Люди приходят в себя, но ощущение, что мы не так защищены, как думали до этого, остается».

Согласно сводке МЧС, в результате метеоритного взрыва над крупнейшим промышленным центром Южного Урала пострадало 1240 человек, госпитализировано 52, повреждено 4715 зданий, разбито 190 тыс. м² стекол, материальный ущерб превысил 1 млрд руб. В ликвидации последствий принимали участие 4660 человек личного состава и 1047 единиц техники.

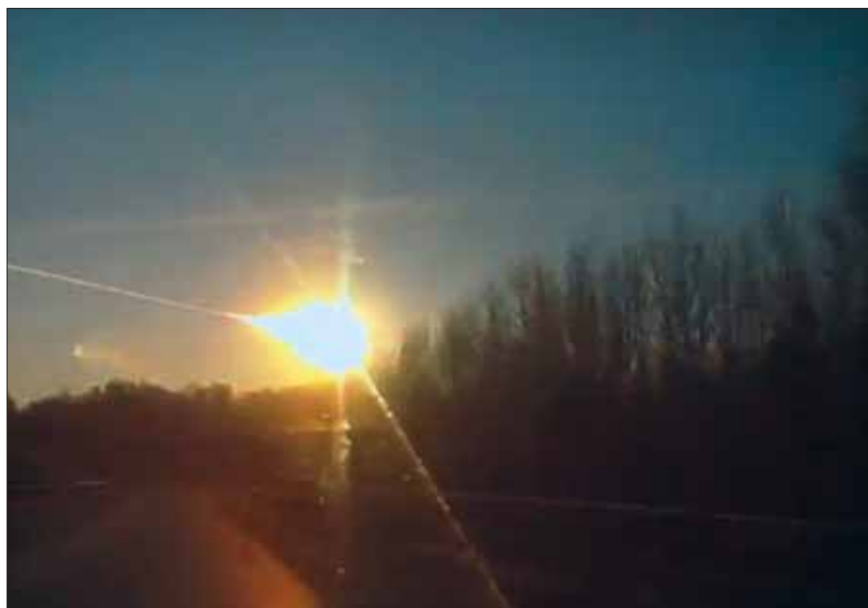
Но Челябинску на самом деле крупно повезло — оказался трасса пролета тела всего на 30 км севернее, а угол входа в атмосферу чуть круче, последствия для города с миллионным населением могли быть крайне драматичными.

Размер падавшего тела оценивается величиной 18–20 м, вес — около 10 тыс. т. Это много по обычным человеческим меркам, но для Солнечной системы — только одна из тех космических песчинок, несколько миллионов которых вращаются вокруг Солнца в поясе астероидов, находящемся между орбитами Марса

и Юпитера. Когда следующая такая «песчинка» окажется на пути Земли и где она упадет — этого никто пока, к сожалению, сказать не может.

Пролет и взрыв над Челябинской областью вызвал множество комментариев в средствах массовой информации. С одним из них познакомил газету «Наука в Сибири»: своим видением подобных аномальных явлений поделился на ее страницах доктор физико-математических наук Вячеслав Гусяков, заведующий лабораторией изучения цунами новосибирского Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН. Интерес к «небесной» тематике был инициирован его учителем академиком Анатолием Алексеевым, специалистом в области теоретической и вычислительной геофизики — в последние годы жизни его внимание привлекла проблема реальности угроз, исходящих из космоса. Под его руководством было выполнено несколько работ по оценке кометно-астероидной опасности и возможным мерам противодействия.

Алексеева интересовала возможность возбуждения цунами при падении космических тел в океан. Под таким ракурсом были проанализированы инструментальные записи (они имеются только за последние примерно 100 лет), касающиеся возникновения этих разрушительных волн в Тихом океане, но такой анализ ничего не дал. Позднее стало понятно, что один век — слишком короткий интервал времени для выявления интересующей ученых аномалии. Картина, однако, начала существенно меняться, когда исследователи, привлекая исторические и геологические данные, вышли на интервалы в тысячи и десятки тысяч лет. Оказалось, что существует множество свидетельств о катастрофических событиях, происходивших уже в историческое время (последние 2–5 тыс. лет), возможной и весьма вероятной причиной которых был



Эту болидную вспышку жители Челябинской области наблюдали утром 15 февраля 2013 г.

близкий пролет или падение на Землю космических объектов (комет, астероидов), а также близкие (по космическим меркам) взрывы сверхновых звезд.

В декабре 2004 г. на Канарских островах состоялась международная конференция «Кометная и астероидная опасность и будущее человечества», проходившая под эгидой ICSU (Международного совета научных союзов). На ней были представлены доклады ведущих мировых экспертов, охватывающие все аспекты этой проблемы от астрономических до социально-политических и экономических. В качестве представителя Комиссии по геориску Международного геодезического и геофизического союза в ее работе участвовал и Гусяков. По его словам, именно там ученые из Австралии, США, России, Северной Ирландии решили объединить усилия и создать Международную рабочую группу по импактным событиям в голоцене (HIWG), основной целью которой стал сбор свидетельств о реальности нескольких крупнейших климатических катастроф, происходивших примерно 11900 и 4350 лет тому назад, а также в 536–540 гг., и их связи с космическими факторами.

В настоящее время в состав группы входят несколько десятков специалистов, убежденных: ударные воздействия космических тел оказывали более существенное влияние на вариации климата Земли и развитие цивилизации, чем это принято обычно считать. Собранные ими факты подтверждают тезис о том, что такого рода угроза весьма реальна и не может игнорироваться при интегральных оценках риска природных катастроф. Падения космических объектов происходят регулярно и не раз вызывали тяжелые последствия.

На нашу планету ежедневно выпадает несколько тонн космической пыли в виде мельчайших частиц. Более крупные (от 1 мм и выше) изредка прочерчивают огненные следы на ночном небосводе. Когда

число вспышек достигает нескольких сотен в минуту, говорят о метеорном дожде. А если падающие фрагменты достигают земной поверхности, такой «дождь» называют метеоритным. Вот два широко известных примера. 23 апреля 1803 г. возле французского городка Л'Эгль в Нормандии упало свыше 2,5 тыс. каменных осколков. Крупнейший в XX в. метеорный дождь выпал в 1976 г. в китайской провинции Цзилинь. Общий вес собранных тогда фрагментов оказался более 4 т, самый крупный найденный осколок весил 1770 кг.

При увеличении размеров падающего тела до нескольких метров и более видимый путь, проходимый в атмосфере, увеличивается, а торможение в воздухе чаще всего заканчивается тепловым взрывом на высоте нескольких километров. Такое тело называется болидом. Его остатки после взрыва могут упасть на землю, но часто оно полностью разрушается, и тогда поиски следов ничего не дают. А вот «пришелец» размером более 150–200 м успевает долететь до Земли — в этом случае при ударе и взрыве выделяется основная доля энергии и образуется метеоритный кратер. Их обнаружено уже около 200, причем большинство из них включено в считающуюся эталонной канадскую базу данных импактных структур Земли, поддерживаемую Центром планетарных исследований университета Брунсвика. На данный момент в ней содержится 184 структуры, диаметр которых варьирует от нескольких десятков метров до 200 км при возрасте самого древнего кратера (Вредефорт, Южная Африка) в 2,2 млрд лет.

Многие исследователи расширяют список кратеров за счет включения в него не только доказанных, но и предполагаемых структур. База данных импактных структур Земли EDEIS (Expert Database on the Earth Impact Structures), поддерживаемая в лаборатории Гусякова, включает в себя 1118 таковых, среди них, как он полагает, можно считать доказанными 213, вероят-

**Дымный след в небе —
все что осталось от космического
пришельца весом в тысячи тонн.**



ными 187, перспективными 499 и предполагаемыми 99. Очень трудно выяснить возраст их образования, хотя именно эти данные необходимы для получения оценок ожидаемой частоты падений космических тел, что наиболее важно для современного этапа геологической истории Земли — голоцена.

Доказанных для той эпохи кратеров всего около десятка, и обнаружение каждого нового существенно меняет указанные оценки. Именно поэтому упоминавшаяся группа специалистов сосредоточилась на изучении импактных событий, произошедших за последние 10–12 тыс. лет. В 2006 г. и в августе 2012 г. с участием ученых из Новосибирска проведены экспедиции на острова Мадагаскар и австралийский Грут-Айленд. В ходе их изучали так называемые шевронные дюны: механизм их образования до сих пор дискусионен. По мнению Гусякова, они могли быть сформированы при заплеске гигантских волн цунами на побережье, источником генерации которых в обоих случаях мог быть только кометный или астероидный удар в Индийском океане и в заливе Карпентария.

Основные страны, имеющие программы планомерного выявления опасных космических объектов, — США, Великобритания, Италия, Япония, Чили. Ведущей организацией, занятой поиском астероидов и малых планет, является расположенный в Кембридже, штат Массачусетс (США) Центр малых планет, финансирование и управление которым осуществляет НАСА. Он входит в состав Смитсоновской астрофизической обсерватории и государственного научно-исследовательского Смитсоновского института. За годы существования центра (с 1995 г. по настоящее время) найдено около 10 тыс. объектов размером свыше 7 м.

В настоящее время образован международный консорциум для создания высокогорной обсерватории

в Чили. Одним из ведущих ее приборов будет телескоп LSST (Large Synoptic Survey Telescope) с диаметром зеркала 8 м: он позволит выявить большинство объектов размером более 200 м примерно в течение декады. Россия получила приглашение включиться в этот консорциум, но такое участие требует некоторого финансового взноса.

К сожалению, несмотря на все усилия и вложенные средства, стопроцентной гарантии своевременного обнаружения опасных астероидов на данный момент не существует. Достаточно крупный такой объект 2012DA14 диаметром около 45 м и массой 130 тыс. т (его тротиловый эквивалент в случае падения составил бы примерно 2,5 Мт), прошедший в ночь на 16 февраля 2013 г. на расстоянии 27 тыс. км от Земли, был открыт всего год тому назад испанским астрономом-любителем. Только после этого он попал под пристальное внимание NASA и других космических агентств.

Но астероиды из пояса Купера (так астрономы называют пространство между орбитами Марса и Юпитера, где движутся миллионы осколков разных размеров, представляющих, по одной из гипотез, остатки некогда находившейся здесь планеты, разрушенной также в результате космического катаклизма) представляют собой лишь часть проблемы. По мнению группы британских астрономов, гораздо большая опасность может исходить от неперiodических комет, внезапно появляющихся во внутренней части Солнечной системы из так называемого облака Оорта. Окружающее ее и вместе с ней путешествующее по просторам Галактики, оно состоит из примерно 10 млрд комет, хаотически движущихся по собственным орбитам. Время от времени одна из этих «странниц» по неизвестным пока причинам сходит с такой орбиты и устремляется к Солнцу, совершает оборот вокруг него и снова теряется в космических просторах.



**Повреждения крыши и стены склада
Челябинского цинкового завода
от вызванной метеоритом ударной волны.**

Масса этих космических «скитальцев» может быть огромной (миллиарды тонн), а попадание даже в хвостовую их часть чревато опасностью для биосферы Земли.

Кометы — не обязательно рыхлые образования, состоящие из снега и льда. Некоторые из них в результате многократных проходов вблизи Солнца теряют все свои летучие компоненты и превращаются в достаточно плотные структуры, состоящие из почти чистого углерода (т.е. фактически графита). Такие «скитальцы» невидимы ни в каком оптическом диапазоне и могут быть обнаружены только с помощью радаров.

Так что же делать? Просто сидеть и ждать, пока на нас с неба свалится очередной астероид? Нет, конечно, полагает Гусяков. «Нужно признать реальность космической угрозы для нашей планеты, поставить ее в ряд с другими природными катастрофами, адекватно оценить степень риска и возможные последствия и начать подготовку программ по снижению рисков и обучению населения действиям в случае угрозы из космоса. Без таких предварительных мероприятий никакие срочные предупреждения и оповещения не будут эффективными. Наоборот, они сами могут стать источником опасности, материальных и людских потерь. Специфика проблемы в том, что вероятность такой катастрофы в обозримом будущем (10–50 лет) мала, но последствия для всей цивилизации могут быть слишком велики, чтобы можно было совсем пренебречь ее возможностью».

В настоящее время общепризнано: пороговым значением размера астероида, способного вызвать глобальную климатическую катастрофу с самыми серьезными последствиями для нашей цивилизации, является диаметр 1 км. Тритиловый эквивалент его взрыва при падении на Землю составит около 50–70 Гт. Согласно имеющимся оценкам, общее число таких тел в Солнечной системе составляет порядка 1 тыс. Считается, что сейчас выявлено около 90% асте-

роидов этого класса. И среди них на данный момент не обнаружено тел, находящихся на траектории опасного сближения с Землей в ближайшие 50–100 лет. Число небесных тел в субкилометровом диапазоне (100–1000 м) составляет уже многие десятки тысяч. Полное их выявление потребует нескольких десятилетий непрерывных наблюдений.

В заключение Гусяков отметил: «Изучение прошлых падений космических тел на Землю и вызванных ими последствий — сложная научная задача, требующая привлечения самых различных специальностей. В Сибирском отделении РАН для такого рода интегральных исследований имеются все условия. Однако консерватизм и предубеждения определенной части научного сообщества преодолеть не просто. В 2009 г. мы предприняли попытку формирования совместного проекта «Крупные природные катастрофы в голоцене и их влияние на вариации климата и состояние экосистем северной Евразии», который был подан от лица пяти институтов на конкурс интеграционных проектов СО РАН. Но высокая академическая комиссия не поддержала проект. Одним из замечаний к нему было именно участие представителей слишком широкого круга научных дисциплин — от математики и геологии до дендрохронологии и истории».

И в качестве постскрипума: секретарь Совета безопасности РФ Николай Патрушев высказался за скорейшее создание международной противоастероидной программы, в которой Россия должна принять самое активное участие.

*Челябинск — 15.02.13: что это было? —
Газета «Наука в Сибири», 2013, № № 8, 9*

Иллюстрации с интернет-сайта Chelybinsk.ru

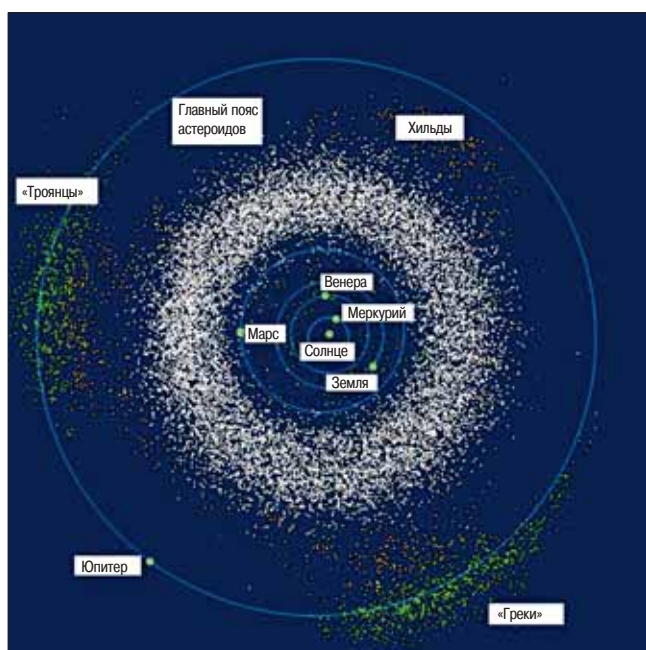
Материал подготовил Сергей МАКАРОВ

АСТЕРОИДНО-КОМЕТНАЯ ОПАСНОСТЬ



Академик Лев ЗЕЛЕНЬИЙ, директор Института
космических исследований РАН,
Виктор ЕСИН, генерал-полковник в отставке,
бывший начальник Главного штаба Ракетных войск
стратегического назначения,
профессор факультета мировой политики МГУ им. М.В. Ломоносова,
академик Андрей КОКОШИН,
декан факультета мировой политики МГУ им. М.В. Ломоносова

Взрыв крупного метеорита (по оценкам специалистов, его масса могла составлять 7–10 тыс. т) в небе над Челябинской областью 15 февраля 2013 г. еще раз наглядно продемонстрировал: астероидно-кометная опасность реально угрожает нашей планете. Тогда было отмечено около тысячи пострадавших и раненых. А если на Землю упадет более крупный естественный космический объект, то последствия будут куда более разрушительными, особенно если это произойдет в черте города. В некоторых случаях подобные события могут нести, как отмечают многие ученые, угрозу существованию всего человечества.



Главный пояс астероидов (белый цвет)
и троянские астероиды Юпитера (зеленый цвет).

За последние 20–25 лет совокупные научные знания международного сообщества об астероидах и кометах благодаря активным наземным и космическим исследованиям значительно расширились. Это привело многих специалистов к заключению: опасность встретиться с одним из таких тел действительно существует, и по мере роста знаний об астероидах и кометах она выглядит все более реальной.

Между тем очевидно: накопленных знаний и технологий явно недостаточно, чтобы адекватно оценить масштабы угрозы, сравнить ее с другими глобальными опасностями человечеству и реагировать соответственно. Значительно больше данных требуется для своевременного обнаружения сравнительно небольших естественных космических объектов и выдачи соответствующего предупреждения.

Существует большой класс астероидов, малых тел Солнечной системы, которые пересекают орбиту Земли и/или сближаются с ней. Потенциально они при определенных условиях могут столкнуться с нашей планетой и нанести серьезный ущерб. Впрочем, следует подчеркнуть, что речь идет только о возможности столкновения. Как правило, эти тела находятся на стационарных орбитах, и прогноз их движения не дает случаев столкновения с Землей. Но среди астероидов этого класса есть и такие, которые могут сближаться с ней на расстояние порядка нескольких радиусов орбиты Луны и даже ближе. При этом из-за гравитационного взаимодействия с Землей и/или Луной орбита астероида может несколько измениться и соответственно изменится вероятность столкновения, что уже сложно предсказывать.

Важная характеристика, определяющая ущерб при столкновении, — размер тела. Оценки показывают: самый малый астероид, представляющий глобальную опасность, имеет диаметр порядка 50–100 м.

Энергия, выделяемая при столкновении тела такого размера, сравнима с энергией мощной термоядерной бомбы. Частота падения подобных относительно малых объектов составляет один раз в несколько сотен и десятков тысяч лет (в зависимости от размера). Разрушения, представляющие опасность для всего человечества, несут астероиды размером свыше нескольких сотен метров — около километра. Частота таких событий — раз в несколько сотен тысяч лет. А гибель цивилизации может произойти при столкновении с Землей тела размером порядка 10 км. Но такие события, к счастью, сейчас очень маловероятны — угрожающих нашей планете за миллиарды лет, прошедших после ее образования, таких астероидов на орбитах остается все меньше.

В настоящее время есть несколько зарубежных программ обнаружения астероидов, сближающихся с Землей, с использованием данных наземных и космических обсерваторий (систематически должны наблюдения стали проводить с середины 1990-х годов). На данный момент зарегистрировано около 10 тыс. объектов, относящихся к классу тел, сближающихся с Землей (<http://neo.jpl.nasa.gov/stats/>). При этом, как показывает статистика обнаружения, число астероидов с размерами более километра около 900 и в последние годы оно увеличивается слабо, приближаясь к насыщению. Близко к насыщению и число вновь открываемых астероидов размером 300 м — 1 км, оно составляет порядка 3000. Основная трудность заключается в обнаружении относительно малых астероидов размером в несколько десятков метров из-за того, что их сложно наблюдать современными оптическими средствами. Например, пролетевший 15 февраля 2013 г. астероид 2012 DA14 (диаметр около 40 м) был открыт всего за год до этого (23 февраля 2012 г.). Сейчас каталогизировано порядка 3 тыс. таких тел. Очевидно, с развитием наблюдательных средств их число значительно увеличится. Общее число декаметровых астероидов оценивается порядка 100 тыс.

Особое внимание с точки зрения угрозы для Земли представляет открытый в 2004 г. астероид Апофис (2004-MN4). Его орбита находится внутри земной орбиты, однако в районе перигелия Земли он может сближаться с нашей планетой на критическое расстояние. Расчеты показывают: в 2029 г. Апофис подойдет к Земле на расстояние порядка 37–38 тыс. км (от центра планеты), т.е. в районе орбит геостационарных спутников. После проведенных радарных наблюдений возможность столкновения Апофиса с Землей в 2029 г. исключена, хотя из-за неточности начальных данных существует ничтожная ($\sim 10^{-5}$ – 10^{-6}) вероятность столкновения данного объекта с нашей планетой в 2036 г. и еще меньшая — в последующие годы. Последние сведения об астероиде Апофис получены при помощи космической обсерватории «Гершель» (Европейское космическое агентство), его размер — 325 ± 15 м. Оценки энергетики столкновения астероида с Землей составляют порядка 500 мегатонн в тротиловом экви-

Орбита астероида 2012 DA14
(данные Лаборатории
реактивного движения NASA)
на 16 февраля 2013 г.
Синим (до сближения),
голубым (после) выделена
орбита астероида,
белым — орбита Земли.
Зеленые квадратики —
планеты земной группы.
Система — гелиоцентрическая
(центр — Солнце).

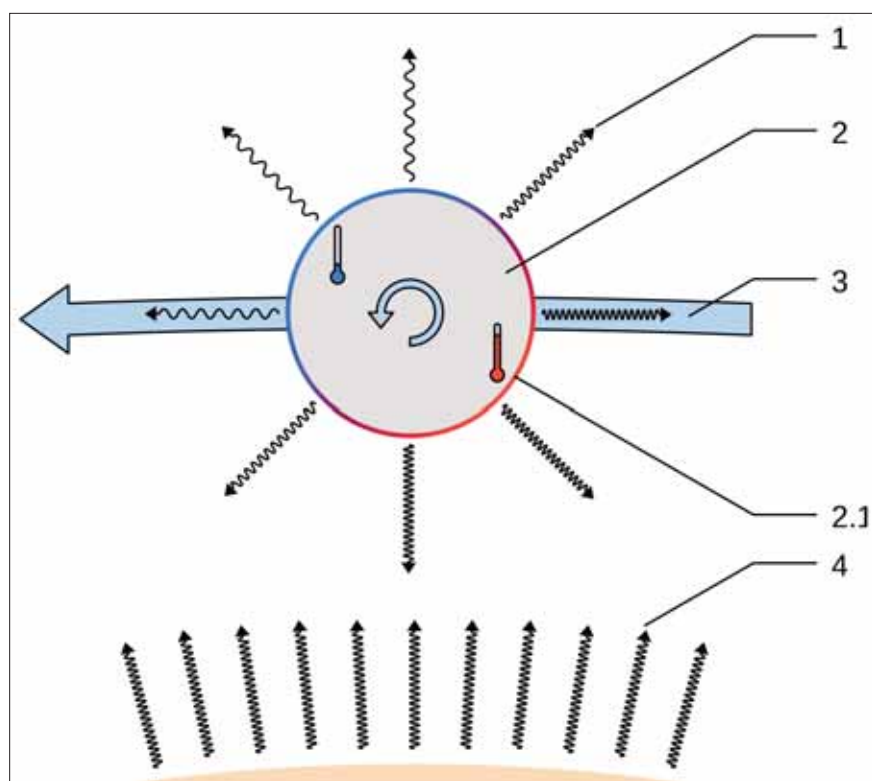


Астероид Апофис (2004-MN4),
открытый в 2004 г.

валенте. Для сравнения: энерговыделение при падении Тунгусского метеорита оценивается в несколько десятков мегатонн (10–40). Воздействие на Землю, конечно, зависит от места и угла падения астероида, а также от его состава и структуры. В любом случае взрыв причинил бы огромные разрушения на территории площадью в тысячи квадратных километров, но, видимо, не создал бы долгосрочных глобальных эффектов, подобных «астероидной зиме».

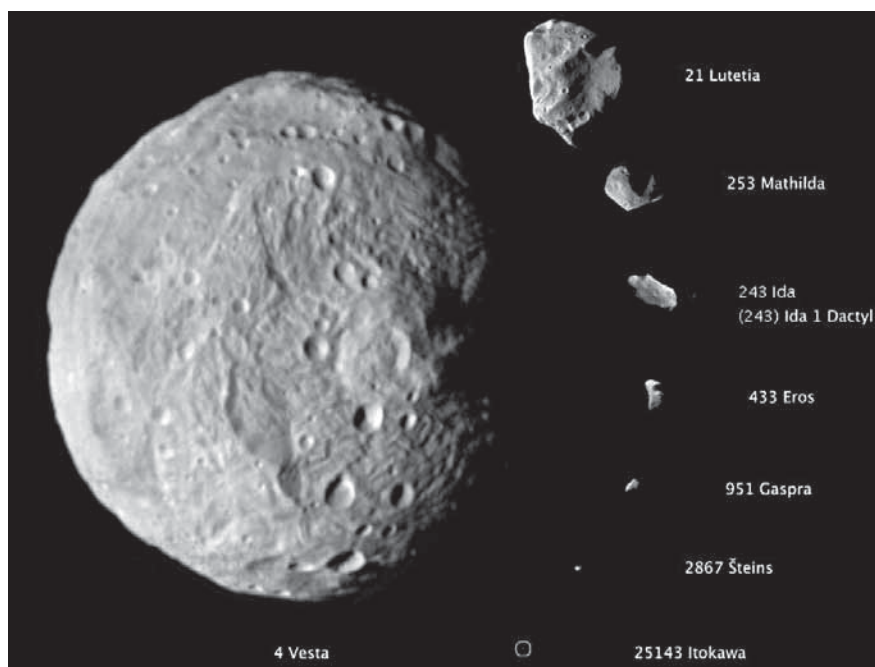
Очевидно, однако, что, кроме наблюдений за движением, необходимы исследования физических свойств (массы, плотности, состава) и структуры потенциально опасных астероидов, которые также могут влиять на изменение орбиты. Эти исследования важны од-

новременно и с прикладной (защита от астероидов), и с фундаментальной точек зрения. Дело в том, что малые тела Солнечной системы, такие как астероиды, кометы, ввиду того, что на них не происходила эндогенная активность, представляют собой первородный «строительный» материал, из которого сформировались планеты и их спутники. Поэтому изучение физико-химических свойств малых тел поможет открыть тайну формирования и эволюции планетной семьи. Например, ответить на вопросы, почему Венера, Земля и Марс, так похожие друг на друга изначально, развиваются столь различно, и какова в будущем судьба Земли — станет ли она похожа на раскаленную Венеру со сверхплотной атмосферой или холодный Марс

**Эффект Ярковского:**

- 1 – тепловое излучение астероида;
 2 – вращение астероида;
 2.1 – поверхность, освещаемая днем;
 3 – орбита астероида;
 4 – тепловое излучение Солнца.

**Составное изображение
 (в масштабе) астероидов,
 снятых в высоком разрешении.
 На 2011 г. это были
 (от большего к меньшему):
 (4) Веста, (21) Лютеция,
 (253) Матильда,
 (243) Ида и его луна Дактиль,
 (433) Эрос, (951) Гаспра,
 (2867) Штейнс, (25143) Итокава.**



с чрезвычайно слабой атмосферой? Занимаясь этими вопросами, фундаментальная наука в конечном счете также ищет пути безопасного развития Земли.

Сейчас в нашей стране проводятся работы по формированию экспедиции космического аппарата для исследований околоземного астероида. Основной его целью будет прецизионное определение параметров

орбиты последнего. Для чего планируется доставка на его поверхность радиомаяка, позволяющего длительное время (порядка десяти лет) определять параметры орбиты астероида и их возмущения. Другой важной целью станет изучение физико-химических характеристик этого небесного тела. Результаты такой экспедиции помогут прогнозировать сроки возможного

Одно из первых изображений астероида (951) Гаспра, полученных с космического аппарата. Передано зондом «Галилео» (NASA) в 1991 г. (цвета усилены).



столкновения астероида с Землей и разработать меры его предотвращения.

В зависимости от параметров орбиты, характеристик и свойств малого тела можно попытаться активно воздействовать на него, что заставит его изменить траекторию движения. Среди средств активного воздействия на астероид могут рассматриваться удар массивного тела по нему, либо длительное воздействие слабой силы, скажем, двигателя малой тяги космического аппарата, находящегося на поверхности астероида. В последнее время появилась идея использовать эффект Ярковского. Он заключается в том, что при вращении астероида появляется слабый реактивный импульс за счет теплового излучения от нагретшейся днем и остывшей ночью поверхности астероида. Это придает ему дополнительное ускорение, что постепенно изменяет параметры его орбиты. Величина и направление реактивного импульса зависят от скорости вращения, строения и физических параметров поверхности. Увеличение естественной реактивной силы могло бы произойти, если изменить поверхностные температуры угрожающего Земле астероида так, чтобы через десятилетия его орбита сместилась подальше от нашей планеты. Предложены методы изменения свойств поверхности астероида, однако сейчас они все еще кажутся фантастическими.

Интересно, что существует, по крайней мере, еще один перспективный аспект исследований астероидов, тоже связанный с безопасностью цивилизации, — использование ресурсов этих тел. Например, уже упомянутый астероид 2012 DA14, его масса составляет около 130 тыс. т, содержит 5% доступной для добычи воды, которую можно использовать при создании ракетного топлива для межпланетных космических аппаратов. Если же предположить, что 10% его массы составляют железо, никель и другие металлы (обычный состав для астероидов), то можно рассматривать малые тела уже как дополнительный источник полезных ресурсов, которые будут добывать вне Земли. Недавно американская компания Deep Space Industries (DSI) оценила стоимость ресурсов этого астероида в 195 млрд дол., не преминув заметить: добыча полезных ископаемых на нем пока экономически нецелесообразна.

Ввиду важности темы астероидно-кометной опасности настало время, чтобы проблемой планетарной защиты занялись не только ученые, но и политики, государственные руководители. Необходимы консолидированные усилия международного сообщества на основе решений, прежде всего ведущих государств мира, обладающих соответствующими научными знаниями и технологиями. Такие технологии есть в России, США, Китае, в странах Евросоюза, отчасти в Индии. Но потребуются очень масштабные усилия: научные, технические, организационно-управленческие — и затраты ресурсов будут огромными.

Это весьма важная тема для ее рассмотрения Россией и другими государствами и в двустороннем, и в многостороннем формате, включая все государства-члены ООН, ибо астероидно-кометная опасность является серьезнейшим фактором риска для земной цивилизации. Но инициативу на себя должны взять те страны, которые по праву наделены статусом постоянного члена Совета Безопасности ООН. Для этого можно было бы в рамках Комитета ООН по космосу создать специальный подкомитет: он будет координировать усилия государств-членов Совета Безопасности ООН и других держав, входящих в эту ведущую международную организацию, в создании системы планетарной защиты.

Этот подкомитет должен прежде всего создать единый международный центр мониторинга и реагирования на природные угрозы из космоса.

В настоящее время имеющиеся у ряда стран средства обнаружения, не говоря уже о средствах перехвата, нацелены на выполнение других задач. По-видимому, переориентировать их на задачи, связанные с угрозой человечеству из космоса, очень сложно. Скорее всего, речь должна идти о создании новой системы обнаружения, которая должна носить глобальный характер. Для этого могут быть использованы многие из уже имеющихся технологий, применяемые как в гражданском исследовании космоса, так и в военных целях — для задач, связанных с контролем космического пространства и противоракетной обороной (ПРО).

Специалисты отмечают: значительную роль в этом должны играть космические средства обнаружения, в частности, находящиеся на геостационарной орбите, работающие по всем тем азимутам, по которым может появиться грозящий падением на Землю астероид. Ученым и политикам следовало бы уже сейчас приступить к отработке соответствующего аванпроекта. Определенные заделы в нашей стране имеются, но

они должны быть проинтегрированы, скомплексированы, обеспечены соответствующим финансированием и государственным органом управления достаточно высокого уровня.

Крайне важно иметь адекватную систему слежения за космической обстановкой, обработки информации, а на более позднем этапе — и систему оперативного управления средствами космического перехвата с выдачей указания цели.

Задача создания эффективных средств перехвата представляется еще сложнее, чем обнаружения, слежения, оповещения. По многим параметрам она и более трудоемкая, чем создание сколько-нибудь эффективных систем ПРО. Речь должна идти, по-видимому, о нескольких эшелонах перехвата, включая их на дальних подступах к Земле и непосредственно вблизи от ее поверхности.

В настоящее время, видимо, наиболее реалистично выглядит система перехвата естественных космических объектов, основанная на ядерных технологиях. Безусловно, в дальнейшем могут быть созданы и другие, неядерные методы, но это дело отдаленного будущего.

Впрочем, и возможности использования термоядерных боезарядов в открытом космосе должны оцениваться достаточно реалистично. Ведь любой ядерный взрыв обладает такими поражающими факторами, как ударная волна, световое излучение (или тепловое воздействие), проникающая радиация, электромагнитный импульс и радиоактивное заражение местности. В условиях отсутствия атмосферы «не работает» такой важный поражающий фактор ядерного взрыва, как ударная волна, а проникающая радиация, электромагнитный импульс и радиоактивное заражение не способны сколько-нибудь значительно воздействовать на астероид или ядро кометы. Это может привести к «вымыванию» больших объемов вещества с их поверхности, что создаст реактивный эффект, изменяющий их орбиту. Но для этого требуется очень высокая точность при перехвате (необходимо попасть непосредственно в тело астероида или ядро кометы).

Если говорить о ракетах-перехватчиках наземного базирования, то это должны быть мощные средства, подобные носителю «Сатурн-5», созданному в США для реализации лунной программы, или советской ракете Н-1, которая разрабатывалась для этих же целей. Следует рассмотреть варианты и космических платформ для ракет-перехватчиков как пилотируемых, так и работающих в автоматическом режиме. Массогабаритные их характеристики были бы значительно меньшими, чем для средств перехвата наземного базирования. Однако при этом, конечно, потребуются большие затраты для создания таких платформ, на их вывод на соответствующие орбиты с ракетами-перехватчиками на борту.

Среди средств воздействия, способных изменить орбиты астероидов и комет, немаловажную роль призваны играть термоядерные заряды большой мощности — ими могут оснащаться ракеты-перехватчики наземного базирования. А для решения задач по уничтожению метеоритов и астероидов на подлете к Земле может быть использован опыт нашей страны в создании специализированных ядерных зарядов, которыми

оснащены противоракеты системы ПРО А-135, развернутой в Московском регионе. Такого опыта нет ни у кого в мире, включая США.

Здесь уместно напомнить, что одним из главных разработчиков сверхмощного термоядерного заряда, взорванного в свое время на полигоне Новая Земля, был выдающийся ученый академик Юрий Трутнев, и ныне плодотворно работающий в ядерном центре в Сарове.

Несмотря на то, что создание и поддержка системы планетарной защиты ставит перед человечеством множество весьма неординарных научно-технических, организационных, политических, юридических и других проблем, возможности для их решения следует искать. Представляется, что обеспечение безопасности нашей планеты следует рассматривать как своеобразный тест для человечества на его способность сохранить условия для процветания земной цивилизации на сотни миллионов лет...

В заключение стоит вспомнить, что столкновения с астероидами и кометами, которые сегодня мы называем не иначе, как угрозой людям, представляют собой неотъемлемый элемент жизни и нашей планеты, и всей Солнечной системы. Планеты, включая Землю, сформировались миллиарды лет назад за счет столкновений мелких фрагментов протовещества. Кометы, скорее всего, принесли на Землю всю ту воду, которая наполняет сейчас моря и океаны. Не случайно одна из наиболее популярных теорий происхождения жизни на Земле связывает занос «спор жизни» на планету именно с кометами. И наконец, столкновение гигантского астероида с Землей около 65 млн лет назад привело к исчезновению динозавров и выходу на авансцену истории мелких млекопитающих, включая предков человека — того самого, который сегодня задумался о том, как избежать астероидно-кометной опасности.

И совсем простое замечание напоследок. На уроках гражданской обороны, которые в середине XX в. каждый советский школьник обязан был посещать, учили очень полезным вещам. На уроке о поражающих факторах ядерного взрыва главным было правило: увидев яркую вспышку, ты должен немедленно накрыться простыней, лечь на пол и отползти как можно дальше от окна.

В Челябинске у раненных осколками стекол была целая минута, чтобы выполнить эти немудреные действия. Увы, уроки советской школы давно забыты старшим поколением, а в современном школьном курсе о таких неполицорректных вещах, как ядерный удар вероятного противника, кажется, вообще не говорится. Так что возобладало естественное человеческое любопытство, и все прильнули к окнам, любуясь уникальным природным спектаклем. Впрочем, будем справедливы: речь идет не только о том, чтобы знать о последствиях ядерного взрыва, но и о том, чтобы соотнести эти знания с похожим природным явлением — падением небесного тела. Видимо, самое время ввести в школьный курс новую главу — «Что делать, если вы видите пролет метеорита?». Предупрежден — значит вооружен.

В ПОИСКАХ ЖИЗНИ НА МАРСЕ



Завершилась первая фаза научно-исследовательской миссии американского марсохода «Кьюриосити» (от англ. Curiosity — любопытство), совершившего в августе 2012 г. успешную посадку в кратере Гейла, расположенном на экваторе Красной планеты. Работу специалистов НАСА и Лаборатории реактивного движения (JPL, г. Пасадена, штат Калифорния), управляющих «машиной» и разработавших ее конструкцию, научную аппаратуру для функционирования на поверхности Марса, уже оценили как «беспрецедентный технологический подвиг», «огромный шаг вперед в исследовании планет». Свой вклад в

проект «Марсианская научная лаборатория» (Mars Science Laboratory — MSL) внесла и наша страна. Ее участие определено соглашением между НАСА и Федеральным космическим агентством «Роскосмос», по заказу которого в Институте космических исследований (ИКИ) РАН* сделали прибор ДАН (динамическое альbedo** нейтронов) для сбора информации

* См.: Л. Зеленый, К. Пичхадзе. От магнитосферы Земли до марсианского спутника; Л. Зеленый, Ю. Зайцев. Ради познания Вселенной. — Наука в России, 2005, № 5 (прим. ред.).

** Альbedo (от лат. albus — белый) — характеристика отражательной (рассеивающей) способности поверхности материала (прим. ред.).



Модели трех поколений марсоходов, разработанных в Лаборатории реактивного движения НАСА (Пасадена, штат Калифорния), в сравнении: «Соджорнер» (самый маленький), «Оппортьюнити» (средний) и «Кьюриосити» (самый большой).

Манипулятор марсохода «Кьюриосити».

о наличии в недрах Красной планеты запасов воды и водородсодержащих соединений. Заметную роль в создании этого комплекса и подготовке космического эксперимента сыграли также сотрудники Всероссийского научно-исследовательского института автоматики им. Н.Л. Духова, Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН (Москва) и Объединенного института ядерных исследований (г. Дубна). Пресс-служба ИКИ РАН, постоянно информирующая о последних новостях с Марса, сообщила, в частности, что эксперимент ДАН на далекой планете проходит с участием ведущих ученых JPL, университетов штата Аризона и штата Теннесси, Брауновского университета США.

Напомним, проект MSL общей стоимостью 2,5 млрд дол. стартовал в 2004 г. Его главное звено — исследовательский аппарат «Кьюриосити» — представляет уже третье поколение марсоходов, значительно превосходящих по возможностям предшественников: небольшого по размеру «Соджорнер» («Sojourner»), более крупных «Спирит» («Spirit») и «Оппортьюнити» («Opportunity»), также разработанных в JPL. «Кьюриосити» стал крупнейшим аппаратом за всю историю исследования планеты: его масса — 900 кг, длина ~3 м, ширина 2,8, высота 2,1 м (с учетом мачты крепления камеры). Ровер оснащен роботизированной рукой, имеющей 5 степеней свободы, тремя парами колес диаметром 50 см, каждое из них приводится в движение «индивидуальной» силовой установкой. Передняя и задняя подвески снабжены специальными поворотными механизмами. Аппарат может преодолевать препятствия высотой 75 см и делать полный разворот на 360° на месте. Двигательная установка «разгоняет» его до 3,5 см в секунду. Ядерный источник питания способен обеспечить работу «Кьюриосити» как минимум в течение одного марсианского года (686 земных суток). На борту лаборатории установлены 10 научных инструментов общей массой 75 кг для детальных геологических и геохимических исследований, изучения атмосферы и климата планеты, поиска воды и органических веществ. И все



это для решения основной задачи — подтвердить или опровергнуть гипотезу о существовании форм жизни на Марсе. Ряд важнейших открытий, в том числе с помощью российского прибора, утверждает пресс-служба ИКИ РАН, марсоход уже сделал.

ДАН, согласно опубликованному сообщению, провел продолжительные измерения нейтронной компоненты естественного радиационного фона на Марсе в районе посадки и выполнил несколько десятков сеансов активных измерений с облучением короткими импульсами нейтронов высоких энергий поверхности Красной планеты в различных точках вдоль трассы движения марсохода. Причем оба блока прибора, которым управляет группа московских специалистов под руководством заведующего лабораторией космической гамма-спектроскопии ИКИ РАН доктора



Место посадки марсохода «Кьюриосити».



Автопортрет «Кьюриосити». 1 ноября 2012 г.

физико-математических наук Игоря Митрофанова*, работают штатно без замечаний.

Обработка полученных данных, сообщает пресс-служба института, показала наличие в породе под поверхностью водорода. Ученые полагают, что он связан с молекулами воды или гидроксила, входящих в состав минералов на дне кратера Гейла.

Совместив результаты измерений с численным моделированием, специалисты пришли к выводу: в тонком слое грунта толщиной до 20–30 см содержание воды очень мало и не превышает 1% по массе (если весь наблюдаемый водород находится в молекулах воды, то ее масса составит 1% от всего объема грунта). Но под сухим слоем, подчеркивают эксперты, находится вещество с относительно высоким содержанием воды, количество которой значительно меняется вдоль маршрута движения ровера и в отдельных местах превышает 4% по массе. Экспериментальные результаты, полученные ДАНОм, по сути подтвердили первые сообщения исследователей НАСА о том, что марсоход совершил посадку в русле древнего ручья, некогда впадавшего в обширный водоем на дне кратера Гейла.

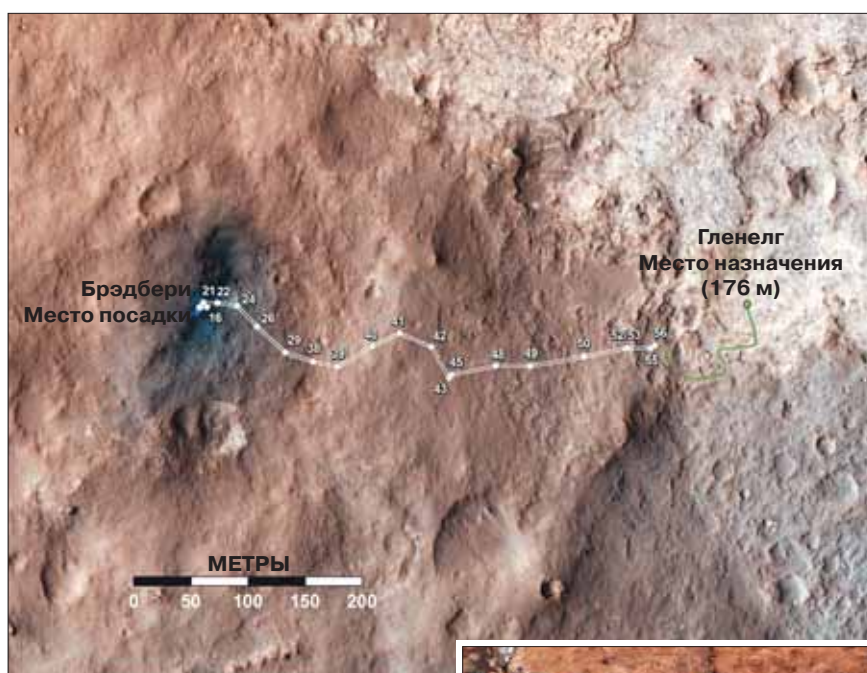
В феврале 2013 г. аппарат высверлил первую лунку и взял для анализа образцы марсианской породы. Заместитель директора НАСА по науке Джон Грюнсфелд назвал это событие самым крупным достижением миссии с момента эпохального «шестивия» «Кьюриосити» по Марсу. Местом для забора грунта стала отстоящая на 650 м от его посадки небольшая впадина, названная бухтой Желтый Нож (Yellowknife Bay). Поверхность здесь заметно отличается от той, где сел

ровер: она испещрена бледными прожилками, содержащими, по мнению экспертов, сульфат кальция и мельчайшие крупинки того, что сегодня называют осадочными породами. Если раньше марсоход вел приповерхностные наблюдения (в основном анализу подвергалась пыль), то теперь ставка была сделана на сбор грунта с небольшой глубины, чтобы проанализировать состав породы, не подвергавшейся атмосферному воздействию и солнечному излучению.

Для бурения специалисты НАСА выбрали плоскую плиту «Джон Клейн», названную в память об инженере миссии, скончавшемся в 2010 г. Программу забора образцов разделили на несколько этапов. На первом проверяли прочность выбранного участка: сверло, работавшее в режиме долота, проделывало в камне небольшие углубления. На втором этапе оно вращающимся движением сделало в скале пробное, а затем и основное отверстие диаметром 1,6 см, глубиной 6,4 см. На третьем полученный порошок собрали в специальный контейнер, рассортировали в зависимости от размеров, объема составляющих его частиц и отправили для анализа в бортовые лаборатории — спектрометр CheMin (Chemistry and Mineralogy) и газовый анализатор SAM (Sample Analysis at Mars).

Обработка грунта — процесс не скорый, но уже первые результаты указали на присутствие в нем серы, азота, водорода, кислорода, фосфора и углерода — основных строительных материалов для живых организмов. Из этого ученые сделали предположение: Марс, как и ранняя Земля, 4 млрд лет назад был неким оазисом с комфортной для живых существ температурой, давлением и полноценной атмосферой. А потому ответ на главный вопрос миссии — могла ли окружающая среда на Марсе быть пригодной для жизни? — можно считать утвердительным.

* См.: И. Митрофанов. Разгадывая марсианские тайны. — Наука в России, 2002, № 6; И. Митрофанов. От лунной гонки к освоению Луны. — Наука в России, 2006, № 6 (прим. ред.).



Путь, пройденный «Кьюриосити» от места посадки до района Гленелг.



Марсианский и земной (справа) гравий.

Однако, как заявил в марте 2013 г. на пресс-конференции в Вашингтоне, посвященной итогам первого бурового «сеанса», научный руководитель проекта Джон Гротцингер, для подтверждения этих результатов марсоходу предстоит провести еще не одно бурение. Образцы, полученные из подповерхностного слоя, отметил он, сильно отличаются от тех, какие аппарат видел на поверхности. Собранные данные показали: ровер действительно находится в устье древней речной системы или в районе древнего пересыхающего озера. И в те далекие времена влажная среда могла создавать условия, пригодные для микробной жизни. А найденные при анализе различные

типы соединений серы, возможно, служили источниками энергии для этих микроорганизмов.

В образце нашли 20–30% смектита, относящегося к группе глинистых минералов. Высокий процент его содержания также указывает на наличие в марсианском прошлом пресной воды. Причем она была с нейтральной либо слегка кислой реакцией, о чем свидетельствует обнаруженный в составе породы сульфат кальция. Следует отметить, специалисты НАСА впервые с такой определенностью говорили о жизненном потенциале Красной планеты в прошлом.

После добычи «Кьюриосити» первого образца грунта появились комментарии и отечественных специ-

С помощью бура, установленного на руке-манипуляторе, марсоход высверлил лунку глубиной 6,4 см и диаметром 1,6 см в плоской плите кратера Гейла.



алистов. Ведущий научный сотрудник ИКИ РАН доктор физико-математических наук Максим Литвак заявил «Российской газете»: «По сути, сейчас на Марсе найдены предпосылки для возникновения жизни, которые есть на Земле. А вот возникла ли она на Красной планете — большой вопрос. Прямых доказательств каких-либо продуктов жизнедеятельности пока нет. Вообще сообщения, что на Марсе обнаружены следы жизни, появляются периодически. К ним надо относиться трезво и осторожно. С одной стороны, НАСА проделало огромную работу: впервые удалось взять пробы грунта и изучить их в лаборатории прямо на Марсе. Это большое достижение. Но, с другой стороны, надо понимать, насколько сложны эти исследования. Даже на Земле в таких вопросах ученым непросто разобраться, а тут ими занимается автомат на Марсе. Поэтому с интерпретациями результатов надо быть очень осторожными. Впрочем, американцы не делают окончательных выводов, не говорят, что нашли жизнь. Формулировка обтекаемая: обнаружены условия для ее возникновения».

Такой же точки зрения, изложенной ИТАР-ТАСС, придерживается и научный руководитель проекта ДАН Игорь Митрофанов. «В первую очередь, я хочу отметить, что как таковой жизни на Марсе не нашли», — подчеркнул он. По его мнению, анализ взятого «Кьюриосити» вещества свидетельствует только о том, что «на планете в древнюю эпоху были природные условия для существования примитивной жизни. Но это не означает, что она там была».

Около 4 млрд лет назад, утверждает Митрофанов, Марс действительно был очень похож на раннюю Землю. Однако условия там сильно изменились в результате природной катастрофы. Скорее всего, отметил он, планета столкнулась с очень крупным асте-

роидом, в результате чего фактически все потеряла: сильное магнитное поле и толстую атмосферу. При этом «приобрела» большие суточные и сезонные вариации температуры. Климат на ней стал холодным и сухим.

Ученый сомневается в том, что на современном Марсе можно обнаружить следы жизни, но полностью этого не исключает. Однако с уверенностью говорит: «Нужно исследовать новые районы, двигаться дальше, делать новые анализы в различных местах кратера Гейла... Прямым свидетельством существования жизни на Марсе будет обнаружение сложных органических молекул, которые могли возникнуть только в примитивном живом организме. Но их признаков пока нет».

В 2013 г. инженеры НАСА намерены повторить бурение плиты «Джона Клейна», а затем «Кьюриосити» продолжит путь к подножию расположенной в центре кратера горы Шарп, представляющей собой слоеный пирог из осадочных пород. Именно она, считают эксперты, содержит информацию о миллионах лет истории Марса. Это станет конечной точкой путешествия марсохода.

*По материалам пресс-службы
Института космических исследований РАН
Фото NASA/JPL-Caltech/Malin Space Science Systems
Материал подготовила Марина ХАЛИЗЕВА*

ЭФФЕКТИВНАЯ ИНВЕСТИЦИЯ В НАУКУ

Марина МАЛЫГИНА, журналист

18 апреля в Москве на торжественном мероприятии, проходившем в пресс-центре ИТАР-ТАСС, Международный комитет по присуждению премии «Глобальная энергия» объявил имена двух лауреатов 2013 г. Ими стали директор Объединенного института высоких температур РАН академик Владимир Фортов (Россия), внесший весомый вклад в исследования теплофизических свойств плазмы и развитие мощных импульсных энергетических устройств, и генеральный управляющий Yoshino Laboratory доктор инженерных наук Акира Йосино (Япония), создавший новаторские литий-ионные аккумуляторы для информационных и коммуникационных устройств, электрических и гибридных транспортных средств.

«Глобальная энергия» — первая персональная награда в мировой фундаментальной и прикладной науке, присуждаемая за выдающиеся открытия и разработки в сфере энергетики. Идею морального и материального поощрения талантливых отечественных и зарубежных ученых, исследователей и специалистов, работающих в этой области, предложил в 2001 г. на встрече с Президентом РФ академик Жорес Алфёров вскоре после вручения ему Нобелевской премии. А в ноябре 2002 г. на саммите глав государств России и Евросоюза Владимир Путин публично объявил об учреждении «русского энергетического Нобеля» (так неофициально именуют «Глобальную энергию»). Первыми в 2003 г. его получили американец профессор Иллинойского университета Ник Холоньяк за осно-

вополагающий вклад в создание кремниевой силовой электроники и изобретение полупроводниковых светодиодов в видимой области спектра, а также российский академик, вице-президент РАН Геннадий Месяц и доктор Ян Смит из США за фундаментальные исследования и разработку мощной импульсной энергетики. С тех пор обладателями престижной награды стали 29 ученых из Великобритании, Германии, Исландии, Канады, России, США, Украины, Франции и Японии.

Финансовый фонд премии формируют ведущие отечественные энергетические компании — члены Некоммерческого партнерства. В этом году ее спонсорами стали «Газпром», «ФСК ЕЭС» и «Сургутнефтегаз». «Федеральная сетевая компания шестой год подряд поддерживает проведение международной научной



**Лауреат Международной премии
«Глобальная энергия» 2013 г.
доктор инженерных наук Акира Йосино
(Япония).**

**Лауреат Международной премии
«Глобальная энергия» 2013 г.
академик Владимир Фортов (Россия).**

премии, — отметил на пресс-конференции первый заместитель председателя правления «ФСК ЕЭС» Андрей Казаченков. — Для нас большая честь участвовать в этом мероприятии. Мы всегда стремимся поддерживать научные исследования в области энергетики. Нами разработана долгосрочная программа инновационного развития, признанная одной из лучших в Российской Федерации. Мы считаем, что модернизация электросетевого комплекса невозможна без развития фундаментальной и прикладной науки». Выступивший затем заместитель генерального директора «Сургутнефтегаза» Вячеслав Никифоров объявил, что размер денежной части «энергетического Нобеля» в 2013 г. составит 33 млн руб.

По словам модератора пресс-конференции и президента Некоммерческого партнерства Игоря Лобовского, в этом году в процедуру выдвижения и отбора лауреатов введены новшества, позволяющие премии с организационной точки зрения выйти на уровень самых значимых в мире. И главное среди них — создание института международных экспертов. На первом этапе, отметил он, более 2,5 тыс. ученых из 57 стран получили анкеты с предложением выдвинуть кандидатов в лауреаты. Кстати, право на это имеют обладатели Нобелевской премии, «Глобальной энергии», лауреаты международных премий Киото (Япония), Макса Планка (Германия), Вольфа (Израиль) и Балцана (Италия), а также члены РАН, включая иностранных, представляющие отделения наук о Земле, физических наук, химии и наук о материалах, энергетики,

машиностроения, механики и процессов управления. В результате выдвижения в комитет поступило 82 заявки. Далее группа из 40 экспертов проанализировала каждую и составила короткий список, куда вошли 8 человек. На финальном заседании 17 апреля Международный комитет по присуждению премии, в этом году впервые возглавляемый иностранным специалистом — доктором Родней Джоном Алламом из Великобритании, тайным голосованием выделил двух из них — Владимира Фортова и Акира Йосино. Их имена держали в секрете, и только на пресс-конференции Аллам, в недавнем прошлом сам лауреат двух престижных премий — Нобелевской (2007 г.) и «Глобальной энергии» (2012 г.), раскрыл интригу. Он же впервые огласил шорт-лист номинантов. В него вошли, кроме названных победителей, Игорь Горынин и Ашот Саркисов (Россия), Джон Гуденоф и Джордж Ола (США), Рашид Язами (Сингапур) и Антонио Луке (Испания).

Аллам и председатель Наблюдательного совета академик Николай Лаверов, согласно сложившейся традиции, в присутствии журналистского корпуса по телефону поздравили лауреатов и пожелали им успехов. Награжденные поблагодарили Международный комитет и пообещали продолжить исследования, связанные с решением энергетических проблем на нашей планете. «Для меня большая неожиданность и большая честь стать лауреатом премии, которую справедливо считают наиболее престижной в энергетической сфере, — сказал Владимир Фортов. — Это награда не только мне, но и моим сотрудникам, с которыми были



Участники пресс-конференции
в зале ИТАР-ТАСС.

Председатель Международного комитета
по присуждению премии
«Глобальная энергия» Родней Джон Аллам
(Великобритания).

выполнены сложные расчеты и трудные эксперименты в области экстремально высоких давлений и температур».

Журналисты, воспользовавшись возможностью вступить в диалог с лауреатами, первым же вопросом, на что будет потрачена внушительная денежная часть премии, поставили Йосино в тупик. После продолжительной паузы профессор признался, что не думал об этом, но точно знает, какие дальнейшие шаги надо сделать на профессиональном поприще: он связывает их с разработкой новых аккумуляторных систем, открывающих перспективы для массового использования таких источников энергии в электромобилях.

Представители средств массовой информации поинтересовались у руководства Международного комитета, не является ли факт ежегодного выбора лауреатами российских ученых некоторым «нажимом сверху»? Аллам на это отреагировал так: «Процедура номинирования на премию «Глобальная энергия» абсолютно прозрачна». А Игорь Лобовский добавил: «Я понимаю, что это может показаться установкой, однако это не так. В Положении о премии сказано: лауреатом может стать любой номинант, вне зависимости от страны проживания. За 11 лет существования премии нашими лауреатами стали 29 граждан из 9 стран. Решения принимаются Международным комитетом в результате тайного голосования».

На пресс-конференции Николай Лаверов высоко оценил достижения обоих соискателей и их вклад в развитие энергетической инфраструктуры, создание и внедрение инноваций, прорывных технологий. При этом особенно подчеркнул практическую значимость их работ.

Академик Фортон свой творческий путь в науке начал в 1970-х годах с уникальных экспериментальных и теоретических исследований свойств плотной плазмы. Расчеты молодого ученого, проводившиеся в подмосковной Черноголовке — в Отделении Института хи-



мической физики АН СССР (ныне Институт проблем химической физики РАН), привели к созданию общей теории построения полумпирических широкодиапазонных уравнений, позволяющих сквозным образом описывать термодинамику вещества в различных агрегатных состояниях с учетом фазовых превращений. Академик Яков Зельдович, представляя работу Фортон на сессии АН СССР, отметил: комплекс его исследований знаменует появление нового направления — динамической физики неидеальной плазмы.

Медаль лауреата премии
«Глобальная энергия».



Мобильный комплекс на основе
взрывомагнитных генераторов
для испытания на молниестойкость
энергетических объектов.



При этом ученый параллельно изучал термомеханические, кинетические и прочностные характеристики конструкционных материалов, взрывчатых веществ и твердых ракетных топлив в условиях импульсного ударноволнового нагружения. Накопленный в этой области опыт пригодился в начале 1980-х годов, когда группа экспериментаторов под руководством академика Роальда Сагдеева приступила к реализации Международной космической программы «Вега», направленной на изучение Венеры и кометы Галлея.

В рамках проекта, реализованного в 1984 г., были созданы два аппарата — «Вега-1» и «Вега-2», отвечавшие высоким требованиям к противометеоритной защите. Эту задачу решал Фортов. Вместе с сотрудниками он провел серию вычислительных и физических экспериментов и разработал модель разрушения экранов «Веги» под действием ударов микрометеоритов. Созданная в итоге защита аппарата выполнила свою миссию, а использованные компьютерные коды затем были адаптированы для решения проблем астероидной опасности*.

Общепризнанным, практическим вкладом в науку, заметил Лаверов, стали работы Владимира Евгеньевича по защите электросетей, особенно на раннем этапе передачи энергии потребителю. К примеру, в высоковольтных сетях напряжением 220 кВ и выше часто возникает ток короткого замыкания. В таких случаях надо действовать быстро: отключить линию, перераспределить нагрузки в реальном масштабе времени и тем самым парировать аварию. Но для этого нужны новые современные методы ограничения больших токов. В возглавляемом с 1992 г. Фортвым Объединенном институте высоких температур РАН** сделали специальные устройства — размыкатели, способные за несколько микросекунд разрывать килоамперные токи.

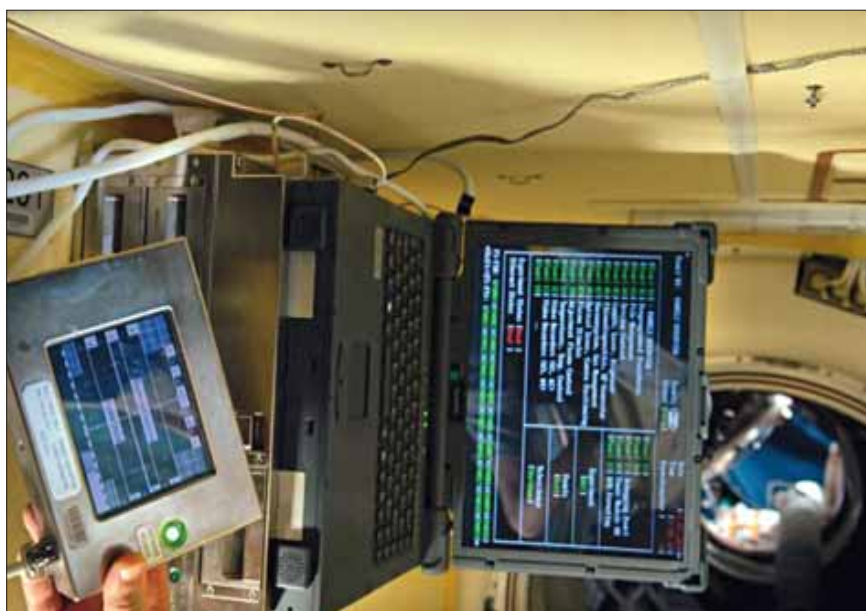
Здесь нашли решение и другой похожей проблемы. При попадании молнии в линию электропередачи происходят перенапряжения сети, короткие замыкания, ложное срабатывание автоматики и т.д. Для проверки заземления, систем ограничения тока и работоспособности другого электротехнического оборудования в институте разработали мобильные источники импульсных токов. Настроенные на полномасштабную имитацию искрового разряда, они тем не менее

* См.: Л. Зеленый, В. Есин, А. Кокошин. Астероидно-кометная опасность. — В этом номере журнала (прим. ред.).

** См.: В. Фортов. Вверх по шкале высоких температур. — Наука в России, 2011, № 2 (прим. ред.).



**Научный эксперимент
«Плазменный кристалл»
на Международной космической
станции. 2010 г.**



могут размещаться в кузове серийного грузовика. С помощью такой техники можно испытывать на устойчивость к воздействию тока и электромагнитного поля молнии не только ЛЭП, но и АЭС, телекоммуникационные устройства, ракетные комплексы и другие масштабные энергетические объекты.

Многообещающим по перспективам применения стал проводимый в настоящее время под руководством Владимира Фортова цикл экспериментов «Плазменный кристалл» по изучению структурных и динамических свойств плазменно-пылевых кристаллов и жидкостей в широком диапазоне температур и давлений. Начатый в 1998 г. в кооперации с Институтом внеземной физики Международного общества Макса Планка и Немецким космическим агентством на орбитальном комплексе «Мир», он теперь продолжается на Международной

космической станции. Более 10 лет ученые проводят опыты по заморозке ионизированного газа в условиях невесомости, благодаря чему удалось получить так называемую пылевую плазму, содержащую помимо электронов, ионов и нейтральных частиц сильно заряженные пылинки микронных размеров, способствующие образованию упорядоченных структур — плазменной жидкости или кристаллов. Подобные образования широко распространены в природе (планетарные кольца, кометные хвосты, межзвездные облака), они также встречаются в устройствах для термоядерного синтеза. «Как только человечество научится получать пылевую плазму, оно обретет ключ к принципиально новым технологиям», — сказал в интервью «Новым известиям» Владимир Фортов. Ее можно будет использовать, например, в электронике при производстве микросхем,

**Литий-ионный аккумулятор
для ноутбука.**



**Литий-ионный аккумулятор
для питания мобильного телефона.**

а также для выращивания искусственных алмазов. Существуют и другие, не менее заманчивые области применения плазменно-пылевых кристаллов. По мнению ученого, с их помощью можно создать уникальный «пылесос», обезвреживающий радиоактивные выбросы при ядерных авариях, и принципиально новый тип двигателей для космических аппаратов, что сделает реальностью полеты к другим звездным мирам.

Профессора Акира Йосино Николай Лаверов выделил как ведущего специалиста в области литий-ионных аккумуляторов — самых популярных сегодня источников питания для сотовых телефонов, ноутбуков, цифровых фотоаппаратов. При этом они признаны перспективными для использования в качестве тяговых батарей для электротранспорта.

Первые идеи литий-ионных аккумуляторов появились в начале 1950-х годов, но эффективно работающие устройства на литии были созданы только в конце 1980-х, чему в немалой степени способствовали

разработки Акира Йосино. Получив в 1972 г. степень магистра в области машиностроения в одном из лучших в Японии Киотском университете, он поступил на работу в корпорацию «Асахи касэй» («Asahi Kasei»), специализирующуюся на продукции химической промышленности и производстве электронных устройств. Здесь Йосино приступил к изучению и созданию литиевых аккумуляторов (перезаряжаемых батареек) для разработок фирмы и продвижению их на рынок.

Литий — очень легкий металл, вдвое легче воды. Но в то же время обладает огромным электрохимическим потенциалом. Это свойство дает возможность создавать на его основе батареи и аккумуляторы с очень высокой плотностью сохраняемой энергии при минимальных размерах и массе. Их рыночную стоимость сегодня оценивают примерно в 2 млрд дол. в год.

Первые серийные литиевые аккумуляторы, появившиеся в 1980-х годах, для своего времени обладали превосходными свойствами: быстро заряжались и



**Литий-ионный аккумулятор
для электромобиля
Nissan Leaf.**

разряжались, имели хорошую емкость. Однако при увеличении числа циклов зарядки-разрядки на аноде образовывались дендритообразные (с древовидной ветвящейся структурой) кристаллы лития, прораставшие до катода и провоцирующие тем самым внутриэлементное короткое замыкание. Поэтому использование первого поколения литиевых аккумуляторов было ограничено из-за высокой взрывоопасности.

Коммерчески успешными стали устройства на основе кобальтата лития (LiCoO_2), адсорбируемого на коксовых аноде и катоде. При соблюдении условий разряда-заряда данные элементы оказались достаточно безопасными в плане взрыва и нашли широкое применение в продукции японской фирмы Sony.

Инновационные разработки Йосино относятся к следующему поколению аккумуляторов — литий-ионным*, над которыми он работал с 1981 г. (основную концепцию ему удалось завершить в 1985 г., а коммерциализировать продукт — в 1992-м). Новая система батарей отличалась тем, что в качестве анода в них использовали углерод, графит-слоистую структуру, имеющую между пластинами достаточно значительный «зазор», куда могут интеркалировать (проникать) другие атомы. Таким свойством обладает и литий: при зарядке-разрядке аккумулятора он образует соединение LiC_6 , в котором атомы металла внедрены в графит. Причем реакция его образования обратима: при зарядке углерод заполняется литием, при разрядке тот уходит из него. Это позволяет избежать возникновения тех самых «дендритов» на литиевом аноде. В качестве классического катода использовался кобальтит лития (LiCoO_2). За новаторство в области аккумуляторных батарей Йосино получил премии Химического общества Японии (1999 г.), Фонда развития Итимура (2001 г.) и Японского института изобретений и инноваций (2003 г.).

Литий-ионные аккумуляторы, обладая огромным потенциалом, дают ученым повод для их усовершенст-

вования. В 2003 г. специалисты Массачусетского технологического института (США) впервые предложили в качестве катодного материала феррофосфат лития (LiFePO_4) — это соединение наиболее перспективно для промышленного использования. Например, эксплуатация электромобиля с таким аккумулятором значительно дешевле бензинового. Недорогие, безопасные, высокоэнергоэффективные, экологичные батареи для транспорта сегодня являются предметом научного интереса Акира Йосино.

На пресс-конференции журналисты не упустили возможность задать академику Лаверову вопрос о том, какие достижения, открытия и изобретения, обеспечивающие новые возможности в развитии энергетики, могли бы быть выдвинуты на Международную премию «Глобальная энергия» в ближайшие годы. Николай Павлович, недавно побывавший в США, где посетил месторождения сланцевой нефти и газа, а также принимал участие в обсуждении проблем их освоения, сказал, что именно в сфере альтернативных источников углеводородов следует ожидать прорывных открытий. По оценкам специалистов, общие запасы горючих сланцев в мире составляют порядка 650 трлн т. Из них можно получить до 26 трлн т нефтеподобного сырья. Вероятно, объем сланцевой нефти в 13 раз больше запасов традиционной. При нынешнем уровне потребления этих энергоресурсов с лихвой хватит на 300 лет непрерывной добычи. «Могу сказать, что Соединенные Штаты впервые в своей истории практически решили проблему обеспечения собственным углеводородным сырьем высокоразвитой экономики. Полагаю, этот факт не может пройти мимо внимания нашего комитета», — заключил ученый.

* См.: М. Хализева. Литий-ионные аккумуляторы из Сибири. — Наука в России, 2012, № 3 (прим. ред.).

НОВЫЙ ПРЕПАРАТ РЕГЕНЕРАТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ



Современную медицину невозможно представить без инновационных лекарств. Но наша фарминдустрия пока сильно отстает от мировой: мы производим, как правило, давно известные отечественные или далеко не новые препараты — копии зарубежных, так называемые дженерики. При этом в портфелях отечественных фармакологов достаточно собственных перспективных разработок. Однако из-за отсутствия должного финансирования и многоступенчатой процедуры регистрации, длящейся у нас от 3 до 5 лет, новинку сложно довести до производства. Оздоровить ситуацию должна принятая в 2008 г. федеральная целевая программа «Развитие фармацевтической и медицинской промышленности Российской Федерации на период до 2020 года и дальнейшую перспективу» («Фарма-2020»). Ее основная цель — повысить внутреннюю и внешнюю конкурентоспособность нашей промышленности, что должно привести к росту обеспечения населения, учреждений здравоохранения лекарственными средствами отечественного производства. Причем «Фарма-2020» предполагает изме-

нение не только количественных, но и качественных характеристик за счет существенного увеличения доли инновационных препаратов (до 60% от общего выпуска), содержащих оригинальное по структуре и механизму действия активное вещество, влияющее на конкретную биологическую мишень. Недавно представленный специалистами томского НИИ фармакологии СО РАМН и новосибирской компании «СФМ-Фарма» G5, заставляющий мозг человека вырабатывать стволовые клетки, необходимые для восстановления больных органов, — из этого списка инновационных средств. О подходах в разработке нового класса лекарств XXI в. информационному portalу Medicinarf и РИА «Новости» рассказали руководители коллективов-разработчиков G5 — академик РАМН Александр Дыгай (Томск) и Андрей Бекарев (Новосибирск).

Интерес к использованию стволовых клеток, сообщил Дыгай, начался примерно 15 лет назад, и сегодня эта тема в числе самых популярных в мировой медицинской науке. Лечебный потенциал такого биоматериала



**Главный научный корпус томского
НИИ фармакологии СО РАМН.**



**Производственный корпус компании
«СФМ-фарма» в наукограде Кольцово
Новосибирской области.**

териала трудно переоценить: его можно применять в борьбе с многочисленными недугами, начиная с онкологических опухолей, патологий печени и заканчивая косметическими коррекциями. Однако не все современные методы терапии, например, инъекции стволовых клеток, размноженных вне организма и введенных человеку, признаны эффективными. Более того, они связаны с определенными рисками, к каковым относят гистологическую совместимость, реакции отторжения, малигнизацию (развитие процессов превращения тканей в злокачественные). Специалисты НИИ фармакологии пошли иным путем: они изыскали способ достаточно быстрой регенерации спасительных клеток внутри организма — в мозге человека.

Этой темой, заметил Дыгай, томская медицинская школа занималась как минимум последние 30–40 лет. Начиная работу академик РАМН Евгений Гольдберг, а продолжившие его дело ученики стали едва ли не первыми экспериментаторами в области регенеративной медицины. Изучая поведение эндотенных стволовых клеток на разных моделях патологий (сахарный диабет, хронические гепатиты, энцефалопатии, деструктивные изменения в легких), они

выяснили: последние слабо участвуют в регенерации внутренних органов, т.е. реакцию они, несомненно, дают, но недостаточную для стимуляции восстановительных процессов. Проблему усугубляет возраст: чем старше человек, тем стремительнее он теряет запас «починочного» материала и его активность. Как повлиять на эти процессы? С помощью лекарственных веществ, активизирующих выброс собственных стволовых клеток, способных восстанавливать затронутые болезнями органы и ткани, утверждают томские ученые.

«Мы стимулируем выход стволовых клеток из так называемых органов-депо, — подчеркнул Дыгай, — они мигрируют через периферическую кровь в пораженный участок — печень, головной мозг, поджелудочную железу, легкие, где дифференцируются и восстанавливают функцию органа». Причем за счет увеличения (примерно на 40%) их выброса и функциональной активности оказалось возможным добиваться стойкой ремиссии и даже исчезновения многих недугов, до настоящего времени не поддававшихся лечению.

G5 — один из первых в мире препаратов для применения в регенеративной медицине — обладает имен-

**Директор компании
«СФМ-фарма» Андрей Бекарев.**
Фото Виталия Волобуева

но таким действием. Сейчас НИИ фармакологии и их партнеры из «СФМ-фарма» завершают его доклиническое тестирование на животных. Уже получены первые, вполне оптимистичные результаты. В частности, ученые следили за выздоровлением мышей с токсическим циррозом печени. Обычно при запущенном процессе ничего, кроме пересадки органа, не спасает. Но в эксперименте мышей с начальным циррозом удалось излечить полностью. Иными словами, G5 восстанавливал и паренхиматозную часть, и строму печени.

Не менее любопытными оказались итоги его тестирования на эмбриональную токсичность. Мышам давали высокую дозу препарата, подсаживали им уже оплодотворенные яйцеклетки, а потом смотрели, сколько из них выжило. Почти 100% яйцеклеток развились и выросли до взрослых особей. При повторном опыте результаты подтвердились. Значит, в будущем G5 будут исследовать как лекарство для восстановления репродуктивных функций.

Сенсацией стал и другой эксперимент сибиряков, сообщает РИА «Новости», давший повод экспертам назвать G5 «таблеткой от старости». Как рассказал агентству Бекарев, 12-месячных грызунов разделили на контрольную и опытную группы, участникам последней вводили препарат через рот. «С 18-месячного возраста возникла существенная разница между мышами, — заметил он. — Более 30% контрольной группы умерли от старости, все мыши имели признаки старения: облысение, артроз лапок, снижение веса, изменение биохимии крови... Опытная группа имела массу тела в два раза выше контрольной, у грызунов отсутствовали признаки старения, биохимия крови соответствовала результатам анализа здоровой мыши». Эксперимент завершили, когда те прожили свыше 20 месяцев.

Однако, утверждают ученые, препарат имеет более широкий спектр действия. Его создатели показали: он может бороться с рядом патологий нервной системы, в частности, с энцефалопатией — заболеванием головного мозга. Причем использование лекарства ведет к полному восстановлению его когнитивных функций. Фармакологи также не исключают возможность применения G5 в терапии сахарного диабета, при деструктивных болезнях легких. Но детальное изучение этих терапевтических эффектов — пока в перспективе.

Сейчас же для регистрации разработчики выбрали одно показание — лечение цирроза печени. В этом случае, уточнил Бекарев, можно быстрее выпустить новинку на рынок. В ноябре 2013 г., когда закончатся доклинические испытания, документы поступят в Минздрав РФ, и только после выдачи ведомством разрешения ученые приступят к клиническому тестированию.



Лекарство будет выпускать компания «СФМ-фарма» — первый резидент научно-технологического парка в сфере биотехнологий наукограда Кольцово, расположенного под Новосибирском. Производство данного класса препаратов — сложное и финансовоемкое дело. На Западе стоимость готовых лекарств такого уровня по карману только долларowym миллиардерам. В России же получение наноструктурированного лекарства будут осуществлять достаточно экономичным методом, разработанным в НИИ фармакологии СО РАН, — с помощью электронно-лучевого синтеза. Затраты на его производствократно меньше, а эффективность высокая.

«СФМ-фарма» имеет современную производственную базу. Несколько лет назад компания завершила строительство в наукограде двух корпусов для лабораторных помещений и стерилизационного центра с двумя электронно-лучевыми ускорителями. Один из них — медицинский, он и будет задействован для производства G5.

По словам Бекарева, лекарство выйдет на рынок в форме таблеток или капсул. Согласно оптимистичному сценарию, на клинические испытания уйдет от полутора до двух лет. Его стоимость производитель напрямую связывает с объемами выпуска. Но, как показывают предварительные расчеты, по сравнению с зарубежными препаратами такого класса наш получится недорогим.

*Сибирские ученые испытали на себе
«таблетки от старости». —
РИА «Новости», 30 марта 2013 г.*

Иллюстрации из интернет-источников

Материал подготовила Марина ХАЛИЗЕВА

САМОЛЕТЫ БУДУЩЕГО

Член-корреспондент РАН Сергей ЧЕРНЫШЕВ,
Исполнительный директор ФГУП
«Центральный аэрогидродинамический институт
им. профессора Н.Е. Жуковского»
(г. Жуковский, Московская область)

Эволюционный путь, который прошло российское авиастроение с начала прошлого века и до сегодняшних дней, позволил сформировать наиболее оптимальные к настоящему времени компоновки гражданских самолетов, представляющие собой фюзеляж-трубу с крылом и расположенными чаще всего под ним или же в хвостовой части двигателями большой степени двухконтурности.

Однако в мировом авиационном сообществе есть понимание, что традиционные подходы практически себя исчерпали.

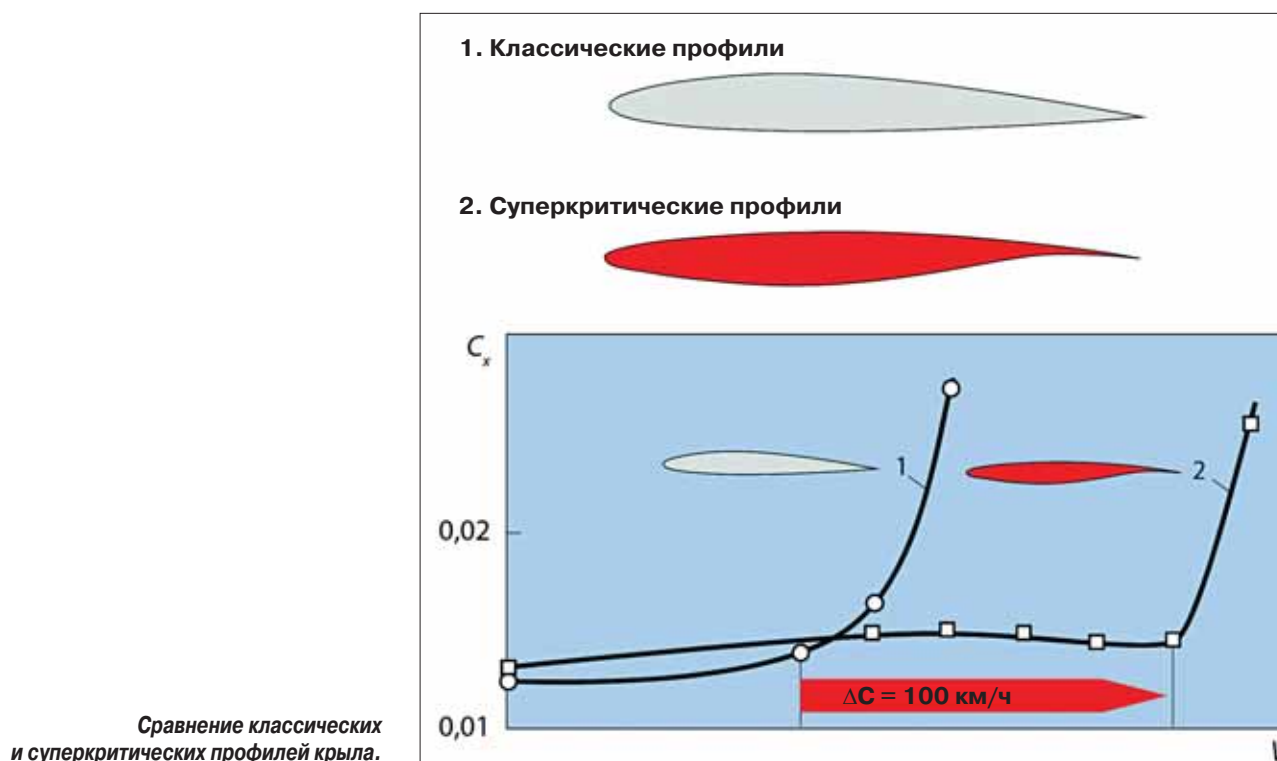
Возникает закономерный вопрос: что в будущем придет на смену летательным аппаратам, которые мы все видим сегодня в небе? Как они будут выглядеть?

Какие двигатели будут приводить их в движение и какое топливо они будут использовать?

Из каких материалов их будут изготавливать?

Попытаться заглянуть в будущее и ответить на эти и некоторые другие вопросы представляется нам весьма любопытной задачей.

И наиболее подходящий кандидат на ее выполнение — это авиационная наука, ибо в системе авиапромышленности именно она работает на дальнюю перспективу, создавая научно-технический задел для будущих поколений авиатехники.



«ЧТО ДЕНЬ ГРЯДУЩИЙ НАМ ГОТОВИТ?»

В 2012 г. ЦАГИ* совместно с другими ведущими институтами авиапрома по заказу Министерства промышленности и торговли РФ выполнил проект под названием «Форсайт авиационной науки и технологий» с целью дать прогноз технологического развития авиастроения вплоть до 2030 г., учитывая то, с чем столкнется мировая и отечественная гражданская авиация в этот период. К работе привлекли около ста экспертов из ЦАГИ, Центрального института авиационного моторостроения им. П.И. Баранова, Всероссийского научно-исследовательского института авиационных материалов, Государственного научно-исследовательского института авиационных систем и других организаций. Ознакомимся кратко с некоторыми результатами данного исследования.

Если говорить о ближайших двадцати годах, то специалисты ожидают в мире примерно двукратное увеличение объема авиаперевозок: в 2011 г. он составил 5,1 трлн пассажиро-километров (пкм), а к 2030 г. эта цифра может достигнуть — и даже превысить — 12 трлн пкм. Соответственно, увеличится и мировой парк самолетов, правда, не пропорционально, т.е. не в два раза, а чуть меньше, поскольку вырастет доля более вместительных самолетов.

По расчетам американской корпорации Boeing, мировой парк коммерческих самолетов с турбореактивными двигателями возрастет с 19,410 воздуш-

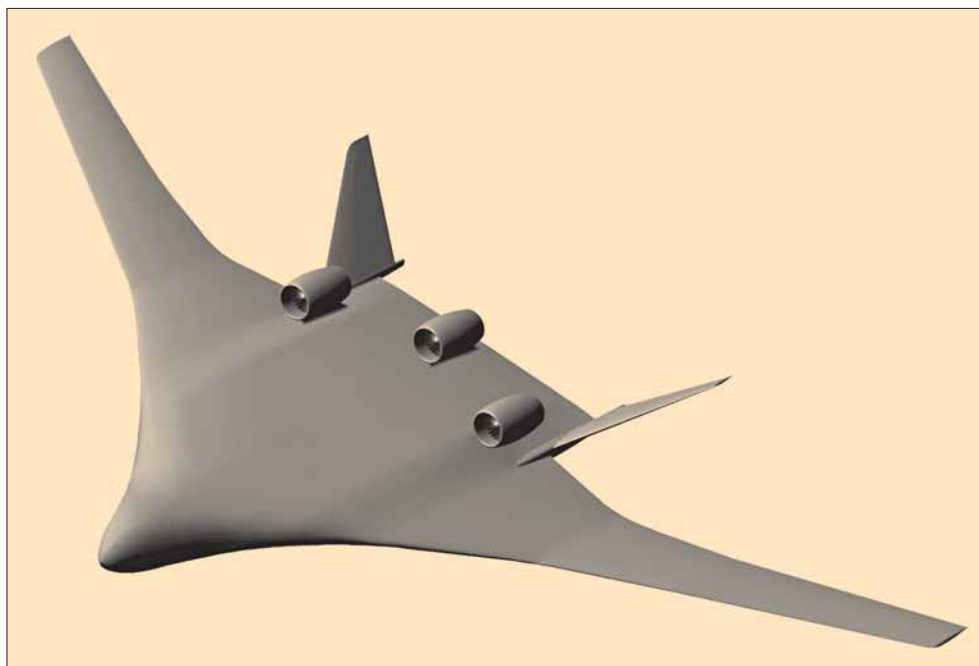
ных судов в 2010 г. до 33,500 в 2030 г. Поскольку срок службы гражданской авиатехники большой — 20 лет и выше — будущий парк в основном будет состоять из уже сегодня считающихся современными и поставляемыми на рынок самолетами (это семейства A320, Boeing 737, отечественный «Сухой Суперджет» и др.), а также воздушных судов, которые выйдут на рынок в ближайшие годы (A320Neo, Boeing 737MAX, российский MC-21 и т.д.).

Однако 20 лет — срок довольно внушительный, за который может появиться как минимум одно, а то и два новых поколения авиакомпаний. Ведь не случайно принято условно считать, что со времени появления реактивных гражданских самолетов в мире их уже сменилось пять поколений. Какими же будут эти будущие летательные аппараты?* Ответить на этот вопрос и призван выполненный нами Форсайт.

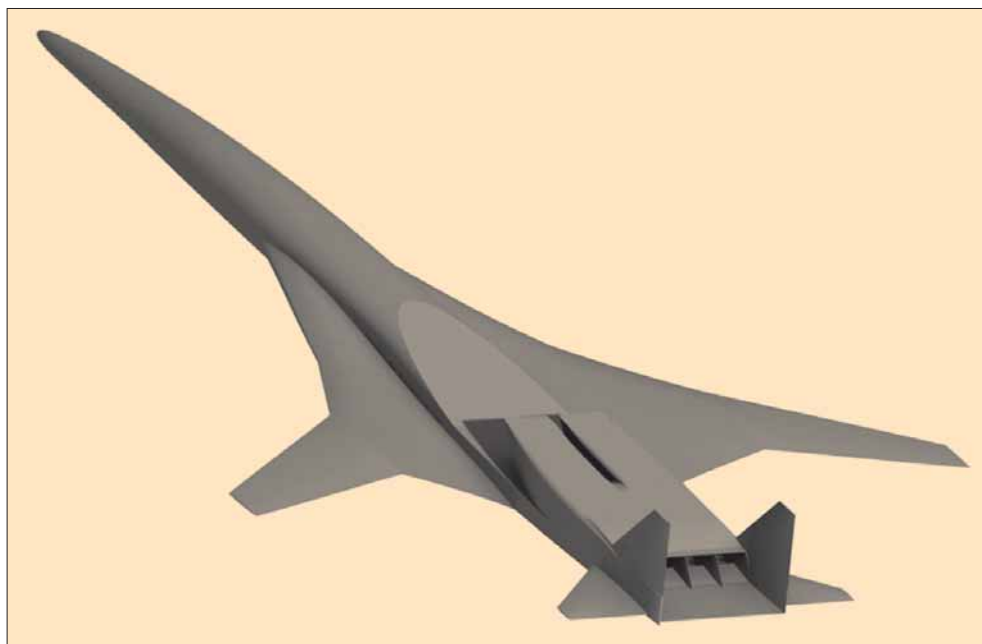
Как известно, гражданская авиационная техника всегда развивается под влиянием актуальных для каждого периода времени приоритетов, тенденций и ограничений. В первые годы ее появления главной задачей было улучшение характеристик самолетов — скорости, дальности и пассажироместности. С ростом же объема воздушных перевозок безусловным приоритетом стали вопросы безопасности полетов — с тех пор они стоят во главе угла. Обеспечение безопасности полетов провозгласила своей главной целью созданная в 1944 г. Международная организация гражданской авиации (ИКАО).

*См.: С. Чернышев. Центр авиационной науки. — Наука в России, 2008, № 6 (прим. ред.).

*См.: В. Климов, Д. Ганеев. Самолет «интегральной схемы». — Наука в России, 2008, № 2 (прим. ред.).



Самолет схемы
«летающее крыло».



Проект сверхзвукового
пассажирского самолета.

В 1950-е годы мировое авиационное сообщество озабочилось негативным влиянием гражданской авиации на окружающую среду сначала в связи с увеличивающимся уровнем шума, позднее — с эмиссией вредных веществ в районе аэропортов. Когда в мире заговорили о глобальном потеплении, внимание стали уделять выбросам парниковых газов (прежде всего CO_2), производимым самолетами. Эти тенденции, в конечном счете, находят свое оформление в виде норм ИКАО, которые должны соблюдать все 190 государств-членов этой организации. Например, нормы по авиаэкологии

ужесточали уже четыре раза. Последнюю поправку внесли в феврале этого года в связи с введением новых стандартов по шуму. ИКАО также готовит ограничения на выброс CO_2 . После терактов в США 11 сентября 2001 г. совершенно иное звучание приобрели задачи обеспечения авиационной безопасности, т.е. защиты гражданских самолетов от несанкционированного вмешательства третьих лиц.

Какие же приоритеты будут определять вектор развития гражданской авиации в ближайшие десятилетия? Можно утверждать, что главных — два.

ОСНОВНЫЕ ПРИОРИТЕТЫ

Во-первых, ведущей задачей по-прежнему остается безопасность полетов. Самолет по статистике — самый надежный вид транспорта, и сейчас на 1 млн регулярных вылетов в мире в среднем приходится около четырех авиационных происшествий. Поскольку по статистике лишь каждое двадцатое из них является авиакатастрофой (т.е. связано с гибелью людей), то выходит: на Земле одна авиакатастрофа происходит примерно на 5 млн вылетов. Но в связи с ожидаемым в будущем двукратным увеличением объема перевозок, число авиакатастроф в ближайшие 20 лет возрастет вдвое, если не принимать никаких мер по улучшению безопасности полетов. Конечно, допустить этого нельзя. Вот почему перед авиационным сообществом стоит задача как минимум не допустить ухудшения относительных показателей безопасности перевозок пассажиров, а на деле — значительно их улучшить. Скажем, Европа, один из самых благополучных с данной точки зрения регионов мира, хочет добиться, чтобы к 2050 г. на 10 млн регулярных вылетов случилось не более 1 авиационного происшествия.

На второе место по важности вышли экологические аспекты гражданской авиации, причем охватывающие не только эксплуатацию воздушного судна, но и весь его жизненный цикл — от создания до утилизации. Помимо вопросов, связанных с шумом и эмиссией, все больше внимания будет уделяться проблеме глобального потепления, которую государства решают на уровне Организации Объединенных Наций. ИКАО, будучи учреждением ООН, тоже участвует в данном процессе. Хотя подчеркнем: выбросы углекислого газа мировой гражданской авиацией составляют лишь 2% от общего объема антропогенных выбросов этого вещества. Однако, в случае авиации выбросы происходят на большой высоте, где как раз и формируется климат.

Западное авиационное сообщество поставило перед собой цель — к 2020 г. выйти на так называемый углерод-нейтральный рост (т.е. поддержание постоянных выбросов CO_2 , несмотря на рост перевозок), а к 2050 г. сократить выбросы в два раза по сравнению с уровнем 2005 г. Для этого, помимо совершенствования самих воздушных судов и их двигателей, основную ставку Запад делает на применение биотоплив. В Европе планируют, что к 2050 г. прогресс авиационных технологий позволит на 75% сократить выбросы углекислого газа на пассажиро-километр и на 90% — окислов азота (NO_x). А шум летательных аппаратов должен уменьшиться на 65%. Все эти улучшения относятся к уровню типичного нового самолета 2000 г. Аналогичные цели ставит

перед собой другой ведущий мировой авиапроизводитель — США.

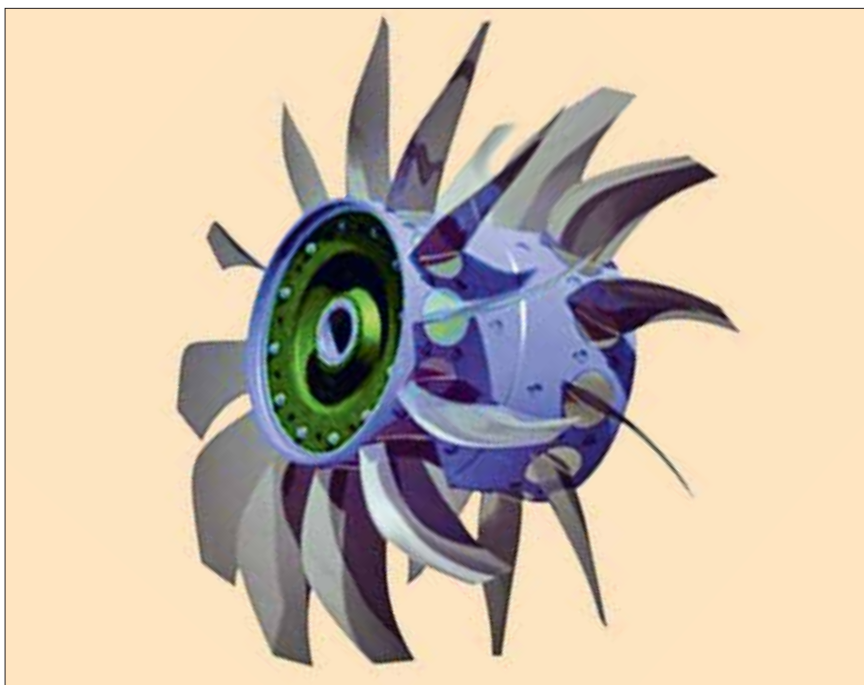
Россия, которая в гражданской авиации пока играет роль догоняющего, должна учитывать указанные планы, чтобы обеспечить конкурентоспособность отечественных гражданских судов и их соответствие перспективным жестким нормам.

НЕТРАДИЦИОННЫЕ КОМПОНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Сегодня традиционные компоновки самолетов уже достигли высокого уровня совершенства (их аэродинамическое качество составляет 18–20 единиц) и какое-то существенное продвижение реально только при рассмотрении новых конфигураций. Определенные дивиденды может дать расположение двигателей в верхней части фюзеляжа. Основной мотивацией при этом служат экологические проблемы — уменьшение уровня шума на местности. Рассматривается компоновка гражданского самолета с двигателями, расположенными над крылом. Правда, эта идея не нова: ведь существуют отечественные машины Ан-72 и Бе-200, выполненные по данной схеме, которая дает преимущества за счет эффекта суперциркуляции и некоторого экранирования шума. Предлагается также вариант экранирования шума элементами хвостового горизонтального оперения. Кроме того, изучаются схемы самолетов, в которых двигатель глубоко интегрирован с планером. Речь идет о так называемой концепции распределенной силовой установки, когда холодный контур двигателя отделен от горячего и разнесен физически, что позволяет существенно увеличить степень двухконтурности без увеличения размеров двигателя и тем самым добиться снижения расхода топлива.

При разработке дозвуковых машин следующих поколений может произойти отход от классических схем. Особое внимание специалисты уделяют исследованию нетрадиционных компоновок летательных аппаратов, главный принцип формирования которых связан с процессами интеграции: она может идти в направлении крыла (схема «летающее крыло») или фюзеляжа (схема «несущий фюзеляж»).

«Летающее крыло» обладает повышенным аэродинамическим качеством, которое может составлять 22–25 единиц. Кроме того, такая схема позволяет экранировать шум двигателей, если их расположить на верхней поверхности «летающего крыла» вблизи задней кромки. При этом реализуется более широкая по сравнению с классической пассажирская кабина, что увеличивает число продольных проходов и повышает комфорт для пассажиров.



Двигатель типа «открытый ротор».

Схема с несущим фюзеляжем, который сам по себе создает определенную подъемную силу, тоже обеспечивает размещение более широкого пассажирского салона и способствует реализации эффекта экранирования шума при установке двигателей на верхней поверхности хвостовой части фюзеляжа. По такой схеме может быть создано воздушное судно регионального класса с практически прямым ламинарным крылом.

Определенными положительными свойствами могут обладать и схемы авиалайнера с сочлененным крылом. Они позволяют при приемлемых весовых издержках заметно увеличить размах крыла, что снижает индуктивное сопротивление* летательного аппарата.

Для воздушного транспорта все актуальнее становится задача перехода на альтернативное топливо. Наиболее радикальным шагом в этом направлении является экологически чистое жидководородное топливо. Конечно, его использование приведет к существенному изменению облика самих воздушных судов. Дело в том, что для размещения водородного топлива низкой плотности потребуются емкие криогенные (изолированные) баки, расположенные, к примеру, в верхней части фюзеляжа. Наличие на борту мощного хладоресурса откроет возможности для реализации технологий, направленных на снижение аэродинамического сопротивления. Другим направлением применения сверхнизких температур (20–60 К) может стать внедрение электродвигателей, использующих эффект сверхпроводимости для

привода винтовентилятора, установленного в хвостовой части фюзеляжа.

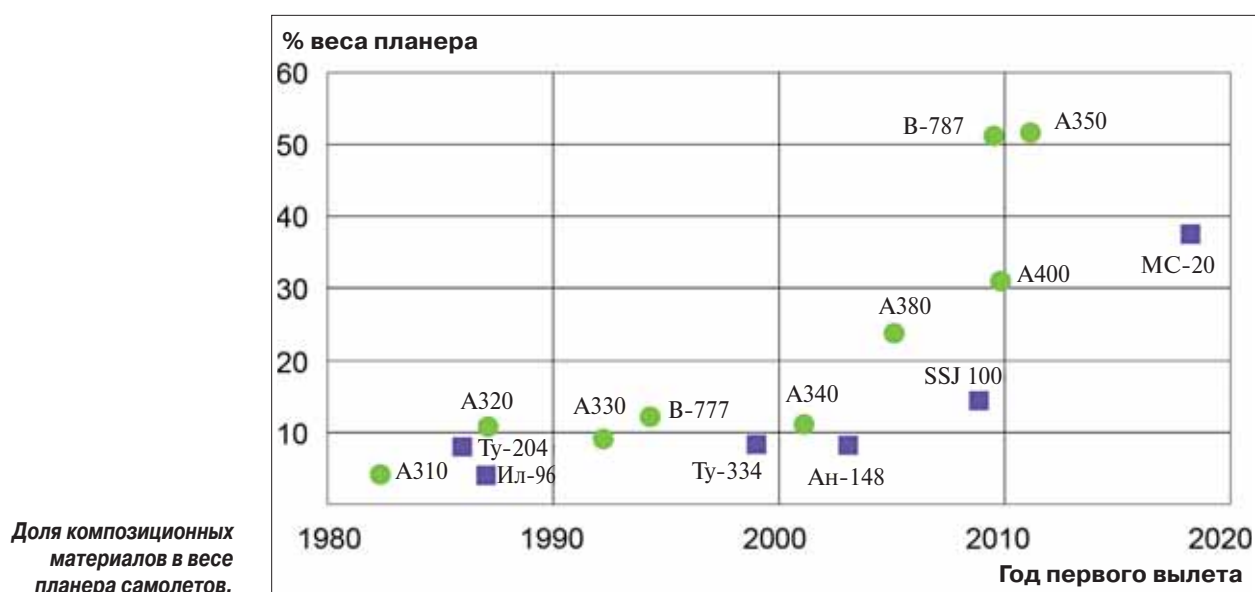
Для перспективных транспортных лайнеров специалисты также рассматривают нетрадиционные компоновки. Например, изучается компоновка двухфюзеляжного самолета. Это позволит существенно снизить вес конструкции.

В 2003 г. прекратили эксплуатацию знаменитого англо-французского авиалайнера «Конкорд», который наряду с отечественным Ту-144 был представителем первого поколения сверхзвуковых пассажирских самолетов. От этих машин отказались по соображениям экономичности (сверхзвуковой полет дороже, чем дозвуковой), а также проблем, связанных со звуковым ударом. Однако этот класс машин продолжает оставаться рыночно привлекательным. С тех пор ученые серьезно продвинулись на пути уменьшения звукового удара. Были разработаны проекты сверхзвуковых самолетов массой около 50 т, в которых упомянутый негативный фактор уменьшен до приемлемых значений. В настоящее время ведется изучение 100-тонных сверхзвуковых лайнеров. Можно рассчитывать, что в случае принятия соответствующих экологических норм, авиационная промышленность всерьез возьмется за создание сверхзвуковых самолетов второго поколения.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Современные турбореактивные двухконтурные двигатели также достигли высокого уровня технического совершенства. Самые современные воздушные суда для перевозки одного пассажира на расстояние 100 км расходуют около 2–3 кг топлива, что сопоставимо с автомобильным транспортом.

*Индуктивное сопротивление — следствие образования подъемной силы на крыле конечного размаха. Является частью аэродинамического сопротивления крыла конечного размаха (прим. ред.).



Однако следует отметить, дальнейшее улучшение рассматриваемых двигателей в рамках традиционных компоновок сопряжено с возрастающими трудностями при относительно невысоких результатах. В итоге все больше внимания проектировщики уделяют силовым установкам нетрадиционных конструктивно-компоновочных схем, таким как турбовинтовентиляторные двигатели («открытый ротор») с биротативными винтовентиляторами*; двигатели сложных термодинамических циклов и т.д. Переход к подобного рода двигателям может потенциально обеспечить заметное улучшение технико-экономических характеристик самолетов.

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И КОНСТРУКЦИИ

Совершенствование конструкций летательных аппаратов всегда шло в ногу с развитием новых материалов, которые позволяли специалистам создавать более аэродинамически эффективные, прочные и легкие конструкции. Подобно тому, как в 1920-х годах появление прочных и легких алюминиевых сплавов произвело революцию в авиастроении, так и сейчас на наших глазах происходят коренные изменения, связанные с расширением использования композиционных материалов (КМ). И теперь дальнейшее повышение эффективности авиатранспорта как за рубежом, так и в России связывают с внедрением в силовую конструкцию планера новых волокнистых КМ с высокими удельными прочностными характеристиками.

Еще 40 лет назад КМ начали внедрять сначала в несилловые конструкции летательных аппаратов — люки, затворы, обтекатели и т.д., затем сфера их применения распространилась на элементы, вос-

принимающие нагрузки. После многих лет исследований, накопления опыта наступил этап использования КМ в ответственных силовых конструкциях оперения, крыла и фюзеляжа с доведением объема их применения в планере до 40–60%. Объем использования КМ в планере зарубежных и отечественных гражданских самолетов с годами постоянно увеличивался. Например, если в отечественных лайнерах предыдущего поколения (Ту-204 и Ил-96) композиты составляли менее 10% от веса планера, то в современном самолете «Сухой Суперджет» они достигают уже 14%, а в новейшем российском самолете MC-21 их доля превысит 37%.

Примером того, какой потенциал имеют КМ, является реализованное на MC-21 композитное крыло. За счет укладки в нем слоев КМ специальным образом для наиболее эффективного восприятия расчетных нагрузок стало возможным увеличить удлинение крыла. С металлическим крылом это сделать затруднительно, ибо концевая часть вследствие большого размаха начинает чрезмерно колебаться и сложно противостоять явлению флаттера. Относительное удлинение композитного крыла MC-21 примерно на 10% больше, чем у современного A320, соответственно примерно на 10% уменьшен расход топлива.

Композиционные материалы позволяют реализовать совершенно новые конструктивно-силовые схемы и для фюзеляжа. У нас развернуты работы, посвященные применению сеточных композитных конструкций для этой части самолета. Здесь главную роль играет фактор снижения веса. Так, для ракет применение соответствующей сеточной конструкции позволяет уменьшить вес на 25–40%, а для гражданских самолетов ожидается снижение на 15–20%.

В дальней перспективе новые материалы могут помочь реализовать давнюю мечту авиастроителей о

*Биротативные вентиляторы — применение двух вентиляторов, вращающихся в противоположные стороны, что повышает эффективность двигателя и снижает уровень шума (прим. ред.).

создании так называемого морфного, или адаптивного, самолета, который меняет свою форму в зависимости от режимов обтекания.

Не секрет: компоновки современных гражданских судов являются компромиссом между различными режимами и ориентированы на крейсерский полет. На взлете и посадке для обеспечения безопасных скоростей используют механизацию крыла. В качестве развития систем механизации ученые рассматривают варианты «бесшовной» гладкой механизации передней и задней кромки и даже системы струйной механизации, где управление происходит за счет выдува высокоэнергетических струй.

Конструкторы ищут возможности оптимального управления формами летательного аппарата с тем, чтобы он непрерывно приспосабливался к режимам полета подобно птице, скажем, используя адаптивное крыло, в котором меняется форма профиля и крыла в плане.

Попыткой управлять формами стало крыло изменяемой стреловидности, уже используемое в авиационной, например, на отечественном истребителе МиГ-23. Правда, конструкция крыла при этом получилась чрезмерно тяжелой и сложной. Новые материалы и конструкции из них могут открыть неизвестные ранее возможности для авиационистов.

ЛАМИНАРИЗАЦИЯ

Еще одним перспективным направлением совершенствования аэродинамики воздушных судов является управление обтеканием (его ламинаризация) — оно обеспечит значительное уменьшение сопротивления трения и повышение аэродинамического качества полета. Рассматривают как пассивные варианты, не требующие дополнительной энергии, так и активные, скажем, отсос/выдув пограничного слоя и воздействие плазменных разрядов.

ОБЩЕСАМОЛЕТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Главные тенденции развития общесамолетного оборудования — отказ от гидравлических систем как главных энергетических носителей и дальнейшее развитие интегрированной модульной авионики*. В мировом авиационном строении реализуется концепция «более электрического» или «полностью электрического» самолета, обещающего уменьшение веса, упрощение техобслуживания и повышение надежности. В таком самолете все приводы и бустеры** станут электрическими, а судном будут управлять электрические сигналы. Такую систему легко перевести в полностью автоматический режим.

В авиационном транспорте будущего должна быть исключена ошибка экипажа в пилотировании. Это означает, что автоматизированные системы управ-

ления станут играть все большую роль. В практику войдет так называемый «умный борт», который возьмет на себя главную функцию управления, а роль экипажа будет заключаться в том, чтобы наблюдать и страховать работу автоматики.

ОРГАНИЗАЦИЯ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

Самолет — часть большой авиатранспортной системы, важнейшим компонентом которой является организация воздушного движения. Как мы отмечали выше, в ближайшие десятилетия ожидается увеличение в разы интенсивности воздушного движения, например, к 2050 г. в Европе будут совершаться до 25 млн коммерческих рейсов в год по сравнению с 9,4 млн в 2011 г. В этих условиях мировую систему авиационного транспорта ждут революционные изменения, связанные с внедрением новых управленческих технологий, которые должны поддерживаться и бортовой, и наземной структурой. В частности, будет осуществлен переход на траектории четырехмерного формата (4-D) с точностью попадания в заданную точку пространства в несколько минут.

Заканчивая наш общий обзор, отметим: в декабре 2012 г. правительство России приняло государственную программу «Развитие авиационной промышленности на 2013–2025 гг.». Она станет основой для экономической поддержки отечественного авиационного строительства на ближайшие десять с лишним лет. Данная программа включает в себя несколько подпрограмм, в том числе: самолетостроение, вертолетостроение, авиационное двигателестроение, авиационное агрегатостроение, авиационное приборостроение, малая авиация, авиационная наука и технологии.

Говоря о подпрограмме, посвященной авиационной науке и технологиям, можно с удовлетворением констатировать, что в последние годы государство вновь стало выделять на авиационную науку значительные средства, по размерам сопоставимые с объемами финансирования авиационных научных организаций в таких странах, как Германия и Франция. Логично ожидать, что итогом этих вложений будут значимые научные результаты, обеспечивающие создание новой конкурентоспособной отечественной авиационной техники. Данная подпрограмма предусматривает составление «Национального плана развития науки и технологий в авиационном строении на период до 2025 г. и на дальнейшую перспективу». Он станет долгосрочной программой исследований авиационных научных институтов в сотрудничестве с конструкторскими бюро отрасли, институтами РАН и высшей школы, направленным на разработку и доведение до высокого уровня готовности прорывных технологий, которые станут залогом прогресса в авиационном строении, обеспечат конкурентоспособность отечественной авиатехники.

*Авионика (от «авиация» и «электроника») — совокупность всех радиоэлектронных систем, разработанных для использования в качестве бортовой радиоэлектроники (прим. ред.).

**Бустер — элемент системы (в авиации), позволяющей управлять рулями, элеронами, винтами и другими средствами, не прилагая больших усилий (прим. ред.).

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И ТЕПЛО С ДОСТАВКОЙ ПОТРЕБИТЕЛЮ



Марина ХАЛИЗЕВА, журналист

В начале 2013 г. в Санкт-Петербурге завершился один из ключевых этапов строительства первой в мире плавучей атомной теплоэлектростанции (ПАТЭС) «Академик Ломоносов».

Специалисты компании «Балтийский завод — судостроение» в присутствии заказчика — концерна «Росэнергоатом», входящего в госкорпорацию «Росатом», — установили два 300-тонных бака металловодной защиты, выполняющих функции фундамента под реактор, биологического барьера и контура охлаждения.

Референтная модель станции должна открыть перспективы для коренной модернизации энергетической инфраструктуры удаленных регионов нашей страны, снизить объемы северного завоза, обеспечить разработку месторождений полезных ископаемых в районах Крайнего Севера и на шельфе арктических морей.

Академик Ломоносов» — представитель нового класса мобильных энергетических установок. К их созданию атомная отрасль страны шла все последние годы. ПАТЭС родилась из опыта и знаний, накопленных несколькими поколениями ученых и инженеров, создававшими атомные установки для боевых и гражданских судов. До 1990-х годов у

нас ежегодно производили по 12 энергоблоков корабельного назначения. Многолетняя интенсивная эксплуатация в суровых условиях океанских походов и ледовых навигаций подтвердила их энергетическую надежность и высокий уровень безопасности.

Модель первой в мире плавучей теплоэлектростанции.



Состав ПАТЭС на базе плавучего энергоблока.

Эти обстоятельства и стали решающими при создании ПАТЭС — несамостоятельного судна с двумя реакторами КЛТ-40С суммарной электрической мощностью 70 МВт и максимальной тепловой 146 Гкал/ч. Как и корабль, станцию создают на судостроительном заводе и после комплексных испытаний сдают «под ключ», затем готовый к эксплуатации объект заказчик транспортирует водным путем к месту размещения. Принимающей стороне нужно только возвести вспомогательные береговые и гидротехнические сооружения, обеспечивающие установку этого плавучего блока и передачу тепла и электроэнергии потребителям. Отрабатыв минимум 36 лет (3 цикла по 12 лет, между которыми судно будет уходить в док на замену выработавшего ресурс оборудования и перегрузку активных зон реакторов), станция отчалит от берега на технологическую базу отечественного атомного флота для утилизации. А здания и сооружения на площадке можно будет демонтировать промышленным способом (они не содержат радиоактивных материалов) или использовать для размещения нового энергоблока.

АРГУМЕНТЫ В ПОЛЬЗУ МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

ПАТЭС приспособлена для работы в районах, удаленных от централизованного энергоснабжения. В России к таковым относятся Крайний Север (Камчатка, Чукотка, Якутия) и Дальний Восток, не входящие в Единую энергетическую систему. Именно они в первую очередь нуждаются в надежных и экономически приемлемых источниках энергии.

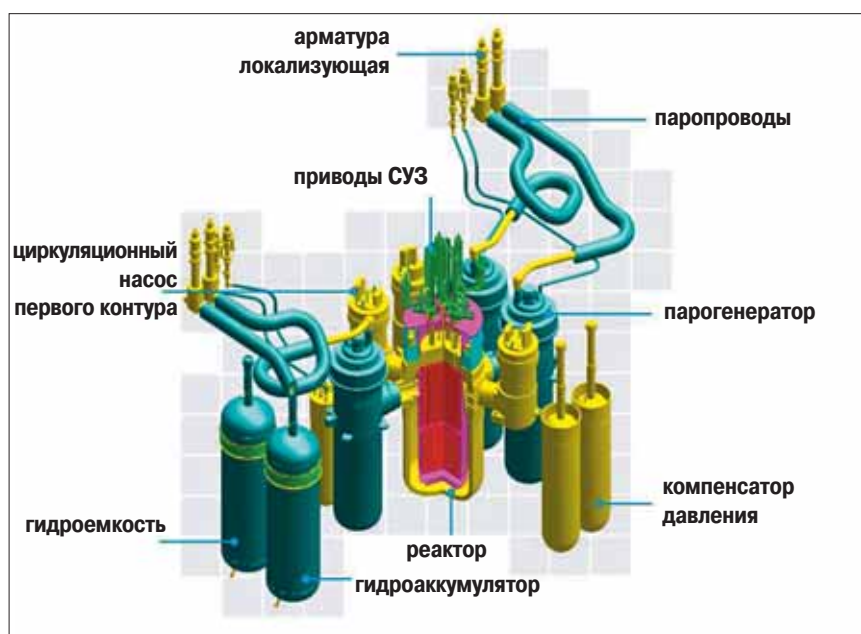
Сейчас основной вид генерации здесь — станции на дизельном топливе. Вырабатываемая на них электроэнергия из-за сложностей с доставкой горючего стоит дорого. Эксперты «Росэнергоатома» подсчитали: она превышает таковую в европейской части нашей страны более чем в 10 раз. Появление же в дальних регионах установок с малыми атомными мощностями (до 50–100 МВт) сулит существенное сокращение объемов привозного дизельного топлива и мазута, а также снижение стоимости электрической и тепловой энергии в 2–3 раза.

Важный аргумент в пользу установки здесь плавучих АЭС — модульное изготовление оборудования и сборка его в заводских условиях. В этом случае нет необходимости доставлять в удаленные географические точки большие объемы строительных материалов и рабочую силу. При этом подготовительные работы на месте стоянки могут идти параллельно с сооружением плавучего энергоблока. А это значит, что сроки возведения ПАТЭС уменьшаются по сравнению с наземными АЭС почти на два года. К тому же само судно (длина 144 м, ширина 30 м, водоизмещение 21,5 тыс. т) и береговая территория (0,8–1,5 га) занимают площадь на порядок меньшую, чем требуется для наземных станций. А это важнейший фактор в условиях ограниченной строительной базы арктических и дальневосточных районов.

И еще один довод в пользу мобильных АЭС — возможность их эксплуатации вахтовым методом. Общая численность основного производственного персонала будет составлять ~176 человек, из них 64 — сменный экипаж, проживающий на судне и меняющийся каждые четыре месяца. Заметим, на



Состав плавучего атомного энергоопреснительного комплекса.



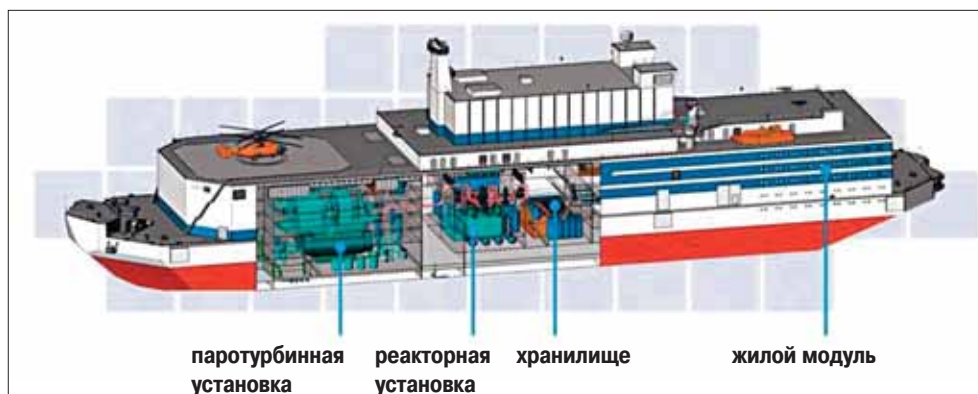
Состав установки КЛТ-40С.

стационарных АЭС большой мощности работают тысячи специалистов. Даже самую маленькую — Билибинскую АЭС на Чукотке (4 энергоблока по 12 МВт) — обслуживают свыше 600 человек.

ИЗ ИСТОРИИ ПРОЕКТА

Первыми атомный реактор на плаву использовали американцы для обеспечения работы исследовательской базы в Антарктике (1962–1972 гг.) и

Панамского канала (1966–1976 гг.), соединяющего Тихий и Атлантический океаны: судно «Sturgis», оснащенное ядерной установкой мощностью 45 МВт, питавшей энергией шлюзы и насосы перешейка, облегчало кораблям, направлявшимся на войну во Вьетнаме, транзитный путь. Благодаря этому военные дополнительно проводили до 2,5 тыс. кораблей в год. Правда, американский проект был скорее смелым инженерно-техническим экспериментом, чем



Компоновка плавучего энергоблока с реакторной установкой КЛТ-40С.

коммерческим образцом АЭС, утверждают наши специалисты. Но при этом подчеркивают: «Sturgis», наработав практический опыт, продемонстрировало возможность строительства плавучих АЭС.

Российские же атомщики, предложившие в начале 1990-х годов свой проект ПАТЭС, изначально разрабатывали его для энергоснабжения удаленных северных территорий. Проведенные тогда масштабные технико-экономические исследования в высоких широтах определили свыше 80 населенных пунктов, перспективных для размещения малых АЭС. Однако сложный и затяжной период рыночных реформ не способствовал развитию проекта. Дело сдвинулось с мертвой точки в 2000 г., когда «Росэнергоатом» подписал с крупнейшим судостроительным предприятием — Производственным объединением «Севмаш»* (г. Северодвинск Архангельской области) декларацию о намерениях построить энергоисточник нового поколения. Через два года компания получила лицензию Госатомнадзора РФ на сооружение объекта. А в 2005 г. после долгих оценок и экспертиз коллегия Федерального агентства по атомной энергии окончательно утвердила проект ПАТЭС (генеральный проектировщик станции — ЗАО «Атомэнерго», генеральный конструктор плавучего энергоблока — Центральное конструкторское бюро «Айсберг», обе организации из Санкт-Петербурга).

Знаковым в этой истории стал 2007 г.: именно тогда в Северодвинске на стапеле «Севмаша» заложили АЭС малой мощности, названную в честь первого русского ученого-естествоиспытателя Михаила Ломоносова (1711–1765)**. Но в конце 2008 г. в связи с загрузкой предприятия оборонными заказами «Росэнергоатом» принял решение о передаче строительства головного блока в Санкт-Петербург, заключив в феврале 2009 г. с одной из ведущих судостроительных верфей — Балтийским заводом, входившим в Объединенную судостроительную корпорацию, контракт на достройку и передачу плавучего агрегата в эксплуатацию. Уже в мае 2009 г. питер-

ские корабели приступили к его стапельной сборке, а через год торжественно спустили на воду.

Однако в конце 2010 г. над проектом сгустились тучи. Банкротство кредитовавшего верфь «Межпромбанка» вызвало серьезные финансовые проблемы на Балтийском заводе. В итоге его акции оказались в доверительном управлении Объединенной судостроительной корпорации, при этом корпусные, механо- и электромонтажные работы на судне были заморожены. Достройку многострадального объекта возобновили спустя полтора года, когда корпорация, не желая упускать столь выгодное направление, создала компанию «Балтийский завод — судостроение», получившую все компетенции обанкротившегося предприятия, а также его трехтысячный трудовой коллектив. По условиям контракта она обязана сдать ПАТЭС к 9 сентября 2016 г.

Подчеркнем: «Росэнергоатом» осуществляет проект в тесной кооперации с научными, конструкторскими и производственными учреждениями, имеющими многолетний опыт в создании судов и атомных установок для морского флота. Кроме завода-строителя плавучего энергоблока, в этот круг входят Энергомашиностроительное предприятие «Электросила», Ижорские заводы, Научно-производственное объединение «Аврора» (Санкт-Петербург), Опытное конструкторское бюро машиностроения им. И.И. Африкантова (Нижний Новгород), Калужский турбинный завод и десятки других коллективов.

СЕРДЦЕ ПЛАВУЧЕЙ СТАНЦИИ

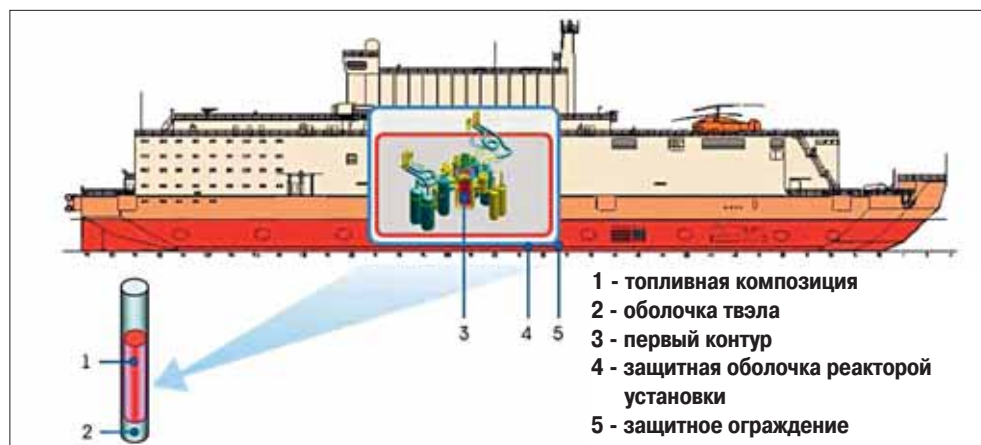
Нижегородские специалисты предложили для головной станции водо-водяной энергетический реактор малой мощности КЛТ-40С — это усовершенствованная модификация установок, эксплуатирующихся на наших атомных ледоколах «Таймыр» (1989 г.), «Вайгач» (1990 г.), лихтеровозе «Севморпуть» (1988 г.) и подводных лодках. Заметим, их суммарная наработка превышает 7 000 реакторо-лет.

Энергоблок будет оснащен современными, так называемыми «пассивными» системами безопасности: они вступают в действие от самосрабатывающих устройств без участия автоматики и оперативного персонала.

*См.: М. Хализева. Арктический проект «Севмаша». — Наука в России, 2013, № 2 (прим. ред.).

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

**Барьеры защиты
плавучей АЭС,
препятствующие выходу
радиоактивности
в окружающую среду.**



- 1 - топливная композиция
- 2 - оболочка твэла
- 3 - первый контур
- 4 - защитная оболочка реакторной установки
- 5 - защитное ограждение

Реактор заключен в защитную оболочку, рассчитанную на давление, возникающее при разгерметизации его первого контура. Специальное ограждение защищает объект от падения вертолета, взрывной волны и других воздействий внешнего характера. Оно же препятствует выбросам радиоактивных веществ, хотя их уровень, как показывает опыт эксплуатации корабельных реакторов, невелик — не более 35 Ки в год, причем эта величина «набирается» в основном в ходе перегрузки тепловыделяющих сборок.

В установке малой мощности предполагают использовать так называемое «керметное» топливо (микрочастицы диоксида урана в циркониевой матрице), обладающее существенно большей емкостью урана, чем ядерное горючее для атомных ледоколов. Технология его производства позволяет создавать тепловыделяющие сборки с обогащением по урану-235 не более 20%, что соответствует требованиям МАГАТЭ по нераспространению ядерного оружия. Напомним: в ледокольных реакторах эти цифры составляют от 36 до 60% — это действительно требует особых условий при обращении с расплюснутым материалом и дополнительных мер по их физической защите.

И еще одно преимущество «кермета»: его структура позволяет локализовать 90% продуктов деления в гранулах UO_2 . Даже если по каким-то причинам произойдет нарушение герметичности оболочки реактора, выход радиоактивных продуктов деления в контур теплоносителя при использовании таких композиций будет на несколько порядков меньше. Эффективно удерживая продукты деления, они служат дополнительным барьером безопасности и при этом обеспечивают длительную работу энергоблока без перегрузки.

Все радиоактивные материалы, накапливающиеся во время эксплуатации и перезарядки КЛТ-40С, будут перерабатывать и хранить на судне в специальных цистернах и контейнерах. Они компактны, имеют небольшой объем и низкий уровень активности, поскольку мощность энергоисточника невелика. За год объем жидких отходов составит 8 м^3 , а твердых — 2,5. В ходе ремонта (а его, напомним, будут про-

водить через 12 лет на северных базах в Мурманске, Северодвинске и в одном из промышленных центров Дальнего Востока городе Большой Камень) отработавшее топливо выгрузят с борта. Пока станцию готовят к дальнейшей эксплуатации, ее место займет резервная.

Радиационную обстановку на площадке будет отслеживать автоматизированная система контроля. При этом, как показали расчеты, воздействие станции на окружающую среду ограничивается бортом судна. Что же касается дозовой нагрузки на человека, то в километровой зоне она составляет $\sim 0,01$ мбэр за год — это пренебрежимо малая величина по сравнению с естественным радиационным фоном (более 200 мбэр). Поэтому, утверждают атомщики, такие станции смело можно размещать в непосредственной близости от населенных пунктов.

СКОЛЬКО СТОИТ ПАТЭС?

Стоимость сооружения головного блока с 3 млрд руб. в 2002 г. выросла до 14,1 в 2010 г. А сегодня, по данным некоторых средств массовой информации, ПАТЭС вкупе с инфраструктурой оценивают чуть ли не в 27 млрд руб. Причем около 60% общих затрат идет на строительство плавучего энергоблока, береговых и гидросооружений, 27% — на создание двух реакторных установок, оставшиеся 13% — на паротурбинные установки и другое оборудование. Действительно, плавучая станция — объект не дешевый. Но смотря с чем сравнивать. Если с наземной АЭС аналогичной мощности, то цена плавучего энергоблока за счет применения технологий модульно-агрегатного строительства ниже. И по сравнению с другими судами с атомной энергетической установкой, например, с универсальным ледоколом нового поколения ЛК-60Я*, сооружаемым на том же Балтийском заводе, ПАТЭС выигрывает в цене (на тот придется затратить все 37 млрд руб.). Не будем забывать, что речь идет о головном энергоблоке. Себестоимость второго и последующих, уверяет заказчик, снизится на 15–20%.

*См.: М. Малыгина. Универсальный ледокол для Арктики. — Наука в России, 2013, № 3 (прим. ред.).



Стапельная сборка судна «Академик Ломоносов» на верфи компании «Балтийский завод — судостроение». 2009 г.

ГДЕ ПОЯВИТСЯ «АКАДЕМИК ЛОМОНОСОВ»?

Еще два года назад первую из серии российских плавучих атомных электростанций планировали установить не позднее 2016 г. в Вилучинске на Камчатке. Энергетических проблем в регионе нет, но есть база атомных подводных лодок с готовыми специалистами, имеющими опыт работы с ядерными реакторами. В «Росэнергоатоме» был расчет на увольняемых из ВМФ в трудоспособном возрасте служащих, которых можно привлечь к работе. Более того, там уже начали вкладывать средства в обустройство станции: построили базу, подготовили кадры.

Однако в декабре 2012 г. концерн распространил в печати сообщение о том, что «Академика Ломоносова» все-таки разместят в Певеке. Как объяснил на брифинге в Москве генеральный директор концерна «Росэнергоатом» Евгений Романов, «тарифная составляющая в Чукотском автономном округе делает этот проект более привлекательным и более окупаемым». В этом регионе, напомнил он, расположена Билибинская АЭС с реакторной установкой мощностью 48 МВт — первый объект отечественной малой атомной энергетики, построенный еще в 1974 г. на вечной мерзлоте для обеспечения энергией развивающейся горно-добывающей промышленности Чаун-Билибинского района. И ПАТЭС может заменить мощности вырабатываемой в 2019–2020 гг. технологический ресурс наземной станции. Кроме того, на Чукотке более позитивное по сравнению с Камчатским краем отношение к атомной энергии: его жители поддерживают строительство плавучей теплоэлектростанции. В 2010 г. на общественных слушаниях «Оценки воздействия на окружающую среду деятельности по строительству и эксплуата-

ции ПАТЭС» они выступили за ее размещение на своей территории.

Вообще-то у «Росэнергоатома» далеко идущие планы: создать до 2020 г. флотилию из семи плавучих атомных станций. Вслед за Певеком объекты малой энергетики могут появиться на Ямале, Таймыре, в Якутии и других районах Севера, где высока потребность в источниках тепла и электроэнергии. Впрочем, в концерне не исключают, что в отдаленной перспективе ПАТЭС «пропишется» и в Камчатском крае. Ведь по данным аналитиков, через десять лет на этом полуострове могут возникнуть проблемы с энергоснабжением, поэтому для развивающегося производства региона дополнительные энергетические мощности будут не лишними. А опасения оппонентов по поводу размещения мобильной АЭС в сейсмоопасном районе (на Камчатке разгорелась дискуссия по этому поводу, особенно после аварии в 2011 г. на японской АЭС «Фукусима») в «Росэнергоатоме» считают несостоятельными. Один из проектировщиков ПАТЭС Виктор Иванюк в интервью «Российской газете» сказал: «Проект разработан с учетом карт сейсмического районирования. По расчетам, станция не пострадает при 10-балльном землетрясении и цунами. Высота цунами, которую мы предусмотрели, составляет 17 м при входе в Авачинскую губу и 4,2 м в предполагаемом месте расположения станции. Воздействие волн рассчитывалось математически и физически — в специальных бассейнах (была сделана модель бухты Крашенинникова в масштабе 1:100, где с помощью специальной установки моделировали волновые воздействия различной силы)».

Плавучие станции можно устанавливать не только в прибрежных морских акваториях. Осадка судна



Достройка судна на плаву.

— 5,6 м — дает возможность поднимать его по рекам на большие расстояния. В связи с этим «Росэнергоатом» изучает возможность размещения станции в поселке Усть-Куйга (Республика Саха) для энергоснабжения населения и объектов акционерного общества «Полюс», осваивающего золоторудное месторождение «Кючус». Кроме того, в непосредственной близости от этих мест располагаются и другие кладовые цветных металлов, разработку которых целесообразно осуществлять с применением энергии атома. Для речных вариантов в нижегородском конструкторском бюро предложили реакторную установку АБВ (атомная блочная водяная) мощностью 6 МВт с естественной циркуляцией теплоносителя.

В дальнейшем плавучие АЭС планируют использовать на этапах освоения месторождений нефти и газа на полуострове Ямал, на шельфе арктических* и дальневосточных морей, а также для обеспечения транспортировки углеводородов. Только на Штокмановском газоконденсатном месторождении в Баренцевом море**, по оценкам «Газпрома», потребуются две плавучие атомные станции, на новых разработках Ямала — как минимум три.

ЭКСПОРТНЫЙ ВАРИАНТ

Плавучие энергоблоки могут быть востребованы и за пределами России. Речь идет прежде всего о странах с засушливым климатом. Для них специалисты Опытного конструкторского бюро машиностроения им. И.И. Африкантова подготовили вариант

атомного энергоопреснительного комплекса, способного производить не только электроэнергию, но и качественную питьевую воду из морской воды. В сутки он может выдать от 40 до 240 тыс. т ценного продукта. В нем особенно нуждаются жители Азиатско-Тихоокеанского региона, Латинской Америки и Ближнего Востока. Согласно мировым оценкам, дефицит пресной воды там к 2025 г. возрастет в шесть раз. Интерес к таким установкам уже выразили Катар, Малайзия, Индонезия, Китай и другие южные страны.

«Росэнергоатом» предлагает на основе долгосрочного договора продавать зарубежным потребителям только электроэнергию, тепло и пресную воду. При этом станция, на которой будет вахтовым методом работать наш экипаж, останется в собственности России. Покупателю это выгодно: он получит стратегический продукт, не создавая собственную дорогостоящую инфраструктуру для обращения с ядерными и радиоактивными материалами. И продавцу тоже: он сохранит режим нераспространения технологий двойного назначения, поскольку после эксплуатации плавучего энергоблока тот возвратится в Россию вместе с отработавшим топливом.

*См.: Н. Богданов. Богатство российского шельфа. — Наука в России, 2003, № 4 (прим. ред.).

**См.: Е. Велихов и др. Газ, нефть и лед. — Наука в России, 1994, № 3 (прим. ред.).

Иллюстрации из буклета концерна «Росэнергоатом» и Опытного конструкторского бюро машиностроения им. И.И. Африкантова

О ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ В СИБИРИ В КОНЦЕ XVII — НАЧАЛЕ XVIII ВВ.

Доктор геолого-минералогических наук
Андрей НИКОНОВ,
главный научный сотрудник Института физики Земли
им. О.Ю. Шмидта РАН,
Лейла ФЛЕЙФЕЛЬ,
старший научный сотрудник того же института

В первой половине XVIII в. большой вклад в изучение природы Сибири внесли немецкие естествоиспытатели, путешественники, в то время состоявшие на службе в России.

Публиковавшиеся позднее их наблюдения подчас оставались малоизвестными в нашей стране.

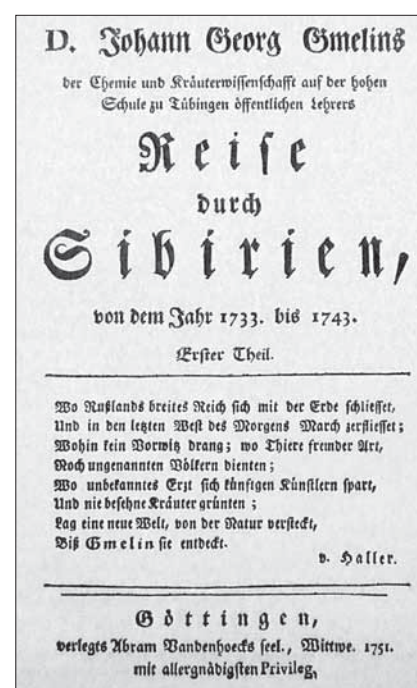
Особенно это касается трудов, до сих пор не появившихся в русском переводе. В их числе работа академика Петербургской АН Иоганна Георга Гмелина «Путешествие по Сибири с 1733 по 1743 г.»

Значимость сообщаемых им сведений, практически специалистами не использованных, велика уже потому, что относится в основном к уникальному району — Байкальской рифтовой системе с ее высоким сейсмическим потенциалом и активностью.



Портрет И.Г. Гмелина.

Титул первого издания книги И. Гмелина «Путешествие по Сибири, содержащее описание нравов и обычаев народов этой Земли, течения главных рек, расположение горных цепей, больших лесов, рудников со всеми историческими фактами, которые определяют особенности этого края». Том I. 1751.



В СОСТАВЕ КАМЧАТСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ

Естествоиспытатель, врач, этнограф, ботаник Иоганн Георг Гмелин-старший (1709–1755) вместе с историком Герхардом Фридрихом Миллером* возглавил один из академических отрядов в составе Второй Камчатской экспедиции (1733–1743 гг.). Отметим, что после окончания медицинского факультета Тюбингенского университета приехавший из Германии в Россию еще совсем юный Гмелин (ему было тогда 18 лет) в 1727 г. стал адъюнктом по химии и естественной истории Петербургской АН, а с 1731 по 1748 г. являлся ее профессором и действительным членом. В ходе экспедиции он обследовал восточные склоны Урала, северо-западную часть Алтая, Забайкалье, внутренние районы Восточной Сибири, в сущности дал первое научное представление об этих обширных регионах. Как ботаник, он известен выдающимся трудом «Флора Сибири», изданным в 4 томах Петербургской АН. А его сочинение с пространным названием «Путешествие по Сибири, содержащее описание нравов и обычаев народов этой Земли, течения главных рек, расположение горных цепей, больших лесов, рудников со всеми историческими фактами, которые определяют особенности этого края», впервые изданное в 1751–1752 гг. на немецком языке, а в 1767 г. на французском, на русский до сих пор не переведено.

Уже по одному названию можно предположить, что книга этого естествоиспытателя должна была стать чуть ли не настольной для отечественных географов, историков, этнографов. Она представляет собой подневные записки путешественника в хронологическом

порядке, с отвлечениями на разные темы и сюжеты по мере их узнавания и осмысления. В ней содержится немало сведений о природе тогдашней далекой окраины России, обычаях, быте ее обитателей.

Особенность натуралистов, натурфилософов XVIII в. состояла в том, что они, как энциклопедисты, принимая «натуру» во всем ее многообразии, старались заметить и отразить явления самые разные. Все было для них достопримечательным, всему, вплоть до нравов и обычаев народов, находилось место в их записках. Иоганн Гмелин был в этом отношении типичным представителем своего века. Да к тому же немцем, внимательным и дотошным. Показательно признание самого автора: «Я всегда рассказ другого человека принимал с большой осторожностью и, прежде чем его приводить, подтверждаю, где было возможно, другими сведениями». Важно также подчеркнуть знание путешественником русского языка.

В книге Гмелина имеются две карты Сибири, до сих пор не использовавшиеся. Одна из них (т. II) показывает помимо гидрографии тогдашние пути передвижения, водные и сухопутные, но захватывает только самый западный край Байкальской области, другая (т. III) — всю эту область и реку Лену с притоками до устья Чары. Для иллюстрации маршрутов отряда путешественника мы использовали более позднюю, уточненную карту XIX в., ориентируясь и на карты в его книге.

ВЗГЛЯНУТЬ НА СТАРОЕ ПО-НОВОМУ

В 1925 г. иркутский историк и краевед Владимир Манассеин первым из отечественных авторов частично опубликовал сведения о землетрясениях в

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



Схема маршрутов путешествия отряда И. Гмелина по Восточной Сибири в 1735–1737 гг. (голубым цветом — без его личного участия).

Прибайкалье, собранные Гмелиным. Он привел отрывки переводов оригинала, но без комментариев, поскольку в те годы методических разработок по истолкованию и тем более параметризации первичных сведений о таких природных катаклизмах не существовало не только в России, но и в Европе. Манассеин справедливо полагал, что именно Гмелин впервые осветил сейсмические события в Сибири до сороковых годов XVIII в.

В дальнейшем сейсмологи к этим данным не обращались сколько-нибудь внимательно. Они, как ни странно, остались вне внимания составителей базового каталога соответствующей проблематики, изданного в 1977 г. В нем отражены лишь следующие ранние землетрясения: в Забайкалье в феврале 1725 г. (очень ненадежное событие по приводимым параметрам), на Байкале в 1742 г., на Камчатке в октябре 1737 г., на Курилах в ноябре 1742 г., на Алтае и в Саянах в 1761 г. В недавно опубликованной работе доктора геолого-минералогических наук Анатолия Чипизубова (Институт земной коры СО РАН) о прежних землетрясениях в Прибайкалье они рассматриваются с 1734 г. (событие на юго-западе Байкальской рифтовой системы). С этого же года начинается перечень ощущавшихся в Иркутске землетрясений. Последняя треть XVII — первая треть XVIII в., таким образом, выпадали из поля зрения сибирских специалистов. Поэтому так ценны сведения Гмелина о более ранних событиях.

Ныне ряд отечественных исследователей обратились к пересмотру с современных позиций первичных исторических данных по землетрясениям прошлого. Наша работа продолжает эту тенденцию. Нижеприведенные отрывки из книги «Путешествие...»,

касающиеся землетрясений, на русском языке публикуются и анализируются впервые.

Сам Гмелин во время десятилетнего пребывания в Сибири не был свидетелем землетрясений. Все приводимые им сведения — результат опросов местных чиновников (вплоть до высших) и жителей разных сословий. Рассмотрим наиболее информативные сообщения, прежде всего обратив внимание на следующий текст: «Наиболее сильные из этих событий, о которых мне рассказывали в Сибири, ощущались в Иркутске: они опрокидывали печные трубы и заставляли звонить колокола». Заметим, что по современной макросейсмической шкале наибольшая сила толчков оценивается в 5–6 баллов (звон колоколов) и 7 баллов (разрушение печных труб).

Пребывая в этом городе, путешественник узнал о нескольких значительных землетрясениях, но годы, когда они происходили, им не указаны. Для допущения более сильных колебаний в период, охватывающий несколько десятков лет вплоть до 1735 г., оснований нет. Дело в том, что Гмелину, по его прибытии в марте этого года в Иркутск, не могли не сообщить о землетрясении, постигшем город и его окрестности всего за четыре месяца до того, в октябре 1734 г., когда интенсивность одного из толчков составила, по совершенно независимым данным, 7 баллов: звонили все колокола, некоторые люди падали с кроватей. Приведенные автором признаки вполне соответствуют такой интенсивности. Поэтому, почти наверняка, именно об этом событии Гмелин и получил сведения в Иркутске.

«Как будто все сибирские землетрясения под Байкалом и вокруг него происходят из глубин земли: 1)

я обнаружил, что они ощущаются только в местах, недалеко от него расположенных, 2) говорят, они более сильны вблизи озера, тогда как дальше от него ослабевают». Путешественник подчеркивает: «вокруг Байкала» сотрясения были довольно сильными, т.е. близкими по интенсивности. Но соотносятся ли с ними сотрясения в Южном Забайкалье — в Селенгинске и Нерчинске, через которые следовал путешественник, и где сила сотрясений слабее, чем в Иркутске (примерно в 5–6 баллов), определить невозможно, тем более, что неизвестно, происходило ли это во всех названных пунктах в одно время. Очаг мог располагаться и на западном фланге Байкальской рифтовой зоны.

НА СИБИРСКИХ РЕКАХ

Отправимся вслед за автором далее. «На Лене и Нижней Тунгуске они (землетрясения. — *Авт.*) весьма редки. Я уже как-то приводил сведения о том, что 1725 г. они ощущались в обоих местах одновременно, но на Лене не далее чем до Чечуйского острога. Это продолжалось четверть часа, в течение которого время от времени возникали сильные толчки». Относительно реальности возникновения землетрясений (ощущения сотрясений) на этих двух реках вообще впервые сообщено в книге Гмелина. Хотя там они «весьма редки», но однако их следует признать реальностью, поскольку маршрут отряда проходил по реке Лене в сторону Якутска и обратно. Упомянутый путешественником пункт Чечуйск лежит в начале кратчайшего сухопутного пути с Лены в верховья Нижней Тунгуски, где, по крайней мере, об одном ощутимом землетрясении стало известно Гмелину.

Особо значимы его сведения о землетрясении 1725 г. на реках Нижняя Тунгуска и Лена. С учетом указания года и некоторых важных деталей произошедшего мы получаем информацию о событии, в этой области никем больше не отмеченном. Между тем оно было не слабым (5 баллов или несколько больше), как можно судить и по продолжительности (видимо, несколько толчков с промежутками), и по охвату заведомо ощутимыми сотрясениями (помнились 10 лет!) площади размером ~400–500 км².

Нет оснований допускать распространение сотрясений в 1725 г. вверх по Лене, ибо Гмелин, живший в Киренском остроге полгода, ничего о них не сообщает. Важно при этом, что речь идет не об активной рифтовой зоне Байкала, а о сугубо платформенной территории, на сейсмичность которой специалисты стали обращать внимание только недавно, пытаясь выяснять ее причины (здесь, кстати, обнаружены богатые месторождения углеводородного сырья).

Следующий район — устье Витима и вверх по Лене. «Говорили, однако, что иногда также в Витимской слободе и ниже (южнее. — *Авт.*) в Чечуйске земля сотрясалась. Один старожил Витимска сообщил мне в 1736 году, что в этой местности тому уже лет 50 назад ощущалось тройное землетрясение и что последнее произошло 5 лет назад. Ни одно из них, даже силь-

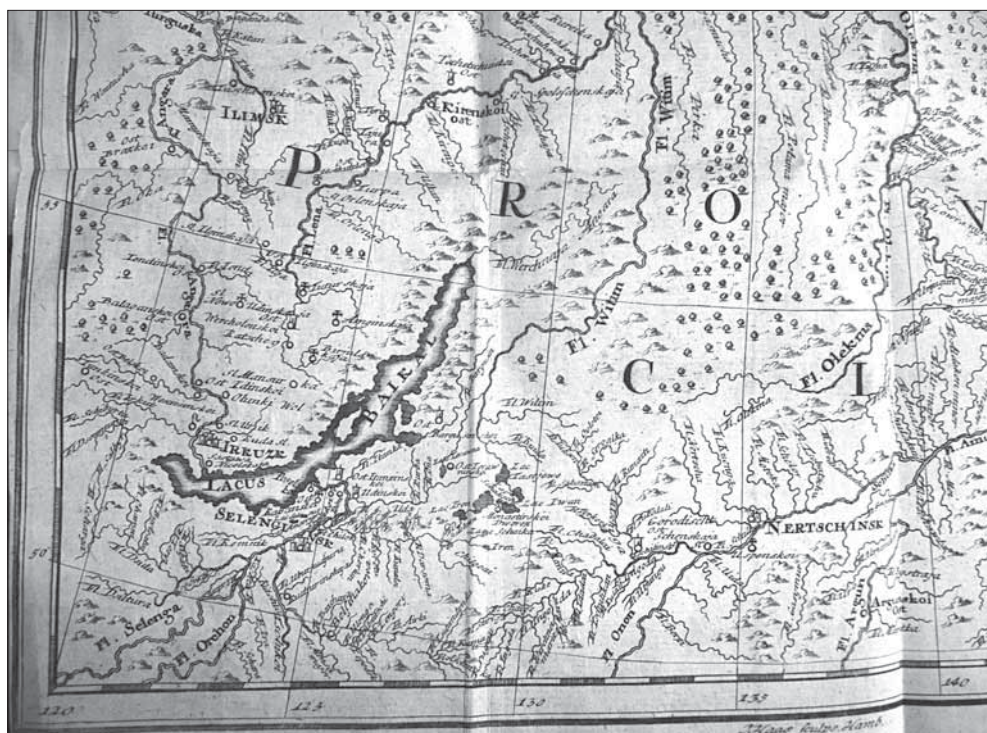
нейшее, не длилось более 10 мин, и земля как будто двигалась, но от этого штукатурка ни в одном доме не падала; только однажды при одном, возникшем в марте землетрясении, случилось, что лед на реке здесь и там трескался».

Витимск Гмелин упоминает как слободу. В XVII–XVIII вв. она находилась на левом берегу Лены против места впадения в нее Витима. К сообщению автора о давних землетрясениях на Витиме и прилегающей части долины Лены есть все основания отнестись с доверием. Во-первых, он сам получил их от русского старожила Витимской слободы. Во-вторых, Гмелин при прохождении по ленскому маршруту и вообще во время путешествия интересовался стариной (как и второй руководитель отряда Герхард Миллер). Он сообщает о времени заложения многих острогов и населенных пунктов на ленском пути, фиксируя постепенное проникновение енисейских казаков (служилых людей) вниз по Лене, с 1640 по 1666 г.

Косвенным указанием на присутствие на реках Витим и Тонтора (приток Алдана) русских людей и поступление оттуда сообщений уже в последних десятилетиях XVII в. служат данные Гмелина, со ссылкой на старые архивы, о разведывании и добыче там слюды: «Уже лет 40 как слобода знаменита благодаря прекрасной слюде, которую жители добывают в здешней области».

В другой части книги, где автор описывает свое пребывание в Витимской слободе, говорится: это один из старейших населенных пунктов на Лене, заложный примерно тогда же, что и Якутск, основанный в 1632 г. Путешественник подробно сообщает о нахождении и последующей добыче слюды в 1680–1705 гг. именно на Витиме и его притоках. Сведения эти он получал от местных русских обитателей — воевод, управляющих, торговых людей и землемеров, кстати, встречавшихся ему и во многих более крупных пунктах по маршруту.

Раннее и относительно сильное землетрясение в Витимской слободе длилось в пределах 10 мин и состояло из трех главных толчков. Его сила определяется около 6–7 баллов, поскольку оно не разрушило ни одной печной трубы, но породило трещину на льду реки. Подобные трещины очень редко возникают при сотрясениях интенсивностью 5 баллов, а при 6 и 7 баллах обычно появляются. Но такие умеренной силы сейсмические события не длятся 10 мин, даже с афтершоками. Значит, эпицентр находился в удалении, и интенсивность там должна была быть выше. Ясно, что эта область не располагалась выше по течению Лены, где помнили более слабое землетрясение свыше 10 лет, значит, и относительно сильного ранее не забыли бы. Трудно допустить расположение этой области и к северо-востоку, ниже по течению Лены. Во-первых, ни на пути в Якутск, ни во время 10-месячного пребывания там, ни на обратном пути вверх по Лене участники отряда никаких сведений о землетрясениях не получили. Кроме того, Гмелин написал, что восточнее Якутска землетрясения не



Карта Восточной Сибири из атласа Российской империи 1745 г. с уточнениями И. Гмелина, включенная в III том его сочинения.

происходят. Уж в самом городе, если бы там происходили значимые сейсмические события до приезда отряда, Миллер, Гмелин и Крашенинников* о них обязательно узнали бы. По этим соображениям остается допустить расположение эпицентральной области сильного землетрясения где-то к югу от нижнего течения Витима.

Другое упомянутое землетрясение в Витимске (на реке Лене) «5 лет назад», т.е. относительно ленского маршрута 1736/37 гг., в 1731/32 гг. могло быть местным и более слабым, ориентировочно 4–5 баллов.

СОТЯСЕНИЕ В КРАСНОЯРСКЕ

«До сих пор землетрясения относительно щадили Сибирь. Самое западное место из тех, что мне довелось проехать, где испытывали землетрясения, это Красноярск; однако они происходили здесь, должно быть, только в давние времена. Во всяком случае, никто из более молодых людей не мог вспомнить ни одного землетрясения. А те, о которых еще помнили старики, были, видимо, не настолько сильными, чтобы кого-либо сильно испугать». Далее: «... в областях Сибири, лежащих к западу от реки Енисей, ни о каких землетрясениях не известно».

В других источниках о сильных сейсмических событиях в Западной Сибири до 1734 г. ничего не сообщалось. Полученные же Гмелиным от местных стариков в 1740 г., когда на обратном пути из Восточной Сибири автор жил в Красноярске, сведения указывают на возможность здесь вполне ощутимых сотрясе-

ний. Коль скоро старики вспоминали давнее, заведомо свыше 30 лет назад, если не больше, событие, сила его в городе была 4–5 баллов. Воспоминания красноярских старожилов не могут относиться к отмеченному в Томске в 1734 г. землетрясению (Алтайскому?), а должно рассматриваться как указание на более раннее событие. Попытку оценить вероятное время землетрясения предпринял историк Манассеин в 1925 г. Он полагал, что старикам было тогда свыше 60 или даже 80 лет. От 1740 г. это дает 1680-е или 1660-е годы. Видимо, резонно принять 1680 ± 20 лет.

Вопрос в том, идет ли речь о местном событии или отголоске толчков в далеком очаге? С тех пор, т.е. без малого 300 лет, такой силы сотрясений от местных очагов в городе не ощущали. Поэтому, скорее всего, речь должна идти об удаленном и чрезвычайно сильном, а потому и редком, событии. О возможном местоположении эпицентральной области сильного, 8 или 9-балльного, землетрясения в конце XVII в. можно судить на основании известных теперь более поздних событий за последние столетия.

Согласно современным знаниям, широты Красноярска могут достигать сотрясения от очагов на Алтае, в Саянах или даже в Монголии. Так, в 1903 г. при 8-балльном землетрясении в Саянах с $M=6,1 \pm 0,2$ и на эпицентральной расстоянии $\Delta=450$ км сотрясения в Красноярске ощущались с силой около 3 баллов, т.е. явно слабее, чем в конце XVII в. А вот при Болнайском землетрясении в северо-западной Монголии 9 июля 1905 г. с $M=7,6$ и на эпицентральной расстоянии $\Delta=750-800$ км, в городе сотрясения ощущались с силой около 5 баллов. Подобное произошло в 2011 и 2012 гг. при 8–9-балльных землетрясениях в

*Степан Крашенинников (1711–1755) — российский путешественник, исследователь Камчатки, академик Петербургской АН с 1750 г. (прим. ред.).

восточной Тыве с $M=6,7$ и $6,8$, $\Delta=700$ км, при этом в Красноярске, ввиду значительно меньшей магнитуды событий, сотрясения не превысили 4 балла. Заметим, сильные землетрясения прошлого отражены в нескольких монгольских легендах и доказываются палеосейсмогеологическими исследованиями в горных районах юга Восточной Сибири.

Отсюда следует, что возникновение сильного землетрясения в одном из названных южных районов в конце XVII в., вероятно, в Тувинской области или в северной Монголии, не представляется сколько-нибудь удивительным, т.е. мы получаем новую для региона информацию.

Гмелин упоминает о том, что к западу от долины реки Енисей (где он в течение 9 месяцев путешествовал в 1739–1740 гг.) «ни о каких землетрясениях не известно». Они там, так же как севернее Красноярска, не появлялись и в последующие столетия. С другой стороны, неизвестно, чтобы Красноярска достигли сотрясения от очагов в Байкальской рифтовой зоне, даже из Тункинской котловины на расстоянии 750–800 км.

А вот «в Якутске и далее оттуда до Восточного океана (Weltmeer)... никакие землетрясения не известны», — пишет автор книги. Из этой краткой фразы, с учетом проживания отряда Гмелина в этом городе в течение 10 месяцев и его общения со множеством людей, местных и приезжих, в том числе из Охотска, следует, что в предшествующие 1737 г. десятилетия в Якутске и к востоку до Тихого океана (в районе Охотска) сколько-нибудь сильные сейсмические события не возникали. Все, что мы теперь знаем о них, относится к более поздним временам.

В КОНТЕКСТЕ СОВРЕМЕННОЙ СЕЙСМОЛОГИИ

Естественно, за прошедшие без малого 300 лет со времени путешествия отряда Гмелина наши знания о сейсмичности Сибири на ее колоссальных пространствах неизмеримо возросли. Ныне уже невозможно сказать, что «до сих пор землетрясения относительно щадили Сибирь». Это, однако, ни в коей мере не снижает ценность собранных и сообщенных путешественником сведений. Их значение непреходяще, в том числе и потому, что ныне их можно лучше интерпретировать в свете накопленного позднее массива информации.

Важен аспект возможного использования собранных Гмелиным данных в контексте современной сейсмологии. Естественно, объем и способ их представления в начале XVIII в. теперь нельзя считать достаточными для полноценных и надежных суждений. Приходится, опираясь на имеющиеся сведения и используя разобщенные фрагменты текста, отдельные заметки, с учетом известных ныне из других источников фактов, выстраивать своего рода логические цепочки с определенной долей вероятности. В некоторой степени этому помогает знание последующей, почти трехсотлетней истории сейсмических и сопут-

ствующих явлений в пределах Байкальской рифтовой системы.

Обобщая, можно констатировать следующее. Иоганн Гмелин — один из первых натуралистов, кто стал собирать и публиковать материалы о землетрясениях в азиатской части России уже в первой половине XVIII в., когда в среде естествоиспытателей того времени о них еще не было известно. Отличие его сведений по рассматриваемой теме от подобных у его современников состояло в том, что он отразил, хотя большей частью без деталей, не одно событие на относительно ограниченном участке, а привел данные, как минимум, о четырех районах и, можно не сомневаться, о нескольких в течение десятков лет перед 1741 г. землетрясениях разной силы.

Расширение знаний о землетрясениях Сибири актуально ввиду необходимости уточнения сейсмического каталога исторического времени, который здесь существенно короче по сравнению с Европейской Россией. В отношении первых трех десятилетий XVIII в. и, вероятно, самого конца XVII в. вновь вовлекаемый литературный источник такую возможность открывает. Сведения Гмелина, мы считаем, можно использовать в нескольких отношениях. Во-первых, для проверки и уточнения параметров, так или иначе известных по другим источникам землетрясений и сотрясений. Во-вторых, для включения в список вероятных землетрясений, о которых прежде речь не шла или они нуждались в подтверждениях. Наконец, пока только от Гмелина мы узнаем, что в указанный 20–40-летний период в нескольких регионах сколько-нибудь сильных землетрясений не возникало. К ним можно отнести область вдоль долины реки Енисей в его среднем течении и по левобережью, обширные пространства вокруг и к востоку от Якутска, окрестности Красноярска и бассейн реки Аргунь в Забайкалье.

Данные за первую треть XVIII в. позволяют более определенно выявлять некоторые закономерности сейсмических проявлений и в несколько ином свете рассматривать отдельные принципиально важные для оценки сейсмической опасности вопросы, например, о «Великом Восточно-Сибирском землетрясении» 1725 г., о дальности воздействия мощных толчков из удаленных очагов как в Сибири, так и в Монголии.

Иоганн Гмелин не только натуралист давно ушедшего XVIII в., он наш помощник в решении вопросов современной сейсмологии. Собранные им сведения помогут и для уточнения долговременной сейсмической опасности региона.

«НА СЕМИ ХОЛМАХ.. НА СЕМИ КЛЮЧАХ...»



Ольга БОРИСОВА, журналист

Небольшой городок Тутаев Ярославской области раскинулся на обоих берегах Волги, соединяемых лишь паромной переправой.

Изначально это были два самостоятельных населенных пункта — Романов и Борисоглебск. Первый из них, по мнению большинства историков, основан приблизительно в 1283 г. угличским князем Романом Владимировичем, впоследствии канонизированным православной церковью.

Второй, получивший название в память первых русских святых князей Бориса и Глеба, возник как «рыбная дворцовая ловецкая слобода» в конце XV в. (хотя местные предания значительно «удревняют» ее рождение, указывая 1238 г.).

Тутаев с высоты птичьего полета.

Воскресенский собор.



По предположению здешних краеведов, основатель левобережного Романова построил там крепость. Однако в междоусобных войнах XIV в. она сильно пострадала, и в 1468 г. по велению великой княгини Марии Ярославны, которой тогда принадлежал здешний удел, восстановили защищавшие город высокие земляные валы (их остатки сохранились по сей день) и поверх них возвели деревянную ограду. Вскоре владелица передала эти земли своему сыну угличскому князю Андрею Большому, затем, в конце XV в., они перешли в собственность московского государя.

В начале XVII в., в Смутное время, польские интервенты сожгли Романов «с прилегающими к нему посадами и слободами, ограбив жителей». Но город быстро поднялся из руин, а во второй половине того же столетия даже вступил в пору расцвета. Через него по «главной улице России» — Волге — осуществлялась транзитная торговля, развивались здесь и ремесла: помимо ловли «стерлядей про государев обиход», строили быстроходные и маневренные речные суда

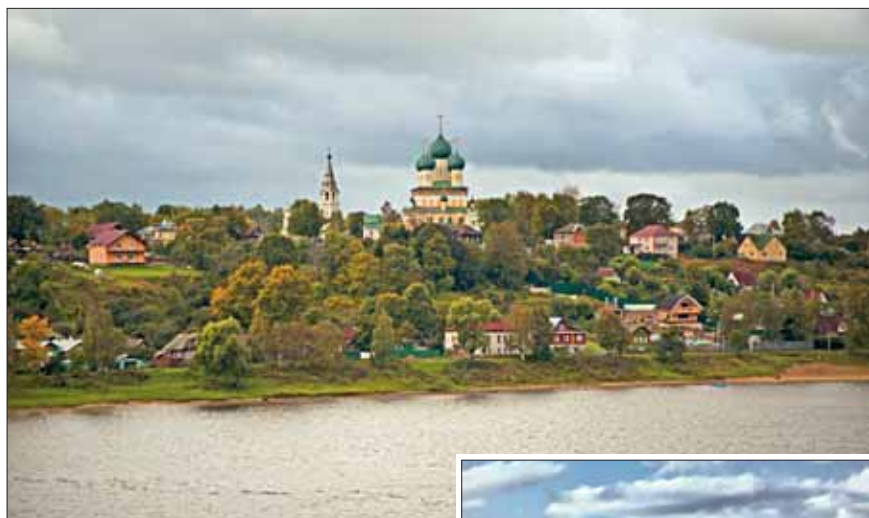
(так и прозванные — романовки), в многочисленных кузницах изготавливали металлическую утварь, гвозди. Экономический подъем позволил возвести здесь замечательные храмы, стоящие по сей день.

В 1652 г. на правобережной Борисоглебской стороне соорудили каменный Воскресенский собор (первоначально на его месте, по преданию, был деревянный в честь святых князей Бориса и Глеба, в память о чем в храмовом дворе стоит стела с крестом). Однако не прошло и двух десятилетий, как в его стенах появились трещины — по-видимому, нуждался в укреплении фундамент, заложенный на высоком холме в сложных грунтовых условиях. По предложению местных жителей постройку решили «разобрать до полуцеркви и сызнова с уступом от алтарей построить церковь Божию на сводах во имя Воскресения Христа холодную...».

Куб главного здания — зимний храм — с трех сторон окружили галереями с мощными опорами и большими полуциркульными окнами (с четвертой находится алтарный выступ), сверху возвели летний, тоже обнесенный гульбищем, а с юга и запада пристроили ведущие в него два крыльца. В результате значительно выросла площадь основания всего сооружения, что сделало его устойчивее, а облику собора такая реконструкция придала величие и монументальность.

Однако более размеров храма поражает его наружное убранство, не уступающее по красоте и пышности знаменитым культовым сооружениям Москвы*. Окрашенный в насыщенные тона, он имеет нарядный, праздничный вид: светло-желтые стены и ограда, словно в любую погоду освещенные солнцем; мас-

*См.: В. Зверев. Москва белокаменная. — Наука в России, 1992, № 1—2; А. Николаева. Музеи Московского Кремля. — Наука в России, 2006, № 5 (прим. ред.).



*Вид на правый берег
и Воскресенский собор.*



Преображенско-Казанская церковь.

сивные, на высоких барабанах купола и кровля цвета летней зелени; широкий фриз ярких фресок фасадов — все здесь радует глаз. Восхищает и наружный декор, состоящий из множества элементов: сделанные из лекального кирпича круги, валики, квадраты, внутри которых — поливные изразцы с изображениями розеток, крестов, двуглавых орлов, жанровых сцен и т.д. Причем богаче всех отделан южный фасад, обращенный к главной улице слободы. С этой же стороны в конце XVII в. соорудили трехъярусные Святые врата и шатровую звонницу (на ней сохранились два колокола XVII в.). В 1678 г. это детище безвестных мастеров, ставшее одним из наиболее выдающихся памятников ярославского зодчества, освятили, а через два года была завершена его внутренняя отделка.

С первой службы по сегодняшний день собор никогда не закрывался, поэтому сохранил свои святыни и убранство интерьера, в том числе замечательную роспись стен и сводов, выполненную артелью ярославских изографов. Отличительная особенность здешних фресок — большое разнообразие подробно выписанных сюжетов: сотворение мира, духовные подвиги святых, крещение Руси, земная жизнь Христа, его притчи, чудеса, страдания, смерть, воскресение, явление и т.д., а в центральном куполе над молящимися парит образ Вседержителя.

Воскресенский собор — не только архитектурный шедевр, но и замечательное собрание икон, деревянной скульптуры, церковной утвари и хранилище особо чтимых православных святынь. В их числе самый большой в России, высотой около 3 м, образ Спаса Всемиловитого, написанный в конце XIV в. (по мнению некоторых исследователей, преподобным Дионисием Глушицким — основателем и настоятелем нескольких монастырей в Вологодской области), в серебряном позолоченном окладе, изготовленном в 1850 г. Потемневший от времени лик с состраданием и милосердием смотрит на тех, кто пришел к нему за утешением или помощью в беде, что соответствует отечественной традиции: русские изографы трактовали этот иконографический тип как изображение Спасителя в виде мудрого, кроткого, доброго пастыря (а не грозного судьи).

Романов нередко называют «городом на семи холмах, семи оврагах, семи чистых ключах», и на каждом из холмов высится церковь. В их числе Покровская (1654 г.) с самой нарядной в Тутаеве колокольной и очень редкой по сюжету иконой Богородицы «Прибавление ума», Крестовоздвиженская (1658 г.) с замечательными фресками, выполненными при участии крупнейшего мастера русской храмовой живописи XVII в. Гурия Никитина, единственная в городе бес-

Гулянье на Волге.
Художник Борис Кустодиев.
1909 г. Государственный
Русский музей
(Санкт-Петербург).



столпная Благовещенская (1660 г.). Все храмы в округе имеют свое лицо, но их башни-звонницы похожи, как родные сестры — стройные, с восьмигранным шатром, сооруженные по подобию «ярославской свечи»*.

Того же типа колокольня возвышается и при церкви Казанской иконы Божией Матери и Спаса Преображения (1758 г.), одной из самых замечательных в Верхнем Поволжье, стоящей на романовской стороне напротив Воскресенского собора, находящегося на борисоглебской. Сооруженная на намоленном месте (до середины XVIII в. тут был «девичь Казанский монастырь»), но не на холме, а совсем близко к реке, она некогда встречала все прибывавшие в город суда. На первом этаже находится теплый Казанский храм, над ним — холодный Преображенский с открытой галереей, где частично сохранилась настенная роспись; оба имеют по два входа.

Восхищает совершенство вертикальных пропорций всего архитектурного комплекса. Здание церкви состоит как бы из двух ступеней: нижняя расположена ближе к воде, верхняя — дальше и увенчана пятью небольшими куполами на узких цилиндрических основаниях. Третьим ярусом этого своеобразного каскада служит колокольня, возведенная намного выше по крутому склону берега, чем храм, и видна даже с противоположной стороны Волги.

*«Ярославской свечи» в народе называют за красоту великолепную шатровую колокольню высотой 37 м старообрядческого комплекса в ярославском районе Коровники, построенную в 1680-х годах (прим. ред.).

Вместе с тем гениальный безымянный зодчий сумел крепко, устойчиво, на века поставить свое детище на круче, укрепив ее огромными валунами. Этот живописный ансамбль с красными фасадами, отделанными изящным лаконичным белым декором, с голубыми гранеными главками, увенчанными позолоченными крестами, одинаково выразителен как среди летней зелени, так и на фоне зимних снегов, издали притягивая взоры. По-видимому, автор стремился сделать свое творение бесконечным во времени и главенствующим в пространстве.

В 1784 г. Романов (а вместе с ним и Борисоглебская слобода), как и центры других уездов России, получил регулярный план застройки, заключавшийся в прокладке улиц, параллельных реке, и переулков, пересекающих их под прямым углом. Но в местности с множеством холмов и почти отвесными берегами эти перпендикуляры представляли собой овраги, спускающиеся к воде. Над одним из них, где протекает обмелевшая речка Медведка, сохранился живописный трехарочный Леонтьевский мост. Его построил в конце XIX в. петербургский промышленник Андрей Флягин, женившийся на крестьянке Романово-Борисоглебского уезда и перебравшийся сюда, на родину супруги, где основал изразцовый и кирпичный заводы.

В 1822 г. населенные пункты на обоих берегах Волги объединили в город Романов-Борисоглебск, а в 1921 г. его переименовали в Тутаев в честь красноармейца, погибшего при подавлении Ярославского белогвардейского выступления 1918 г.



В музее «Домъ на Новинской».

Очарование этого поэтического уголка России не могло оставить равнодушным живописца Бориса Кустодиева (в 2013 г. мы отмечаем 135 лет со дня его рождения). «Певец радости», названный так за преобладавшую в его творчестве красочную, жизнеутверждающую, мажорную интонацию, близкую народному искусству, любил всем сердцем города и села Верхней Волги. В 1906–1909 гг. он посещал и Романов, где написал картину «Гулянье на Волге» (1909 г., Государственный Русский музей), запечатлев набережную и противоположный берег с Воскресенским собором. Кроме того, художник сделал здесь немало эскизов, ставших основой для создания таких полотен, как «Купание» (1921 г., частное собрание), «Лето. Провинция» (1922 г., частное собрание) и т.д.

Тулаев знаменит не только памятниками архитектуры, неброской красотой природы средней полосы, но и талантами, золотыми руками своих жителей. Повсеместно он прославился как родина «золотого руна России» — романовской овцы, выращиваемой местными крестьянами с XVII в. и считающейся лучшей в мире по шубным качествам. Постепенно путем селекции сформировалась великолепная порода, отличавшаяся высокой плодовитостью. Изделия из такой овчины, по словам ценителей, «теплые, как заячий пух, красивые, как шкурка песца, и прочные, как шкура волка». В 1851 г. они были удостоены высоких наград Великой выставки промышленных работ всех народов в Лондоне, в 1867 г. — Всемирной в Париже, и с тех пор северных кудрявых красавиц разводят в Болгарии, Франции, Венгрии, Португалии, Испании.

В 2006 г. в городе открыли музей «Царская овца» (отдел выставочного комплекса «Борисоглебская сторона»), названный так не случайно: в 1716 г. государь-реформатор Петр I издал указ о наращивании и поощрении разведения в Романовском уезде столь выдающейся породы. Экспозиция воспроизводит



избу овчара, где можно познакомиться с крестьянской домашней утварью, инструментами, необходимыми для скорняжного промысла. Тут же представлены шубы, рукавицы, душегреи, шапки из овчины, а также детские игрушки, множество вязаных, шитых, деревянных и других барашков. Словом, все, что мы здесь видим, а это более 300 предметов, связано с замечательным домашним животным, спутником человека с глубокой древности — кучерявой кормилицей, без которой некогда не обходилось почти ни одно здешнее хозяйство.

В выставочный комплекс «Борисоглебская сторона» также входит (с 2008 г.) экспозиция «Мануфактура Классена». В 1864 г. уроженец Германии Георг Иоган (Егор Иванович) Классен построил тут фабрику, ставшую одной из крупнейших в Ярославской губернии и налажившую выпуск высококачественной льняной пряжи и нитей. А выбрал он именно это место для открытия производства потому, что здешний климат очень хорош для выращивания «северного шелка». Унаследовал от отца дело Егор Егорович Классен — выпускник Санкт-Петербургского коммерческого училища и Дрезденского политехнического института, много сделавший для благоустройства города, в частности финансировавший строительство жилых и общественных зданий, разбивку парка.

В дальнейшем небольшое предприятие выросло в крупный льнокомбинат, ныне носящий название «Тульма», где создан музей. Переданные им артефакты стали основой для формирования экспозиции «Мануфактура Классена», рассказывающей о жизни города во второй половине XIX — начале XX в., о старейшей в районе льняной фабрике, ее основателях и руководителях. Здесь можно познакомиться с ассортиментом выпускавшейся ею продукции: различные виды холста, рavenдук (парусина), мешковина, ткани для сумок, плащей, дамских платьев и др. — всем, что перечислено в представленном тут же каталоге 1912 г.

Весьма интересны фотографии, запечатлевшие служащих, рабочих, их дома, лабаз, больницу, училище, а также воспроизведенный благодаря подлинным вещам Егора Классена (трость, миниатюрный сейф с монограммами, счеты и пр.) фрагмент его кабинета. Разумеется, такую экспозицию нельзя представить без раздела, посвященного переработке льна и ткачеству: здесь мы видим прялки, ткацкий станок, готовое полотно, сшитые из него изделия, в частности крестьянскую одежду, и т.д. А вот и фабричный гудок, в 1864—1957 гг. стоявший в котельной фабрики и на расстоянии до 10 км возвещавший о начале и окончании смены.

Кроме того, о наполненной трудами жизни города — частички огромного государства, маленькой, но неповторимой по облику, судьбе и духу, многое можно узнать в находящемся на романовской стороне интереснейшем выставочном комплексе «Домъ на Новинской». В нем размещена единственная в России экспозиция, посвященная истории провинциального банка (действовала с 1919 г., в 1954 г. была закрыта и воссоздана в 1990 г. как филиал Ярославского художественного музея). Первая ее часть — операционный зал солидного финансово-кредитного учреждения, оборудованный встроенными, передвижными сейфами, старинной конторской мебелью, в том числе стеллажами, презентабельными столами с пишущими машинками, счетами, амбарными книгами, бланками, различными купюрами.

Второй раздел представляет собой расположенную на двух этажах квартиру управляющего банком, где можно познакомиться с бытом семьи провинциального служащего. Заглянув в его кабинет, видим массивный письменный стол, где аккуратно расставлены нужные для работы предметы — лампа, счеты, чернильный прибор, часы, разложены документы, фотографии и пр.; рядом библиотека с солидным собранием книг. В большой нарядной гостиной — рояль, кресла, столик для игры в карты, бюсты, картины. Но больше всего посетителям нравится очаровательный будуар хозяйки, где на туалетном столике — множество статуэток, вазочек и других прелестных женских мелочей, а на стене развешаны семейные фотографии. Воссоздана и хозяйственная половина дома — кухня, наполненная всевозможной посудой, комната горничной и т.д.

Примечательно, что экспонаты тут продолжают «жить», как и в те времена, когда служили своим владельцам: в зависимости от времени года в передней на вешалке висит плащ или шуба, перед праздниками меняется убранство комнат и сервировка стола. Добавим, этот своеобразный «театр памяти» находится в здании в стиле модерн* — памятнике архитектуры конца XIX в., где действительно был Романово-Борисоглебский общественный городской банк с казенной квартирой для управляющего.

В 2005 г. в «Доме на Новинской» открылись новые выставки, рассказывающие о местных промыслах, сделавших город известным в нашей стране и за ее

пределами. Одна из них, как и музей, посвященный романовской овце, связана с созидательной деятельностью царя Петра I. Накануне второго Азовского похода (1696 г.)* в Воронеже и подмосковном селе Преображенском по его велению развернулось строительство военных кораблей и транспортных судов для доставки к турецкой крепости Азов войск, боеприпасов, артиллерии, провианта.

Вот тогда и пригодилось мастерство здешних кузнецов — ведь ни одно деревянное изделие не обходится без гвоздя. К тому же их продукцию высоко оценил сам государь-реформатор. «Имать на романовских заводах у купца Ивана Боргина сколько будет надобно, а ему, Ивану, за то железо будут даны деньги» — последовало распоряжение Разрядного приказа (тогдашнего Министерства обороны). Словом, созданию отечественного флота активно содействовал и небольшой верхневолжский городок (кстати, парусники в нем делали уже в XVI в.).

Об этих событиях рассказывает выставка «Романовский гвоздь». Можно сказать, что в ее комплектовании участвовал весь город — артефакты собирали по домам жителей, причем годами. Посетители музея могут увидеть кованые изделия, изготовлявшиеся в XVII — начале XX в. династиями местных ремесленников: якоря, ключи, замки, подковы, засовы, весы, безмены, уличные фонари, декоративные козырьки, украшавшие вход в дом. Рядом орудия труда мастеров: молотки, кувалды, наковальни, меха, клещи и, конечно, сам «герой» экспозиции — немудреный, казалось бы, но столь необходимый в строительном и столярном деле предмет. Каких только видов его не делали в тутавских кузницах: громадные с толстыми большими шляпками, длинные, многогранные, а есть и почти не отличимые от современных.

Наконец, заглянем в еще один раздел музея «Домъ на Новинской», названный «Романовская баранка», также знакомящий с уникальным местным промыслом. Изделия, придуманные здешними кулинарами, представляли собой хлебцы особой рецептуры из заварного теста, замешанного на самой лучшей пшеничной муке, в форме овального кольца, нередко весьма причудливо украшенного. На выставке представлены и традиционные круглые баранки различных размеров, собранные в гирлянды, которыми наряжены сверкающие медью самовары, и удивительные творения — плоды богатой фантазии тутавских пекарей: те же овечки и гвозди, а также монетки и даже парусник.

Прощаясь с небольшим поволжским городком, не перестаем восхищаться мастерством и талантами, на которые так щедро русская земля.

*Азовские походы 1695 и 1696 гг. — военные кампании России против Османской империи, закончившиеся взятием армией царя Петра I турецкой крепости Азов (прим. ред.).

* См.: Т. Гейдор. Русская архитектура Серебряного века. — Наука в России, 2009, № 6 (прим. ред.).

ДРЕВНЕРУССКОЕ ПРИКЛАДНОЕ ИСКУССТВО В ЭПОХУ СТАНОВЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОСТИ

Доктор исторических наук Наталья ЖИЛИНА,
ведущий научный сотрудник Института археологии РАН

В X — начале XI в. Русь только начинала знакомиться с христианским монументальным искусством — архитектурой, мозаикой, иконами, фресками. В то время на ее территории доминировало искусство прикладное — во внешнем облике, орнаментации украшений, предметов вооружения, орудий труда отразились существенные для той эпохи процессы художественного развития. Небольшие по размеру, обиходные, не казущиеся значительными изделия древних мастеров, тем не менее, характеризуют важнейший период в истории отечественного искусства — начало русской государственности.

Такие артефакты известны в основном по археологическим материалам, в искусствоведении они рассматриваются довольно общо — сведения о них выглядят скорее как введение к подлинному искусству, начинающемуся со строительства православных храмов, создания фресок и икон. При изучении художественных изделий периода Древней Руси многие отечественные исследователи, как правило, делают акцент на констатации их сходства с работами скандинавских, моравских и византийских мастеров. Но говоря о внешних влияниях, недоста-

точно их только отмечать, надо еще и увидеть их роль внутри славяно-русской культуры. Для формирования целостного представления об этом этапе нашего прикладного искусства более важно сосредоточиться на его внутренних закономерностях. Предпримем такую попытку.

СЛАВЯНСКАЯ ОСНОВА

В VI—IX вв. в восточно-славянском обществе выделялась богатая знать, обладавшая более дорогими и красивыми вещами, чем рядовое население. Но несмо-



Золотые браслеты из клада Х в.
(найден в Киеве в 1913 г.).

**Реконструкция ювелирного
филигранного убора
в славянских традициях Х в.**
(реконструкция Натальи Жилиной,
рисунок Олега Федорова).



тря на неуклонное формирование искусства элитарного, прикладное в целом оставалось близким народному уровню. Крупные и тяжелые мужские и женские украшения из металла — шейные гривны, браслеты, височные кольца — были просты и естественны по формам, соответствовали пропорциям тела, вторили очертаниям головы, шеи и рук. Способы их изготовления и обработки — ковка, литье, простейшая насечка, штампование — не давали еще возможности для возникновения каких-либо отличительных особенностей художественного оформления. Поэтому можно сказать, что оно в эти века оставалось в основном «до» или «вне» стиля. Правда, в VII–VIII вв. начинают вырабатываться устойчивые приемы орнаментации металлической пластины с использованием тиснения: на подвесках появляются выпуклые полусферы разной величины, располагающиеся одиночно или складывающиеся в узоры. Это уже свидетельства зарождения стиля.

К VIII в. произошли изменения в славянском костюме: для основного платья перестали использовать драпированную конструкцию, т.е. составленную из полотнищ, поддерживаемых на теле с помощью крупных застежек — фибул. Вместе с литыми плечевыми застежками из художественного металла ушли в прошлое своеобразные варианты общеевропейских и евразийских стилей прикладного искусства, выработанные в славянской среде. Надо заметить, это были очень яркие и роскошные внешне, но не слишком дорогие украшения из бронзы или латуни с рельефным орнаментом.

Немногочисленные клады IX в. (всего их известно 16) найдены как на севере и в центре, так и на юге Восточно-Европейской равнины, т.е. практически на всей потенциальной территории формирования древнерусского государства. Однако судя по присутствующим в них вещам и монетам, они относятся в

основном к периоду, предшествовавшему официально принятой дате его образования — 882 г.

Обнаруженные при раскопках вещи личного убора характеризуют славянскую знать: военных князей-предводителей и богатых дружинников. Клады довольно богаты, но не включают золотых монет и украшений. Среди последних встречаются привозные, полученные от ближайших соседей — финно-угров и кочевников. Это предметы такого же элементарного достилевого художественного уровня, например, литые объемные серьги с подвесками — славянские женщины носили их вместе с собственными украшениями. Появились лучевые височные кольца — одни из первых восточно-славянских ювелирных изделий. По мнению большинства специалистов, в их формах отражены стилистически переработанные византийские серьги.

В конце IX в. и на протяжении X в. славянские мастера овладевают сложной техникой — филигранью*. Убор из украшений переходит от металлической, более простой стадии, к ювелирной: тонкие приемы декора позволяют создавать разнообразие орнаментации, формировать стили. В искусстве зерни орнаментация складывается из геометрических по форме элементов: ромбов, треугольников, полос. Возникают предпосылки для появления целой группы геометрических стилей.

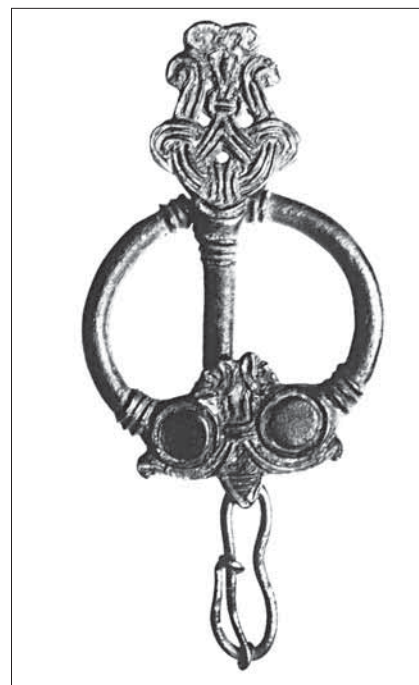
ЮВЕЛИРНОЕ ИСКУССТВО СЛАВЯН И СКАНДИНАВОВ В Х в.

К концу IX в. сформировалось государство Русь, объединившее северную и южную территории Вос-

*Филигрань (скань и зернь) — ювелирная техника, использующая напаянный на металлический фон или ажурный узор из тонкой золотой или серебряной проволоки и зерни, представляющей собой металлические мельчайшие шарики (прим. ред.).



Скандинавские филигранные подвески к ожерелью X в.: в завитковом стиле (вверху), в стиле Борре (в центре), в стиле перегородчатой зерни (внизу слева), в стиле Еллинг (внизу справа). Государственный Эрмитаж, Санкт-Петербург. (Из книги А. С. Гущина «Памятники художественного ремесла Древней Руси X–XIII вв.». М.:Л., 1936)



Скандинавская кольцевидная фибула с Рюрикова Городища под Великим Новгородом, IX–X вв. (Из книги «Новгородская Русь. Рождение державы». СПб., 2012)

точной Европы. Археологический материал X в. — безусловно «государственного» столетия — свидетельствует об усложнении иерархии внутри общественной элиты.

С прежней социальной верхушкой, которую представляли потомки славянских князей, ассоциируются клады с традиционными тяжеловатыми литыми и коваными украшениями, отличающиеся от кладов более раннего периода (IX в.) использованием золота. Правда, таких комплексов довольно мало — их известно всего 4. Например, это клад, найденный в Киеве в 1913 г., в его состав входят литые и вытые золотые браслеты. В X в. меняется общий облик драгоценностей элиты. В большинстве кладов присутствуют украшения, выполненные в тонких ювелирных технологиях — зерни и тиснении. Их можно связывать с новым высшим социальным слоем — дружинниками, опорой центральной княжеской власти. Быт знатных воинов был тесно связан с торгово-ремесленной средой: качественно выполненные оружие, предметы экипировки и украшения личного убора требовались знати не только для непосредственного осуществления ее общественной роли. Предметы роскоши обеспечивали княжеским дружинникам и членам их семей престижный, соответствующий высокому статусу внешний облик.

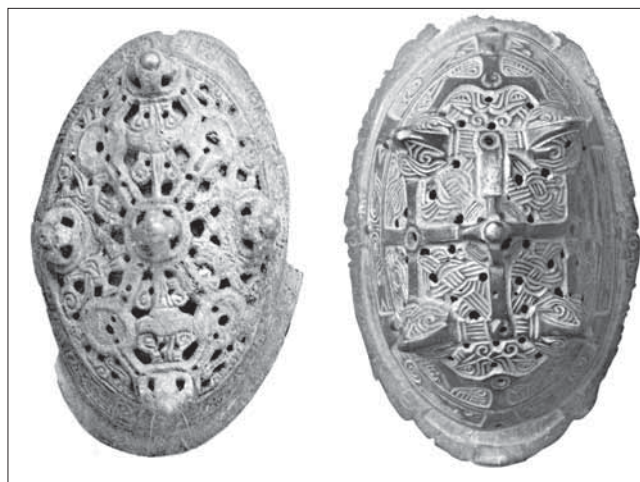
Но и эти клады, в целом ассоциируемые со служилой знатью, неоднородны и делятся на две группы. В шести из них, происходящих в основном из Среднего Поднепровья, скано-зерненные изделия ювелирного убора имеют славянский облик: подвески к ожерелью лунничной формы (с очертанием полумесяца), бусины, височные кольца и подвески в форме грозди к головному убору. В других шести наряду со

славянскими есть иноземные изделия — в основном скандинавские (Верхнее Поднепровье, а также Новгородская область) и отдельные византийские. Особенности двух выделенных групп кладов объясняются составом княжеской дружины, включавшей как этнических славян, так и варягов (правда, не следует исключать и интереса со стороны первых к эффективным иноземным украшениям).

Декоративное оформление местных и иноземных ювелирных изделий стилистически отличается. На вещах традиционно-славянского типа распространены геометрические орнаменты зерни. К X в. существовал целый ряд разновидностей таких стилей: в объемно-геометрическом украшение формируется из спаянных между собой гранул и отрезков филигрانی, а в плоскостных (линейно-геометрическом и геометрическом) создается тиснением корпуса изделия с последующей орнаментацией поверхности зернью в виде линий, ромбов и треугольников.

Для изделий скандинавской школы характерен завитковый стиль филигрانی с композициями в виде розеток, составляемых из завитков, хотя встречаются и более ранние растительно-древовидные мотивы. Очень выразителен стиль перегородчатой зерни, также известный в основном по искусству Северной Европы, хотя, впрочем, не исключено его распространение и в Византии. Филигранной проволокой мастер формировал контур изображения, а фон внутри него заполнял шариками зерни — это позволяло создавать интересные изобразительные композиции. В отображении животных сказывались элементы германских звериных стилей, основное развитие которых связано со скандинавской культурой. Популярными оказываются подвески к ожерелью с изобра-

Скандинавские скорлупообразные фибулы:
стиль Борре, X в., Гнездово, Смоленская область (слева);
стиль Еллинг, вторая половина X — начало XI в.,
Витебская область, Беларусь (справа).
 (Из книги «Путь из варяг в греки и из грек...». М., 1996)



Скандинавская орнаментика на деревянных изделиях
из раскопок Великого Новгорода X — начала XI в.:
плетеный орнамент на ручке чаши (вверху слева);
навершие в виде звериной головы (вверху справа);
орнаментальная сетка в стиле Борре (в центре);
орнамент в стиле Еллинг (внизу).

жением распластанной птицы. Но в целом на Руси произведений в перегородчатом стиле зерни очень мало — к X в. он уже уходит в прошлое.

Среди женских украшений в кладах преобладают славянские: височные кольца, подвески гроздевидной формы к головному убору, лунничные и полусферические подвески к ожерелью, сферо-конические пуговицы. Массового перехода к скандинавскому убору не наблюдается. Русские женщины, относящиеся к элите общества, в costume и уборе сохранили традиционно-славянский облик.

ВЛИЯНИЕ СКАНДИНАВСКИХ СТИЛЕЙ

Скандинавские стили искусства отразились главным образом в предметах поясного набора, вооружения, конского снаряжения, т.е. в облике знатных и состоятельных мужчин-дружинников. Об этом свидетельствуют погребения могильника Гнездово в Смоленской области (археологи изучают его с конца XIX в.), а также клад, найденный в 1969 г. на городище Супруты в Тульской области. Мощные кольцевидные фибулы с иглой, орнаментированные звериными изображениями, использовавшиеся преимущественно в мужской одежде, выполнены в зверином стиле Борре*. Он характеризуется скульптурным декором,

включающим звериные морды и лапы, а также человеческие личины, данные в фас. Его можно считать своего рода отклонением в германском искусстве, где главной тенденцией было развитие ленточного плетения, объединявшего в единых сложных композициях остальные элементы. Данный же стиль, который в рассматриваемую эпоху ярче других проявился в русском искусстве, более груб и прост. Восприятие таких художественных форм в X в. было созвучно идеям силы, воинского захвата, власти и вполне соответствовало началу государственной эпохи. С ней он символически и связался.

Существовавший почти одновременно стиль Еллинг*, характеризующийся сложным изящным ленточным плетением, проявился на Руси меньше и несколько позднее (X—XI вв.), когда произведения скандинавских умельцев воспринимались преимущественно как декоративные, не несущие в себе символов.

Нельзя не отметить, что стили этого искусства сложны, подражать им в целом довольно трудно, поэтому мастера на Руси, вероятно, постепенно осваивали отдельные их компоненты. Костюм скандинавских женщин сохранял драпированную конструкцию — скалывание деталей одежды так называемыми скорлупообразными фибулами. Их орнаментальная

*Стиль Борре назван по бронзовой упряжи с позолотой, обнаруженной в кургане в Борре, близ Усеберга (Норвегия); получил распространение со второй половины IX в. до середины X в. (прим. ред.).

*Стиль Еллинг назван по находкам в резиденции датских конунгов (верховных правителей) IX—X вв.; получил основное распространение в последней четверти IX в. — третьей четверти X в. (прим. ред.).



Декоративный растительный стиль: деталь поясного набора из Среднего Поднепровья, VII–VIII вв. (вверху слева); накладные бляшки на ремень из Поднепровья, X в.



Турьи рога из Черной Могилы — богатого погребения под Черниговом.

композиция четко организована овально-ромбической сеткой — важной составляющей стиля Борре. На более поздних фибулах развивается ленточное плетение, переходное к стилю Еллинг. Так называемые равноплечие фибулы, удлиненная форма которых составлена из ромбов, предназначались для скалывания пол верхней распахнутой одежды. Эта форма также идеально соответствует овально-ромбической сетке.

На трехчастных фибулах, стремившихся по форме к треугольнику, развивается другая составляющая стиля Борре — рельефный плетеный орнамент, состоящий из треугольных звеньев. На таких изделиях он остается четко организованным и относительно простым, и поскольку не включает всего богатства элементов указанного стиля, ему легче подражать.

Восприятие скандинавских орнаментов славянскими мастерами по металлу и дереву прослеживается как в частичном, так иногда и в почти полном воспроизведении композиций. К ним практически ничего не добавляется. В пределах X в. идет процесс освоения нового, и его можно увидеть.

В деревянной резьбе, известной по раскопкам в Великом Новгороде, на ручках чаш и крышках сосудов повторяется плетеный орнамент, один из компонентов стиля Борре. Воспроизводится в дереве и характерная для него ромбическая сетка. Металлические бляшки конского оголовья из клада с городища Супруты демонстрируют образцы подражания данному стилю, правда, пока остающиеся на низком уровне.

Высокохудожественная передача орнамента в стиле Еллинг относится к XI в. Тогда же появляются произведения, свидетельствующие о синтезе славянской, византийской и скандинавской орнаментации, ины-

ми словами — о творческой переработке. Последующие стили искусства Северной Европы XI–XII вв. известны на Руси по единичным находкам.

Таким образом, скандинавские стили X в. дали, образно говоря, свои всходы в русском искусстве, но местная почва сообщила им другие условия и направления роста, чем на их родине. Это пример усвоения и адаптации внешнего влияния, что не является зависимостью от него.

РАЗВИТИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ОРНАМЕНТА

На Руси проявился и европейский декоративный растительный стиль, характеризующийся пышными, «набухшими» почкообразными элементами. Так нарядно оформлялись престижные мужские поясные наборы: накладные на пояс бляшки, подвесные к нему же сумочки. Как правило, более всего этот стиль возводится к искусству Венгрии, но он также наблюдается у западных славян и кочевников. И эти похожие варианты имеют скорее не один общий центр происхождения, а собственные в каждом регионе, поскольку искусство линейной резьбы или гравировки известно каждому народу. Резьбой выполнялись литейные формы для изделий, наносился первичный эскиз для последующей чеканки.

Происхождение художественных форм декоративного растительного стиля настолько естественно и логично, что к ним может прийти каждый мастер на определенном этапе профессионального совершенствования. Начальный этап этого стиля, характеризующийся скуповатым линейным орнаментом, представлен во всех зонах его существования. Прослеживается он и по поясным наборам VII–VIII вв.



Застежки дорогой одежды X в. из кургана Гульбище (Чернигов) с растительным орнаментом.



Византийская композиция парных птиц на славянском лучевом височном кольце X в. с городища Супруты Тульской области.



из славянского Поднепровья. Его продолжают аналогичные, почти не изменившиеся образцы такой орнаментации конца IX—X вв. Киевский исследователь Руслан Орлов в статье, опубликованной в 1984 г., отнес их к одной из южно-русских художественных школ.

На следующем этапе орнамент усложняется: между линиями «рождаются» набухшие растительные элементы — отчетливее они вырисовываются в сочетании с фигурно оформленным краем изделия. Затем такие эффектные пышные элементы и мотивы повторяются в любых сочетаниях.

Высокохудожественные изделия русских мастеров, выполненные в растительном стиле с включением зооморфных мотивов, известны и по находкам X в. Ритуальные сосуды из рога тура с серебряными оковками, найденные в богатом мужском погребении Черная Могила под Черниговом, сложны по орнаментации. В оковках нашли отражение разные стадии развития декоративного растительного стиля — и более простая, и более пышная. В последней можно видеть один из истоков древнерусского пышного растительного орнаментального стиля конца XII — первой трети XIII в.

ХУДОЖЕСТВЕННОЕ ВЛИЯНИЕ ВИЗАНТИИ

В X в. ощутима и волна очередного воздействия Византии, связанная с восприятием также растительного, но значительно более строгого — кринообразного — орнамента. Название его происходит от слова «крин», или лилия — этот цветок с высоко поднимающимся центральным листом произрастал в Сирии. В христианской орнаментальной культуре он символизировал процветание и власть. Русь познакомилась с ним по византийским произведениям в технике резьбы по кости и камню. Четкая организация и относительная простота элементов, сформированных упругими кривыми линиями, облегчает воспроизведение орнамента. В это время он уже встречался

на древнерусских изделиях: деталях украшения поясов, застежках одежды, височных кольцах, оружии. Серебряные застежки кафтана, орнаментированные трехлепестковыми ростками, из богатого погребения X в. Гульбище в Чернигове еще сохраняют стилистику декоративного стиля, но сделали шаг к кринообразному.

Распространяется и типичная для христианского искусства композиция — птицы у древа. В X в. она используется еще довольно ограниченно, проникая в оформление женских украшений к головному убору — лучевых височных колец. Однако в XII в. ею будут просто насыщены древнерусские украшения княжеского убора в технике перегородчатой эмали. Такая композиция встречается на колтах — подвесных украшениях к головному убору, носимых на цепях-ряснах, из кладов Киева и Киевской земли.

Таким образом, элитарное искусство, использующее дорогие материалы и создающее предметы роскоши и престижа в тонких технологиях, в X в. демонстрирует пока не смешение стилей, а их разнообразие, сопоставление, фрагментарное художественное освоение мастерами и заказчиками.

МЕСТНЫЕ ЗВЕРИНЫЕ ОБРАЗЫ

Самостоятельные процессы происходят в X в. и в более демократическом искусстве. В резьбе по дереву наблюдается простейшая трактовка звериных образов, основанная на элементарных приемах. Деревянная скульптура из Великого Новгорода дает изображения, выполненные в первобытно-обобщенной манере, с передачей наиболее выразительных частей облика зверя. Тем не менее появляются первые устойчивые приемы, позволяющие передать образ зверя более схематично и декоративно. Например, дугобразные линии используются в изображениях спины лошади, клюва птицы, они же формируют простейший орнамент. Приемами народной декоративной трехгранно-выемчатой резьбы передается пасть зверя. Относительно простая техника создания



Деревянная скульптура X в. из Великого Новгорода: в первобытно-обобщенной манере (вверху слева); с элементами декоративной разработки — фигура лошади; головка птицы и пасть зверя.

Звериные изображения на поясных накладках, клад X в. с городища Супруты Тульской области. (Из книги В.В. Мурашевой «Супрутский клад». М., 2008)

изображений в дереве способствует не только развитию местных традиций, но и обогащению их за счет иноземных.

В деревянной резьбе из Старой Ладogi и Великого Новгорода, а также в глиняной пластике продолжается создание идолообразных антропоморфных и зооморфных изваяний в духе языческой эстетики: почти без декоративности, без красоты, с показом крупных, грубых, устрашающих черт лица. Такова, например, антропоморфная статуэтка из глины, найденная в одном из упоминавшихся Гнездовских курганов.

В художественных изделиях из металла также присутствуют изображения зверей. Появляются и сцены их борьбы. Но уровень отображения еще нуждается в совершенствовании. В русском искусстве к тому времени еще не выработано устойчивых декоративных канонов передачи звериных образов. В качестве примеров можно привести изображения на поясных накладках из клада IX в. в селе Железницы Рязанской губернии (1855 г.) и из клада X в. с городища Супруты.

Особо следует выделить сложное сюжетное изображение на серебряной оковке рога тура из Черной Могилы. В мифологической сцене участвуют люди, а также фантастические и реальные звериные персонажи. По мнению археолога и историка академика Бориса Рыбакова, высказанному в 1948 г., здесь отразилось содержание русской сказки или былины. Подводя итог изучению этого произведения в 2007 г., доктор исторических наук Владимир Петрухин (Институт славяноведения РАН) полагает, что отображенным оказался древнейший сюжет евразийской первобытной мифологии: поединок воинов или правителей, распространенный у ближайших соседей Руси — хазар. Оба исследователя отметили художественные параллели с иранским искусством. И все же черты, которые прочно связали бы эти изображения с каким-то иностранным



стилем, уверенно указать невозможно. Борис Рыбаков увидел в этом произведении русский вариант тератологического «чудовищного» стиля — один из истоков развития древнерусского орнамента XII—XIII вв., который более всего проявился в оформлении изделий, выполненных в технике черни*: на них также присутствуют сплетающиеся фигуры животных и птиц, человеческие персонажи участвуют в различных сценах, по содержанию связанных со славянскими языческими обрядами. Примерами служат браслеты из кладов, найденных в Твери в начале XX в. и в Старой Рязани в 1966 г., а также колты из клада, обнаруженного в деревне Терехово Орловской губернии в 1876 г.

*Чернь — орнаментальные изображения черного цвета, нанесенные на металл (золото, серебро) черневым составом — сплавом сернистого серебра, уложенным в углубления, нанесенные гравировкой (прим. ред.).

**Зооморфная орнаментация турьего рога
из Черной Могилы под Черниговом, X в.
(По С.В. Белецкому, 1998 г.)**



**Распластанная птица
на наконечнике
ножен меча
из кургана в
Шестовице
под Черниговом, X в.**

ДЕКОРАТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СИМВОЛОВ

На произведениях с использованием государственной символики разные орнаментальные тенденции сливаются более интенсивно, быстрее вырабатываются обобщенные варианты, утрачивающие непосредственную связь с иноземными стилистическими прообразами.

С принятием Русью христианства в 988 г. византийская культура воздействует на славяно-русскую именно как религиозная, начинается введение в арсенал прикладного искусства символов новой государственной религии. Кресты с геометризованными кринообразными окончаниями присутствуют на византийских и первых русских золотых монетах окрестившего Русь великого князя Владимира Святославича (ок. 960–1015). Орнаментальная фигура крина тем самым демонстрирует связанность с символикой власти. Аналогичную форму приобретают и нательные кресты, личные предметы культа.

Символом принадлежности к правящей на Руси династии Рюриковичей являются знаки в виде дву-

зубца или трезубца, причем с каждым из князей исследователи связывают определенные их формы. Эти знаки ставились на предметах, принадлежавших доверенным лицам князя, например, на трапецевидных подвесках. Кроме того, их ставили и на простых бытовых изделиях и орудиях труда, принадлежавших княжескому хозяйству. Трезубец очерчивали кривыми линиями. Такое изображение могло трансформироваться либо в плетено-растительный орнамент, либо в изображение птицы. Различные варианты воплощают эти тенденции в неодинаковой мере. В одних, с преобладанием скандинавской стилистики X в., используется плетение. Но главной и со временем побеждающей тенденцией стала византийская растительно-завитковая орнаментация.

Форма лилии-крина надолго становится одним из наиболее распространенных мотивов, который входит в арсенал русского прикладного искусства, становясь своеобразной эмблемой русского княжеского воинства. Например, такая растительная фигура, выполненная в технике инкрустации позолоченным серебром по железу, занимает центральное место на лицевой маске шлема X в., случайно найденного в Киеве в конце XIX в.

На наконечниках ножен мечей и монетовидных подвесках отображена распластанная птица-орел в обобщенной трактовке — прообраз будущей государственной геральдики, связываемая в истоке в равной мере и с византийским, и со скандинавским влиянием. В выделяющейся государственной сфере русского искусства особенности отдельных дохристианских стилей гасятся, побеждает византийская схематичная трактовка распластанной птицы.

К концу X в. возникла и древнейшая регалия высшей княжеской власти. Головной венец Владимира Святославича отражен на первых отчеканенных им



Орнаментализация знака Рюриковичей:
сребреник Владимира, 980–1015 гг. (слева);
трапецевидные подвески начала XI в.
из Старой Ладogi со скандинавской
орнаментацией (в центре сверху);
с растительной орнаментацией
из Белгорода (в центре внизу);
знаки на княжеских печатях
конца X–XI вв. Ярослава Владимировича,
Белоозеро, и Изяслава Ярославича,
Великий Новгород
(справа сверху и внизу).

Венец князя Владимира Святославича
на златнике 980–1015 гг.
Государственный Эрмитаж,
Санкт-Петербург. Фото А. Лаврентьева



Деталь маски шлема X в. —
случайная находка в Киеве.



на Руси монетах (980–1015 гг.). Изготовлен он по византийскому образцу и аналогичен убору константинопольского императора Константина Мономаха (ок. 1000–1055 гг.) на монетах того же времени, в частности, на золотой номисме 1042–1055 гг. из собрания Государственного исторического музея. Высокий венец Владимира состоит из диадемы, соединенной в единую конструкцию с крестообразно перекрещивающимися обручами, поддерживавшими убор на голове сверху. Впереди, справа и слева расположены подвески-рясна объемной формы. К этому времени они утратили функциональное назначение завязок, которыми ранее диадема скреплялась на затылке. Венец Владимира, скорее всего, был украшен пластинами византийской перегородчатой эмали. Начинала осуществляться та важная роль, которую в русском искусстве сыграли ее образцы: эмалевый драгоценный убор, сложившийся на Руси в конце XI–XII в. был наиболее роскошен, его носили представители княжеского сословия, а сама перегородчатая эмаль стала впоследствии поистине государственной отраслью прикладного искусства.

Произведения X в. демонстрируют спектр сосуществующих чистых стилевых направлений, которые в эту эпоху сопоставляются мастерами и заказчиками. Разные истоки искусства не только не слились в X в. в единый национальный стиль, но по произведениям только этого столетия не вполне ясно, какие из художественных тенденций в дальнейшем станут главными. Только теперь можно говорить об этом, когда нам уже известно, какие линии получили развитие в XI–XIII вв. Искусство X в. формирует живую и разнообразную основу, создавшую предпосылки для расцвета древнерусского прикладного искусства последующего времени.

В статье использованы иллюстрации из книг
Б.А. Колчина «Новгородские древности.
Резное дерево». М., 1971;
Б.А. Рыбакова «Русское прикладное искусство
X–XIII вв.». Л., 1971.;
«Меч и златник». М., 2012; «Русь в IX–X веках.
Археологическая панорама». М., 2012

СТРАНА ГОЛУБЫХ РЕК



Ольга БАЗАНОВА, журналист

В конце 2012 г. в «Провиантских магазинах» — выставочном комплексе Музея Москвы — открылась этнографическая выставка «Традиционная культура и быт тувинцев».

На ней представлена часть обширных фондов Национального музея им. Алдан-Маадыр, находящегося в столице Республики Тыва Кызыле, — более 300 экспонатов, знакомящих посетителей с природой, историей, декоративно-прикладным искусством этого края, обычаями и верованиями его жителей.

«Провиантские магазины», выходящие фасадом на Крымскую площадь Москвы, были построены в 1829–1835 гг. под руководством Федора Шестакова по проекту Василия Стасова и предназначались для хранения запасов продовольствия расквартированных неподалеку (в Хамовни-

ческих, Спасских, Лефортовских казармах и др.) военных подразделений. Архитектурный ансамбль в стиле позднего классицизма*, отличающийся строгостью, монументальностью и лаконизмом,

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

«Провиантские магазины».



Тувинский пейзаж.

состоит из трех двухэтажных прямоугольных складских корпусов 30–80 м, расставленных в форме буквы «П», и кордегардии — помещения для караула. Стены зданий, согласно замыслу зодчих, были побелены; ставни, решетка ограды, высокие двери (можно сказать, ворота — через них сюда въезжали провиантские фуры) выкрашены в черный цвет, что мы наблюдаем и сегодня. Второй этаж, куда ведут широкие пологие пандусы, освещен большими полуциркульными окнами.

По словам выдающегося архитектора, теоретика и историка градостроительства, педагога, реставратора академика АН СССР с 1943 г. Алексея Щусева, простота решения всей постройки, единственный декоративный элемент которой — лепные лавровые венки, увитые лентами, над окнами первого этажа, «не знает себе равной. Немногочисленные детали убранства прорисованы с исключительным совершенством. Три здания складов, несмотря на тривиальную форму участка, образуют неразрывное единство. Можно смело сказать, что эта группа сооружений чисто утилитарного порядка, окрашенная в простой белый цвет, — одна из лучших в архитектуре Москвы». Добавим, они входят в число немногих в столице общественных зданий первой половины XIX в. подобного масштаба, практически полностью сохранившихся до наших дней.

Словом, передача такого значимого памятника Музею Москвы, состоявшаяся в 2006 г., безусловно, представляется закономерной. В просторных помещениях «Провиантских магазинов» свободно разместилось более 990 000 экспонатов, организованы постоянные экспозиции «Древняя и средневековая Москва», «Москва XVIII–XIX вв.», «Москва.

XX век. Лица эпохи», «Московская битва. Начало Великой Победы». Кроме того, здесь можно проводить международные, межведомственные, региональные и другие выставки, концерты, спектакли, фестивали, литературно-музыкальные вечера, а с 2011 г. находится также администрация музея.

В конце 2012 г. в этих стенах открылась выставка «Традиционная культура и быт тувинцев», сформированная из более чем 300 артефактов, предоставленных Национальным музеем им. Алдан-Маадыр (Кызыл) — главным хранилищем исторической памяти народа республики. Страна голубых рек, как ее нередко называют местные жители, лежит в центре Азии, причем его условная точка находится в Кызыле, на берегу Енисея, и обозначена обелиском (1964 г., художник Василий Демин).

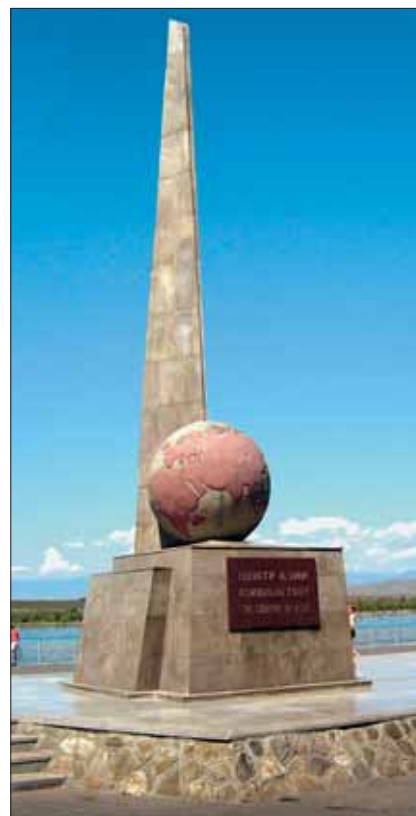
Благодаря столь уникальному географическому положению ландшафты, животный и растительный мир края отличаются необычайным разнообразием: здесь можно найти участки всех природных зон планеты, кроме саванн и влажных тропических лесов, а северные олени и снежные барсы прекрасно уживаются с верблюдами. Не случайно в республике создано 16 заказников и 2 заповедника, в том числе «Убсунурская котловина», памятник Всемирного культурного и природного наследия ЮНЕСКО*.

Рельеф Тувы представляет собой чередование высоких гор (Алтайских на западе, Саянских на севере и востоке, хребта Академика Обручева в центре — почти 82% всей территории) и глубоких котловин. Очень велик ее потенциал пресной воды — свыше 430 озер, большей частью ледникового происхождения.

*См.: Н. Макасовский. Россия во Всемирном наследии ЮНЕСКО. — Наука в России, 2006, № 3 (прим. ред.).



Национальный музей им. Алдан-Маадыр.



Обелиск «Центр Азии».

дения, к тому же здесь рождается одна из крупнейших в мире рек — Енисей (по-тувински Улуг-Хем). Вместе с тем в республике немало аржаанов — минеральных источников, издавна используемых как целебные и подразделяемых специалистами на углекислые, кремнистые, радоновые, сульфидные, кислые железистые и т.д. Познакомиться с первозданной природой региона посетителям выставки помогают размещенные на стенах, вдоль витрин с экспонатами, большие цветные фотографии наиболее живописных мест — озер на дне котловин, цветущих степей, лесистых речных долин.

Тува издревле лежала на пути кочевников-скотоводов и двигавшихся в Европу многотысячных армий восточных правителей, стремившихся захватить все больше земель. Поэтому в этногенезе здешнего населения приняли участие многие народы, но наибольший вклад в его формирование внесли тюркоязычные: в VII—VIII вв. это были завоеватели из Тюркского каганата (созданного племенным союзом крупного государства, занимавшего часть Китая, Монголии, Алтая, Средней Азии, Казахстана и Северного Кавказа), в VIII—IX вв. — уйгуры, затем — енисейские кыргызы.

В XIII в. Туву поглотила Монгольская империя*, в конце XVII в. — Джунгарское ханство (объединение

племен западных монголов), а в середине XVIII в. — государство династии Цин, основанное маньчжурами (народ тунгусо-маньчжурской группы) и покорившее Китай, часть Монголии и Средней Азии. Их господству пришел конец лишь благодаря китайской революции 1911 г., и год спустя власти Страны голубых рек обратились к императору Николаю II с просьбой установить над ней российский протекторат, на что тот ответил согласием в 1914 г.

В том же году в Урянхайском крае, как наши соотечественники называли взятый под покровительство регион, заложили ставший его столицей город Белоцарск — ныне Кызыл. В 1921 г. была провозглашена независимая Народная республика Тува, в 1944 г. она вошла в состав СССР, а с 2001 г. ее официальное название — Республика Тыва.

В 1920-х годах проживавшие там представители русской интеллигенции предложили создать музей для сосредоточения артефактов по истории и природе этого уникального региона. К тому же обнаружение на его территории в 1924 г. древнего металлургического производства способствовало оживлению краеведческого движения. Так через шесть лет в столице республики появилось первое культурно-просветительское и научно-исследовательское учреждение. Оно носит имя Алдан Маадыр — 60 богатырей — в память о получившем такое название восстании аратов (крестьян-скотоводов) 1883—1885 гг., самым крупном здешнем выступлении против произвола маньчжурских чиновников и местных феодалов.

*Монгольская империя — государство, в результате завоеваний Чингисхана и его потомков объединившее в XIII в. самую большую в мировой истории смежную территорию: от Дуная до Японского моря, от Великого Новгорода до полуострова Индокитай (прим. ред.).



Фото Владимира Ермолаева
из альбома «Черно-белая Тува».

Каменные стелы.

Первым директором и по сути создателем музея (начиная от сбора коллекций и заканчивая сооружением стендов) был Владимир Ермолаев, увлеченный исследователь, фотограф, а главное, как отмечали коллеги, человек, влюбленный в Туву. На выставке представлена подборка снимков с его оригинальных негативов, рассказывающая о перемещениях, происходивших в жизни населения республики в начале XX в. Добавим, в 2008 г. национальная сокровищница переехала в специально для нее построенное четырехэтажное здание, ставшее одним из красивейших в Кызыле.

В настоящее время музей им. Алдан Маадыр располагает уникальными коллекциями (более 132 тыс. единиц хранения). Прежде всего это сенсационные находки, сделанные археологами в 1970–1974, 2001–2012 гг. при раскопках курганов Аржаан-1 и Аржаан-2 (фамильных кладбищ родовых и племенных вождей VIII–VII вв. до н.э.). В их числе высокохудожественные изделия (главным образом в «зверином стиле») из драгоценного металла, созданные представителями ираноязычных кочевых народов — так называемое золото скифов. Не менее интересны собрание стел, в частности оленных камней VIII–VII вв. до н.э. (крупные отесанные плиты с различными изображениями, чаще всего оленей) и древнетюркских изваяний VIII–X вв., а также фонды нумизматики, редкой книги, фарфора, фотографии и

описание обследованных специалистами уйгурских крепостей VIII–IX вв. на территории Тувы и пр.

Выставка же, привезенная кызыльским музеем в Москву, — этнографическая, поэтому ставила целью познакомить жителей и гостей столицы с материальной культурой, верованиями и традициями народа Страны голубых рек. Не случайно центральное место в экспозиции занимает фрагмент юрты — не просто незаменимого для кочевой жизни дома, разбивавшегося и устанавливаемого буквально за один-два часа, но и своеобразной модели мира. Дымовое отверстие (хараача) на вершине ее купола символизирует солнце; отходящие от него жерди (ынаа) каркаса — лучи; покрытые войлоком решетчатые стены (хана) — горы.

У тувинцев издавна сформировались традиции обустройства юрты. Слева от входа — ее мужская половина, где держат войлок, одежду, лошадиную упряжь, седла, охотничий инвентарь и т.д., а зимой спасают от холода скот-молодняк. Правая часть — женская, тут хранятся вещи хозяйки и детей, домашняя утварь. За очагом, напротив входа, — почетное место (дор, или тор), где сидят во время трапезы глава семьи и самые уважаемые гости. Позади, у стены, стоят низкие деревянные шкафчики (аптара), расписанные нарядным узором, кровать. Земляной пол застилают двумя-тремя трапециевидными войлочными коврами (ширтек), на стенах



Тувинская юрта.



Бубен шамана.

развешивают матерчатые мешочки с солью, чаем, сосулы с маслом.

На выставке представлены также шелковые праздничные национальные костюмы, отделанные мехом головные уборы, нарядная обувь. Примечательно, что вся традиционная верхняя одежда жителей Страны голубых рек, включавшая халаты со стоячим воротником, шубы, пальто, имела общее название — «тон», а летом здесь носили безрукавки (кандаазын), куртки (хурме) и т.д. Такие костюмы по фасону были весьма схожи у женщин, мужчин и детей, но различались множеством символов — особыми декоративными узорами, деталями покрой рукавов, пол, различными аппликациями, по которым сразу можно было отличить, например, девушку на выданье от замужней тувинки. К поясу представительницы прекрасного пола прикрепляли две коробочки (дерги): слева — с маникюрными принадлежностями, справа — с иглами, ножницами, наперстком. В мужском же наряде главным были пуговицы, нередко серебряные с орнаментом.

В экспозиции можно увидеть украшенные изысканной резьбой разнообразные струнные и духовые музыкальные инструменты; нарядное конское снаряжение (удила, стремяна, седла и др.); эксклюзивные серебряные украшения конца XIX — начала XX в. Кстати, к ним относились и курительные принадлежности, обычно подвешиваемые мужчинами к поясу. Специальные кожаные сумки для огнива (оттук), трубки с серебряными или медными накладками, отделанными различными узорами,

чашечки для прикуривания и т.д. — замечательные произведения декоративно-прикладного искусства, созданные нарын-тарганами, как здесь называют кузнецов-ювелиров. Металлические планки их работы с красивым орнаментом девушки пришивали и к кисетам — мешочкам для хранения табака, которые из различных тканей или тонкой кожи шили для своих любимых.

Тувинские женские украшения подразделялись на предназначенные для прически, ушей, рук и пояса. Волосы принято было заплетать в косы и убирать ожерельями из бус и металлическими пластинами (чавага, боошкун), серьги носили всевозможных форм: в виде цветка, листика, раковины и т.д. Изготавливали их главным образом из серебра со вставками из коралла, иногда из бирюзы, нефрита, малахита; при нанесении орнамента использовали в основном растительные мотивы. Своими драгоценностями, в том числе браслетами, кольцами, перстнями, поясными подвесками, также нередко инкрустированными полудрагоценными камнями, здешние модницы очень дорожили и передавали по наследству.

Особое место среди видов народного художественного творчества республики занимает прославившая ее на весь мир резьба по камню, немало образцов которой представлено на выставке. Материалом для этих произведений служит чонардаш (агальматолит) — мягкий, податливый минерал различных оттенков, от черного до белоснежного, от золотисто-розового до красного, месторождения



Произведения резчиков по камню.

которого находятся на территории автономии. Из него ныне, как и в старину, создают игрушки, культовые принадлежности, шахматные фигуры, миниатюрные статуэтки людей, домашних животных, в частности верблюдов, баранов, коней, коз, а также покрытых сложным орнаментом драконов, арзыланов (мифических львов) и других фантастических существ, свойственных культуре народов Востока. Отличает работы тувинских мастеров изображение персонажей в движении, показ их состояния, настроения и использование разных традиционных техник, в том числе сочетания деталей с гладкой поверхностью и резных.

В отношении вероисповедания Тува также представляет собой феномен, не встречающийся больше нигде в мире. Здесь сформировался симбиоз буддизма (ламаизма) и шаманизма — древней прарелигии, уходящей корнями в бронзовый век, основанной на поклонении духам умерших предков, земли, огня, воды, воздуха, тотемных животных, птиц. Почитание их здесь настолько сильно и глубоко, что живо поныне. Не случайно возникшее в Древней Индии религиозно-философское учение о духовном пробуждении, пришедшее сюда через Монголию и Китай, вобрало многие языческие ритуалы, обряды и пополнило свой пантеон местными добрыми и злыми небесными божествами, а также хозяевами озер, гор, рек, лесов.

Время проникновения буддизма в Туву является предметом научных дискуссий. Одни исследователи называют XVII–XVIII вв., другие — IX и даже VI в., однако неоспоримо, что первые стационарные монастыри (хурэ) тут появились в 1770-х годах. В настоящее время, с 1990 г., религиозные практики как ламаизма, так и шаманизма возрождаются. На выставке эту сферу жизни республики иллюстрируют священные книги, статуэтки Будды, праздничная одежда монахов, маски божеств и пр.

Очень красочная витрина в экспозиции посвящена реквизиту тувинского служителя языческого культа. Прежде всего это одеяние («второе тело»)

с подвесками, нашивками и другими украшениями, символизирующими силы, помогающие ему в камлании — общении с духами. Способствовать «полету» в их царство были призваны также перья птиц-покровителей — орла, филина, сокола, глухаря, прикрепленные сверху к головному убору. Он представляет собой кожаную или войлочную полосу, обшитую цветной тканью с аппликацией, изображающей глаза и уши (знак того, что шаман видит и слышит то, что не дано обычному человеку), а снизу отделанную бахромой. Основной же атрибут посредника между божествами и людьми, причем многофункциональный, это бубен (обтянутый кожей козла, оленя или марала и окрашенный в красный цвет) — «транспорт» для «путешествия» в мир духов и обратно, оружие и щит в сражении со злом, да и воплощение самого владельца.

Конечно, в «Провиантских магазинах» была представлена лишь небольшая часть этнографической коллекции Национального музея им. Алдан-Маадыр, в общей сложности насчитывающей более 8000 единиц хранения. А для более полного ознакомления с Тувой на выставке демонстрируется видеофильм, рассказывающий о памятниках природы и культуры республики, важнейших событиях, произошедших здесь за последние годы, археологических открытиях на ее территории и деятельности местных краеведов.

Иллюстрации предоставлены автором

ЗАПОВЕДНОЕ ВОДЛОЗЕРЬЕ

Алла ГУДЫМ,
директор Национального парка «Водлозерский»,
кандидат биологических наук Владимир АНТИПИН,
старший научный сотрудник Института биологии
Карельского научного центра РАН
(г. Петрозаводск, Республика Карелия)

**Удивительный, затерявшийся в пространстве и времени мир:
девственные таежные леса, ненарушенные хозяйственной деятельностью человека
речные, озерные и болотные экосистемы, дающие приют
огромному числу птиц и животных, подкупающие художественной простотой и строгой
гармонией часовни на островах, окаймляющие как драгоценное ожерелье
главный духовный центр — Ильинский погост... Все это Водлозерье —
древний исторический район русского Севера, где в 1991 г. был основан
один из крупных в Европе национальный парк. Его территория,
охватывающая восток Карелии (Пудожский район) и западную часть
Архангельской области (Онежский район), вытянута с севера на юг на 135 км,
а с запада на восток в среднем на 25 км, в общей сложности
занимает почти 0,5 млн га. В 1998 г. парк внесли в список ключевых
орнитологических территорий международного значения (водно-болотные угодья
здесь являются узлами миграции и размножения водоплавающих птиц).
А в 2001 г. он вошел в Международную сеть биосферных резерватов ЮНЕСКО
как модель устойчивого развития и изучения взаимодействия человека и природы.**

ЭКСКУРС В ИСТОРИЮ

По границам Водлозерья проходит один из самых значительных водоразделов нашей планеты — между Северным Ледовитым и Атлантическим океанами. Отсюда, с реки Илекса, впадающей в Водлозеро, давшее имя краю и парку, начинается крупнейшая в Европе Невская озерно-речная система. Далее ее маршрут проходит через Водлу, Онежское озеро, Свирь, Ладожское озеро, из которого вытекает Нева.

Значимость здешних природных комплексов давно была признана исследователями. В 1960 г. геоботаники

Института леса Карельского филиала АН СССР* кандидат биологических наук Матвей Виликайнен и Александр Кузнецов, а также сотрудник старейшего в России заповедника «Кивач» (1931 г.), ученый-лесовед Федор Яковлев, занимаясь изысканием и обследованием ценных в природоохранном отношении территорий республики, предложили организовать в различных зонах четыре новых заповедника, в том числе Водлозерский,

*В 1990 г. Карельский филиал АН СССР был переименован в Карельский научный центр АН СССР, а 1991 г. — в Карельский научный центр (КарНЦ) РАН (прим. ред.).



Водлозерский парк — уникальный по сохранности и площади эталонный массив таежной зоны европейского Севера России.
Фото В. Ларионова



**Местоположение
Национального парка «Водлозерский»
на географической карте.**

хорошо отражающий разнообразие биоты восточной Карелии. Здесь сохранились коренные леса, а также крупная популяция лиственницы сибирской в естественном ареале распространения. Однако тогда проект реализовать не удалось. Но в 1975 г. в северной части края все же появились два региональных заказника: охотничий и ботанический лиственницы сибирской.

Спустя пять лет группа московских архитекторов под руководством Александра Шабельникова с участием специалистов Всероссийского общества охраны памятников истории и культуры предложила создать Национальный парк «Водлозеро-Водла» с зонами охраны флоры, фауны и рыбных ресурсов, историко-культурного наследия и археологическим ареалом на местах мезолитических и неолитических стоянок. Согласно проектным предложениям он должен был составить основу Пудожского рекреационного центра.

Пока шли обсуждения и согласования, экологическая ситуация в регионе обострилась. Дело в том, что в середине 1980-х годов к заповедным территориям вплотную подошли лесосечные делянки Кубовского и Пяльмского леспромпхозов, Пудожского комплек-

сного лесосплавного предприятия объединения «Кареллеспром». Лесозаготовители проложили дорогу до Водлозера, подготовили проекты строительства моста через реку Илексу с целью закольцевать Водлозерский бассейн и использовать его для лесоразработок. Над первозданной природой нависла угроза уничтожения. Учитывая сложившуюся ситуацию, Институт биологии Карельского филиала АН СССР по поручению правительства республики подготовил научное обоснование проекта создания в Пудожском районе ландшафтного заказника «Водлозерский», получившего поддержку на республиканском и региональном уровнях. И в 1988 г., преодолевая упорное сопротивление лесозаготовителей, заказник был учрежден. Это позволило сохранить богатство края, но охранный статус комплекса не мог в полной мере раскрыть, сохранить и использовать природное разнообразие и культурно-историческое наследие Водлозерья.

Положение изменила выдвинутая в конце того же года харьковчанином Олегом Червяковым, физиком по образованию, оригинальная идея организации на базе озерно-речного бассейна Илекса–Водлозеро на-

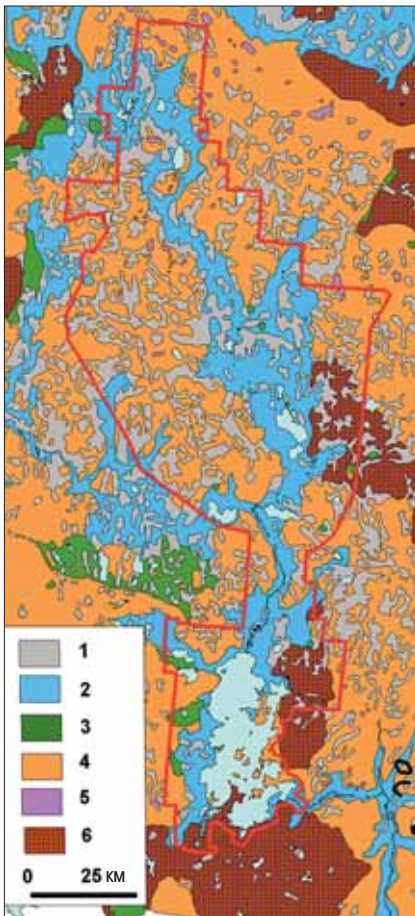
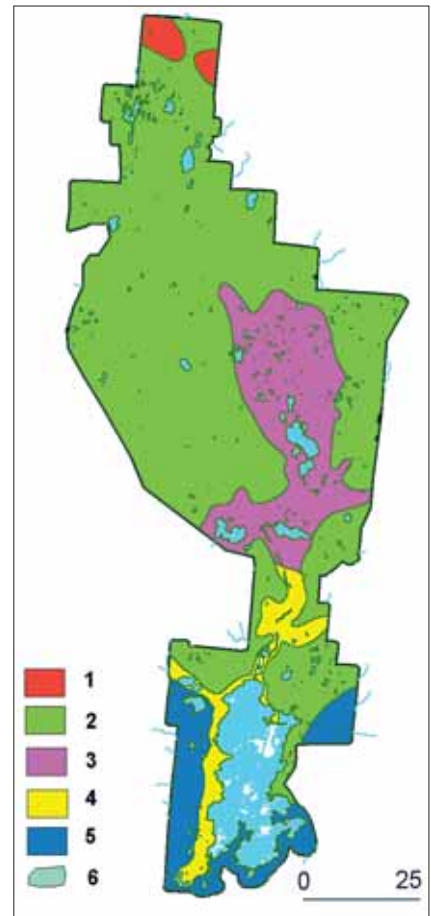


Схема геолого-геоморфологического строения территории Национального парка «Водлозерский» (составитель В. Ильин, Институт геологии КарНЦ РАН):
 1 — биогенные (болотные) отложения;
 2 — озерные, озерно-ледниковые;
 3 — флювиогляциальные (дельты, зандры); 4 — моренные;
 5 — кристаллические породы;
 6 — холмисто-грядовый рельеф.

Ландшафтная карта территории Национального парка «Водлозерский» (составитель А. Громцев, Институт леса КарНЦ РАН):
 1 — денудационно-тектонический грядовый (сельговый) среднезаболоченный ландшафт с преобладанием еловых местообитаний;
 2 — ледниковый и водно-ледниковый холмисто-грядовый сильнозаболоченный с еловыми местообитаниями;
 3, 4 — ландшафт озерных и озерно-ледниковых сильнозаболоченных равнин с преобладанием сосновых (3) и еловых (4) местообитаний;
 5 — ледниковый и водно-ледниковый холмисто-грядовый среднезаболоченный ландшафт с преобладанием еловых местообитаний; 6 — озера.



ционального природного парка, охраняющего эталонный участок таежной зоны европейской части нашей страны. Ее активно поддерживали сотрудники Карельского научного центра АН СССР, в частности директор Института биологии доктор биологических наук Станислав Дроздов.

К началу 1991 г. проект, состоящий из 5 томов, был утвержден Управлением заповедных территорий России. В нем Червяков впервые изложил концепцию будущего парка как биосферного резервата, где человек живет в гармонии с природой, разумно использует и сохраняет ее ресурсы. В разработку документа вложили труд и его коллеги — ученые Харьковского государственного университета. Данные о природных условиях, растительном мире, культурно-историческом наследии и экономике края представили авторы научного обоснования ландшафтного заказника «Водлозерский» доктора геолого-минералогических наук Виктория Куликова и Вячеслав Куликов, кандидат биологических наук Владимир Антипин, доктор филологических наук Ирма Муллонен, Владимир Ильин, Павел Токарев. Подробное описание животного мира выполнил сотрудник Центральной научно-исследовательской лаборатории Главохоты РФ кандидат биологических наук Владимир Борщевский. Специалисты Госкомприроды Карелии обобщили материалы лесо-

устройства будущего парка. Свою лепту внесли также ученые ВНИИ охраны природы и заповедного дела Минсельхоза СССР, Института системных исследований АН СССР, Уральского отделения АН СССР. На решающем этапе проект поддержали академики Александр Исаев, Дмитрий Лихачев и член-корреспондент РАН Александр Яблоков, что в немалой степени способствовало выходу в апреле 1991 г. постановления Правительства РФ «О создании государственного природного национального парка «Водлозерский» с включением в него ландшафтного заказника «Илекский» (Архангельская область). С тех пор научные исследования, комплексный экологический мониторинг, воспроизводственные работы здесь осуществляют сотрудники структурных подразделений парка при активном участии ученых КарНЦ РАН и Петрозаводского государственного университета.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Парк расположен в юго-восточной части Фенно-скандинавского (Балтийского) щита — на древней докембрийской платформе, возраст кристаллических пород которой достигает 3,5 млрд лет. Свыше полтора млн лет назад, в четвертичное время, регион испытал влияние нескольких материковых оледенений.



Ото льда последнего, Валдайского, он освободился ~14–15 тыс. лет назад. А собственно бассейн Илекса—Водлозеро начал формироваться 4000–4500 лет назад, когда произошел прорыв Невы в Балтийское море, облик же, близкий к современному, он получил ~2500 лет назад.

Территорию парка, наклоненную с севера на юг, пересекает возвышенная гряда — кряж Ветренный Пояс (открытый всем ветрам он получил свое говорящее название еще в старину). Средняя высота поверхности здесь 200 м над уровнем моря. Кряж сложен уникальными породами — коматиитовыми (вулканическими) базальтами и коматиитами, по степени сохранности (свежести) не имеющими равных на Фенноскандинавском щите. Для науки его открыл в конце 1930-х годов географ Михаил Карбасников. Благодаря исследованиям этого ученого Ветренный Пояс был нанесен на топографическую карту России. Рельеф центральной (абсолютная высота 160–180 м) и южной (140–160 м) частей резервата преимущественно равнинный с невысокими холмами и грядами.

На территории парка сохранились останцы древнейшего вулканического образования Фенноскандии — Киричского палеовулкана (его возраст 2,5 млрд лет) с лавовыми потоками в виде горстов (от нем. *Horst* — возвышенность), образовавшихся в результате неотектонических движений земной коры.

В парке 383 озера ледникового или водно-ледникового происхождения. Водоемы мелководны, средние глубины составляют 0,5–2,5 м, редко превышают 3 м. Самое крупное Водлозеро (максимальная длина 36,2 км, ширина — 15,9 км, средняя глубина 2,4 м) занимает площадь 334 км², испещренную 196 островами. Озеро с двойным стоком (из него вытекают реки Вама и Сухая Водла) — крайне редкое явление в таких системах. Водлозеро — одно из самых высокопродуктивных в Карелии, здесь обитают промысловые виды рыб: судак, лещ, сиг, ряпушка.

Из 240 рек парка только 12 имеют длину больше 30 км. Однако главный водоток — река Илекса — протянулся на 120 км. Его берега благодаря интенсивно идущим русловым процессам хранят следы боковой

Дремлик болотный (*Eriophorum vaginatum*), занесенный в Красную книгу Республики Карелия.

эрозии — в ряде мест они подмыты, нередки осыпи. По стоку, имеющему 23 порога, проходит основной и наиболее популярный водно-туристский маршрут.

ЛЕСНЫЕ УГОДЬЯ

Природоохранная ценность Водлозерского парка с уникальным по сохранности массивом таежной зоны европейского Севера России, заключается в большом разнообразии лесных (51% площади), болотных (37%), водных (11%) и луговых (менее 1%) экосистем. Ненарушенные природные комплексы являются эталонными для данной зоны и представляют несомненный интерес для фундаментальных экологических исследований.

Коренные леса — наиболее ценные и важные в природоохранном отношении компоненты ландшафтов парка — избежали здесь промышленного освоения. Местное население вырубало только приречные и приозерные угодья вблизи деревень, причем выборочно.

Основные лесообразующие породы — сосна (*Pinus sylvestris*) и ель (*Picea abies*, *P. obovata*, *P. fennica*). Возраст основного поколения деревьев 180–240 лет, отдельные экземпляры ели доживают до 430, а сосны — до 500 лет. Максимальная высота и диаметр ствола первых достигают 32 м и 90 см, вторых — 35 м и 100 см соответственно.

Березовые (*Betula pubescens*, *B. pendula*) и осиновые (*Populus tremula*) леса встречаются на месте заросших выруб, гарях и ветровалах, бывших пашнях и сенокосах. Ольха серая (*Alnus incana*) распространена в составе сосняков и ельников. В парке сохранились самые западные естественные местообитания лиственницы (*Larix sibirica*).

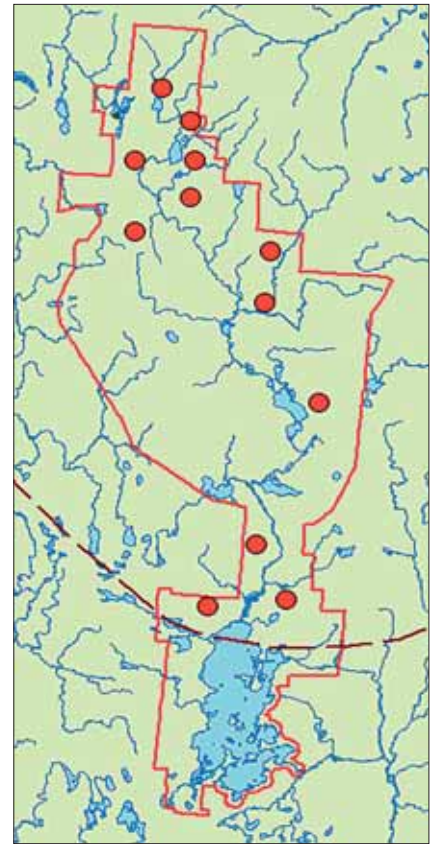
Экологический спектр коренных хвойных массивов характеризуется 14 типами: от заболоченных сфагновых до северотаяжных воронично-черничных и своеобразных скальных лишайниково-моховых. Господствуют еловые черничные леса, но, кроме них, широкое распространение имеют ельники долгомошные и сосняки сфагновые. В коренных угодьях, где на основе старинных троп проложены маршруты научного и экологического туризма, специалисты парка организовали лесной мониторинг и уже свыше 10 лет ведут наблюдения за естественной динамикой девственных хвойных древостоев в обычной среде и в условиях, нарушенных сильными ураганами, изучают различные аспекты биологического разнообразия.

БОЛОТА — ОСОБЫЙ ТИП НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Неотъемлемый компонент природных ландшафтов Водлозерья — болота, древнейшие из экосистем. Их первые очаги стали появляться 9,5–9 тыс. лет назад. Они возникали в глубоких котловинах с глинистым или суглинистым дном и обильным увлажнением на зарастающих мелководных водоемах. Климат в то время был холодный и сухой, поэтому болотообразовательный процесс шел медленно. Преобладание та-



Водлозеро — жемчужина Национального парка.
Фото В. Ларионова



**Южные точки гнездования
гуся-гуменника (*Anser fabalis*).**

ких систем в ряде мест Водлозерья — загадка для исследователей, ведь территория парка расположена на относительно высоком, 150–200 м над уровнем моря, плоском плато.

Современные болота занимают 191 тыс. га территории комплекса. Их разнообразие не имеет равных среди особо охраняемых природных территорий таежной зоны европейской части России. По режиму водно-минерального питания и растительному покрову они подразделяются на 10 типов. Наиболее древние по возрасту и крупные по площади (свыше 500 га) находятся в северной и центральной частях. Многие деградируют — у них разрушается сфагновый покров. В ослабленную моховую дернину гряд внедряются лишайники, разрастаются болотные кустарнички и низкорослые сосны. На месте полностью разрушенных мочажин (понижения между грядами) формируются вторичные озера. Такие экосистемы с прекращающимся процессом торфообразования называют дистрофными.

Большой интерес представляют евтрофные (низинные) травяно-гипновые болота — небольшие по площади, редко встречающиеся в Карелии и сопредельных регионах. Они формируются в местах выхода на поверхность напорных или глубинных безнапорных вод по тектоническим трещинам в кристаллическом фундаменте. Их называют еще ключевыми или склоновыми. Поступающие сюда глубинные воды содержат растворимые соли железа, кальция, магния и других элементов, хорошо поглощаемые растениями,

поэтому такие болота отличаются разнообразием видового состава флоры. Здесь можно встретить до 100 видов сосудистых растений и мхов (свыше половины из них в других местах не произрастают), а также редкие растительные сообщества. Отметим, ключевые болота трудно выявить по топографическим картам, космическим или аэрофотоснимкам, поэтому все установленные и изученные были открыты случайно.

В 2004 г. на некоторых болотах парка впервые обнаружены сфагновые сообщества с молинией голубой (*Molinia caerulea*), свойственные исключительно финским и карельским аапа-болотам (в переводе с финского «аапа» означает «безлесное»). Они были выделены в новый географический тип — илекс-водлозерский.

РЕДКИЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ

Флора парка насчитывает более 500 видов сосудистых растений. Из них 19 — дремлик болотный (*Epipactis palustris*), чемерица Лобеля (*Veratrum lobelianum*), жигунец сомнительный (*Kadenia dubia*), лиственница сибирская (*Larix sibirica*) и другие — занесены в Красную книгу Республики Карелия и Красную книгу Архангельской области. А особо ценные — прибрежно-водные полушник озерный (*Isoetes lacustris*) и полушник тончайший (*Isoetes setacea*), произрастающая по мелководьям рек и озер лобелия Дортмана (*Lobelia dortmanna*), растение болотных местообитаний пальчатокоренник Траунштейнера (*Dactylorhiza traunsteineri*),



Река Илекса — главный водоток парка.
Фото В. Ларионова



Берег Малого Колгострова.
Фото И. Георгиевского

а также лесные лишайники *Bryoria fremontii* и *Lobaria pulmonaria* — в списке Красной книги РФ.

Одна из главных ботанических достопримечательностей парка — лиственница сибирская. Она произрастает вдоль северо-восточного побережья Водлозера как примесь в сосновых, реже еловых лесах и чистых насаждений не образует. Наиболее старые деревья достигают 300—350 лет при высоте около 30 м и диаметре ствола 50—60 см. Это редкий, исчезающий здесь вид: подрост лиственницы практически полностью отсутствует. Естественному возобновлению светлюбивого растения препятствует высокая плотность сосново-еловых древостоев. Проблема усугубляется характерной для данного вида низкой всхожестью (~20%) семян. А в годы с дождливой весной и сильными заморозками, когда морфогенез репродуктивных органов нарушается, она практически нулевая. В парке проводятся лесохозяйственные мероприятия, направленные на восстановление популяции.

ЖИВОТНЫЙ МИР

В резервате обитают 39 видов млекопитающих, 204 вида птиц, из них 153 гнездящихся, 5 видов земноводных и пресмыкающихся, 21 вид рыб. Здесь сформирован важнейший на европейском Севере очаг размножения таежных млекопитающих: белки, куницы, выдры, рыси, бурого медведя, лося, россомахи, лесного северного оленя, а также птиц — глухаря, белой куропатки, дятлов, совы.

Огромные по площади водно-болотные угодья важны для производства гидрофильных видов живот-

ных. Многочисленные стаи гусей, лебедей, речных и нырковых уток используют такие места для отдыха и кормежки. Здесь же находятся самые южные точки гнездования лебедя-кликун (*Cygnus cygnus*) и гуся-гуменника (*Anser fabalis*).

На территории парка сосредоточена самая крупная на русском Севере гнездовая группировка рыбоядных хищных птиц, занесенных в Красную книгу РФ и Красную книгу Международного союза охраны дикой природы. В резервате обитают 35 пар орлана-белохвоста (*Haliaeetus albicilla*), 20 пар скопы (*Pandion haliaetus*). Поголовье еще одного краснокнижника — беркута (*Aquila chrysaetos*) — насчитывает 8 гнездовых пар.

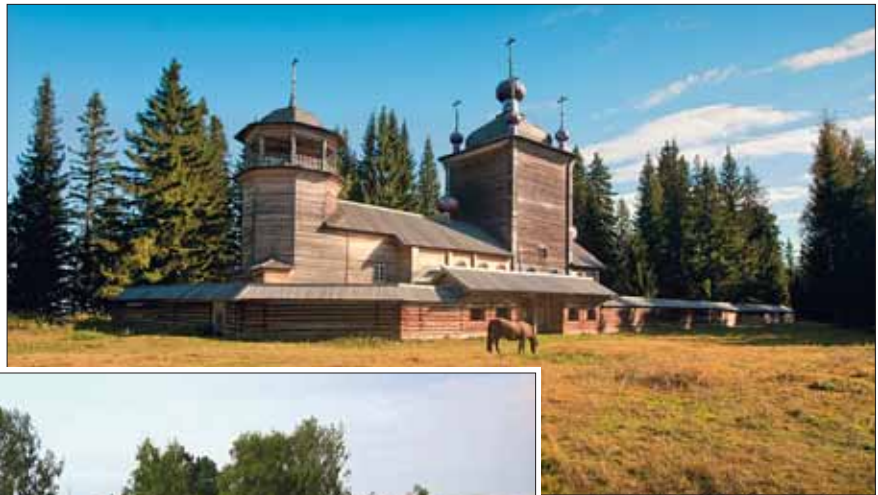
Природоохранный режим парка в полной мере обеспечивает защиту всех видов флоры и фауны, лесных и водно-болотных экосистем, традиционных рыболовных и ягодных угодий.

КУЛЬТУРНОЕ НАСЛЕДИЕ

Водлозерье — своеобразная и во многом уникальная территория, где отчетливо прослеживаются девять основных культурно-исторических пластов — от мезолита (середина VI в. до н.э.) до раннего средневековья (конец V — середина XI в.). Специалисты обнаружили здесь свыше 100 древних археологических комплексов.

Первые поселения на территории края возникли 8 тыс. лет назад. Людей влекла сюда нетронутая природа. Да и животный, растительный мир в силу мягкого климата, сравнимого с центральной Европой, был тогда более разнообразным.

**Ильинский погост (конец XVIII в.)
с бревенчатой оградой.**
Фото И. Георгиевского



**Деревня Варишпельда
на месте старинного
поселения Водлозерья.**

Этническую принадлежность древних жителей до сих пор определить трудно. Однако проведенное в 1995 г. сотрудником Института языка, литературы и истории Кар НЦ РАН кандидатом исторических наук Марком Косменко сопоставление археологических данных с теорией формирования финно-угорских языков позволяет утверждать: так называемые «протосаамы» появились здесь в эпоху бронзы (середина II тыс. до н.э.), южносаамские племена — в эпоху железа (середина I тыс. до н.э.), балтийские финны (предки нынешних вепсов) — в раннем средневековье (X в. н.э.) Научный сотрудник Музея антропологии и этнографии (Кунсткамеры) им. Петра Великого РАН (Санкт-Петербург) кандидат исторических наук Иван Ширококов выяснил: в антропологическом виде современных жителей Водлозерья преобладает древний компонент, находящий аналоги лишь на Кенозере (крупное озеро в Архангельской области) и на Кольском полуострове.

Примерно в XII–XIII вв. в Водлозерье пришли первые новгородцы, принеся с собой новую культуру и религию — христианство. Славянское освоение края связано с открытием торгового пути из Великого Новгорода в Белое море, где Водлозеро служило важным перевалочным пунктом. Известный карельский ученый-этнограф, сотрудник Института языка, истории и литературы КарНЦ РАН кандидат исторических наук Константин Логинов установил: в XV–XVI вв. здесь сформировалась уникальная «островная цивилизация», просуществовавшая до середины XX в. и давшая нам поучительный прецедент гармоничного сосуще-

ствования человека и природы. Ее основу составляла субэтническая группа русских — водлозеры, проживавшая в сорока с небольшим населенных пунктах, рассредоточенных по островам и берегам Водлозера. На протяжении нескольких столетий здесь развивалась яркая и самобытная культура, оттачивались характерные для Севера архитектурно-конструктивные приемы в строительстве, воплощенные в крестьянских домах, прекрасных по силуэту, но сдержанных и лаконичных по внешней обработке культовых сооружений. В советские годы уникальная система расселения и сама социокультурная среда были насильственно разрушены, большинство деревень опустело. Одна из задач национального парка состояла в том, чтобы восстановить этот уклад, возродить местные традиции в архитектуре, ремеслах и природопользовании.

Духовная жизнь жителей северных деревень всегда была связана с погостом, где находился храм и могилы предков. На Водлозерье таковым в XVI в. стал Ильинский погост. Стоял он на небольшом острове, когда-то полностью открытом обзору с озера. Первые сведения о нем встречаются в «Жалованной грамоте» Новгородского митрополита Варлаама, выданной водлозерам в 1592 г. До наших дней сохранилась четвертая по счету церковь, построенная на погосте в 1798 г. Скрытая от «посторонних» глаз многовековыми елями, она воспринимается не только как шедевр плотницкого мастерства, это главная православная святыня национального парка.

По мнению известного реставратора, доктора архитектуры Александра Ополоникова — первого исследова-



Вид на деревню Варишпельда с озера.
Фото В. Щербинина

дователя водлозерского сокровища (1947 г.), она замыкает многовековой путь развития русского деревянного зодчества. «Главная особенность архитектурного образа Ильинской церкви, — писал в 1986 г. Ополонников, — резко контрастное построение ее основных объемов: удлиненной трапезной и высокого массивного четверика храма. Сени, трапезная, церковь и алтарь образуют двадцатипятиметровый неф, ширина которого меньше его длины в четыре раза; при этом площадь самой церкви больше трапезной, а двухпрестольный алтарь (Ильи Пророка и Успения Богородицы) необычайно просторен». Храм, считает архитектор, строили в разное время. Его самая древняя часть — четверик, к которому позднее были пристроены трапезная и колокольня, первоначально завершавшаяся стремительно взмывающим ввысь шатром. Но на рубеже XIX—XX вв. погост обновили: на колокольню вместо шатра поставили приплюснутый «полукумпол» со шпилем, что немного нарушило пространственное построение комплекса. И тем не менее, несмотря на некую «официальность и сухость», замечает Ополонников, его «архитектура и композиция вполне закончены».

«Измюминка» Ильинского погоста — бревенчатая ограда — неперенный атрибут культовых зданий Севера. Крытая двускатной кровлей, она образует живописный многоугольник длиной 200 м, повторяющий очертания берега и рельефа. В таких сооружениях, имеющих сходство с крепостью, в давние времена по праздникам и в ярмарочные дни устраивали торговые лавки. Кстати, именно ограда Ильинской церкви на Водлозере послужила образцом при реставрации всемирно известного памятника деревянного зодчества — Кижского погоста (Медвежьегорский район Карелии, XVIII—XIX вв.).

В 1930-х годах растерявший по спецлагерям священников и прихожан Ильинский погост опустел, что, несомненно, отразилось на его сохранности. Лишь в конце 1990-х годов он стал возрождаться как духовный центр Водлозерья. В 1999 г. парк заключил договор с Карельским научно-производственным центром о совместной деятельности по охране и использованию памятников деревянного зодчества, завершившейся в 2004 г. реставрацией церкви Ильи Пророка (проект архитектора Владислава Куспака). Специалисты

Архитектурно-реставрационного центра «Заонежье» под руководством Виталия Скопина провели восстановительные работы на аварийных участках ограды. В 1995 г. на остров возвратился церковный календарь — празднование Ильина дня. С 2004 г. здесь начала действовать православная община — Ильинский приход, а в 2006 г. Священный Синод Русской православной церкви учредил мужской монастырь — Свято-Ильинскую Водлозерскую пустынь.

Возрождаются памятники старины и в других местах края. В последние годы при помощи благотворителей на территории парка построено или воссоздано 10 часовен. Неоценимую помощь в сохранении культурного наследия парка оказывают художники северной столицы, студенты Санкт-Петербургской государственной художественно-промышленной академии им. А.Л. Штиглица: они пишут иконы, оформляют интерьеры культовых зданий. При этом строго соблюдают традиции северной древнерусской иконописи и архитектуры.

Национальный парк демонстрирует новый подход к возрождению традиционного русского уклада жизни, реализуемый в рамках модельного проекта «Деревня Варишпельда». Небольшое по численности крестьянское поселение, расположенное в уютной бухте Водлозера, окруженной хвойными лесами, впервые упоминается в Писцовой книге Обонежской пятины Великого Новгорода 1563 г. Однако по археологическим данным его история восходит к более древнему периоду прибалтийско-финского заселения этих мест — X—XIII вв. В 1873 г. здесь было 9 дворов, но к 1991 г. все постройки, за исключением часовни Тихвинской Божией матери (XIX в.), были утрачены. Теперь жизнь в деревне, где стоят два жилых дома, поддерживает семья настоятеля прихода — Олега Червякова и некоторые прихожане. Вместе с сотрудниками парка они формируют поселение, приспособленное к жизни в новых условиях и вместе с тем сохраняющее основные черты традиционного уклада Водлозерья.

Иллюстрации предоставлены авторами

ЧЕРНАЯ ВОДЯНАЯ ЗМЕЯ В ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ

Кандидат биологических наук Андрей БАКИЕВ,
старший научный сотрудник
Института экологии Волжского бассейна РАН (г. Тольятти);
кандидат биологических наук Андрей МАЛЕНЁВ,
заведующий лабораторией герпетологии и токсикологии
того же института

**Жители Азии ассоциируют черных водяных змей
с местными видами, а россияне — с экзотическими.
Какие из них, обитающие в европейской
части России, можно считать таковыми и что они
из себя вообще представляют?**

ОТ СУЕВЕРИЙ К НАУКЕ

В принципе по ряду признаков ими можно считать обыкновенного и водяного ужей, не представляющих в целом опасности для человека. Они предпочитают жить около воды, хорошо плавают и ныряют. В популяциях обоих видов часто встречаются черные особи (меланисты). Их мы и рассмотрим подробнее.

Змея и все с ней связанное издревле привлекала внимание и простых обывателей, и ученых. Основываясь на результатах раскопок нижеволжских и кавказских погребений, можно говорить о «культе змеи» (офиолатрии)* на нынешней территории Европейской России еще в эпоху бронзы**

*Офиолатрия (или офитизм) — поклонение и служение змеям; змеепоклонство — общераспространенный культ, известный во всех частях света за исключением Австралии (прим. ред.).

**Бронзовый век — вторая, поздняя фаза эпохи раннего металла, сменившей медный век и предшествовавшей железному (прим. ред.).

(II тыс. до н.э.). Во всяком случае нельзя исключить, что он мог прийти сюда и с Востока. У башкир в Среднем Поволжье это явление отмечал еще Ахмед ибн-Фадлан*.

Некогда на Руси существовало поверье о целом государстве ужей, возглавляемом царем, который носит корону с драгоценными камнями. И если кто-нибудь убивал ужа, то правитель мстил за это. А Адам Эльшлегер (более известный под псевдонимом Адам Олеарий)** упоминает водяных ужей в записи, датированной 27 августа 1636 г. и относящейся к окрестностям г. Самары. В «Дневных записках путешествия» академика Петербургской АН (с 1771 г.), путешествен-

*Ибн Фадлан — известный арабский путешественник и писатель первой половины X в. (прим. ред.).

**Адам Олеарий (ок. 24. IX. 1599 — 22. II. 1671; замок Готторп, Шлезвиг) — известный немецкий путешественник, географ, ориенталист, историк, математик и физик (прим. ред.).



Обыкновенный уж на берегу водоема.

ника, естествоиспытателя и лексикографа Ивана Лепехина* есть запись, датированная 14 августа 1768 г., про окрестности города Курмыша (ныне село в Пильнинском районе Нижегородской области. — *Прим. ред.*), где он встретил обыкновенного ужа. Ученый пересказал и прокомментировал «побасенку» о местных змеях, услышанную им от сопровождающего.

В «Военно-статистическом обозрении Казанской губернии» (1850 г.) сообщалось: «в некоторых крестьянских домах ужи содержатся в числе домашних животных и в избах». Мифы о том, что душа умершего предка может воплотиться в «домашнюю змею», существовали повсеместно у всех славян. Она, как и домовый, считалась опекуном и дома, и семьи; без нее не может быть благополучия, достатка и счастья. Змею, расположившуюся во дворе или в хлеву, нельзя убивать — иначе погибнет хозяин или хозяйка. Если же кто-то по нечаянности все же убьет ее, то он должен палку, которой ее зашиб, немедленно бросить в воду, иначе вся скотина подохнет. Если домочадцы видят змею, ползущую со двора, то это знак скорой бедности и других несчастий; если же она ползет во двор — к счастью и богатству. Если змеи дома нет — значит, что-то там неладно.

ОКРАС ТЕЛА И АРЕАЛЫ ОБЫКНОВЕННОГО И ВОДЯНОГО УЖЕЙ

Первого очень легко выделить среди других змей по светлым (желтым, оранжевым, грязно-белым) пят-

нам на голове. Второй же по окрасу похож на черную гадюку, отличаясь от нее отсутствием ядопроводящих клыков и круглой формой зрачка (у нее он — вертикальный). Многие ошибочно полагают: водяные ужи представляют собой ядовитые гибриды гадюк и обыкновенных ужей.

Обыкновенный уж широко распространен в южной и средней полосах Европейской России. Не исключено, что его ареал даже заходит за Северный полярный круг в Мурманской области. А у более теплолюбивого водяного ужа северный предел распространения находится в Самарской области. Здесь он представлен в основном черной формой. Возможно, меланизм* на северном пределе ареала имеет терморегуляционное значение: животные с темной окраской нагреваются на солнце быстрее светлых. Не играя заметной роли при излучении тепла, окрас покровов, тем не менее, весьма важен при его поглощении.

Обыкновенный и водяной ужи относятся к немногим змеям, которые едят свою добычу живьем; они не убивают ее ядом (его у них нет) и не душат, обкручивая кольцами тела. Первого принято считать батрахофагом, а второго — ихтиофагом, т.е. обыкновенный уж питается главным образом земноводными, а водяной — рыбами. Однако в последние десятилетия в связи с активным расселением ротана-головешки**, пришедшего к нам с Дальнего Востока, в питании обыкновенного ужа увеличивается доля этой рыбы (в Мордовии ротан стал уже главным его пищевым

*Речь идет о труде «Дневные записки путешествия доктора и Академии наук адъюнкта Ивана Лепехина по разным провинциям Российского государства...». Всего вышло 4 части данного сочинения (1771–1805 гг.) (*прим. ред.*).

*Меланизм — преимущественное распространение темноокрашенных особей у какого-либо вида организмов (*прим. ред.*).

**Головешка-ротан — или ротан, или головешка, или травянка (*Perccottus glenii*) — рыба семейства головешковых (*прим. ред.*).



**Водяной уж с пойманным
самцом бычка-кругляка.**

объектом, локально превратив таким образом змею из батрахофага в ихтиофага).

Меняется и видовой состав рыб в пище водяного ужа, обитающего по берегам Волги и ее притоков. Обычной добычей стали вселенцы понто-каспийского комплекса — бычки, теперь составляющие около половины его пищи в Самарской области.

Обыкновенный и водяной ужи, питаясь позвоночными животными, одновременно служат пищей многим из них — от рыб (щука, судак, сом) до млекопитающих. Описаны случаи поедания мелких ужей крупными жабами и лягушками. Нередко ужи становятся жертвами также домашних животных — куриц, кошек, собак, свиней. Известно, некоторые млекопитающие (ежи, крысы) поедают не только самих пресмыкающихся, но и их яйца. У отдельных видов позвоночных (коршун черный, сарыч*, змееяд**, барсук, кабан) ужи стали более или менее обычными компонентами питания, у большинства же остальных — это случайная добыча.

Когда ужа застигает враг рядом с водой и путь к наземным укрытиям закрыт, он уплывает или ныряет, прячась в водной растительности или зарываясь в ил. Там ужи могут находиться по несколько десятков минут, при этом вообще не всплывая. Тогда для дыхания они используют воздух из легкого (у них развито только правое).

*Сарыч — хищная птица, похожая на ястреба, но с более короткими лапами и хвостом (прим. ред.).

**Змееяд — или обыкновенный змееяд, орел-змееяд или крачун (*Circaetus gallicus* или *Circaetus ferox*) — хищная птица семейства ястребиных, отряд соколообразных (прим. ред.).

На суше, при невозможности скрыться, уж замирает и, если его не пугать, может находиться в неподвижном состоянии до нескольких минут. При этом, когда к нему направляется наблюдатель, вероятнее всего, уж продемонстрирует не пассивное, а активное оборонительное поведение. Он свивается в клубок, приподнимает голову, шипит и делает выпады в сторону агрессора (словно гадюка), но при ударах кончиком морды змея не делает попыток укуса.

Будучи пойманным, уж вырывается и брызгается из анального отверстия зловонными выделениями. Характерный запах им придает секрет так называемых пахучих желез, расположенных у основания хвоста. Пойманный, он иногда отрывает добычу.

При поимке рассматриваемые змеи могут весьма правдоподобно имитировать смерть: они переворачиваются брюхом вверх, не шевелятся, из раскрытой пасти вываливается язык. У некоторых выделяются капли крови изо рта, вероятно, из-за множественных повреждений капилляров в процессе быстрого опухания основания языка и слизистой. Эта демонстрация продолжается несколько минут; затем уж быстро принимает обычное положение и пытается активно скрыться. «Мнимая смерть» сопровождается резким падением частоты сердечных сокращений, аритмией; с окончанием демонстративного поведения сердечная деятельность у него нормализуется.

РАЗМНОЖЕНИЕ

Половая зрелость ужей чаще всего наступает на третьем или четвертом году жизни. Массовое спари-



Имитация смерти обыкновенным ужом («мнимая смерть»).

вание происходит около мест зимовки в конце апреля — начале мая. И тогда можно встретить не только пары, но и группы (до 20–35 особей) этих змей, сплетающихся в клубки. Внутри них самок всегда меньше, чем самцов. Правда, соотношение полов у ужей близко к паритетному, но во время брачного периода самцы проявляют большую активность по сравнению с самками. Причем крупные особи обычно оттесняют конкурентов от самки и поэтому чаще копулируют по сравнению с мелкими.

Как правило, кладки яиц ужей в природе обнаруживаются со второй декады июня. Яйца они откладывают в гнилую древесину, кучи перегноя, листья, гниющего тростника, а около жилья человека — в навоз, слежавшееся сено, т.е. во влажные места, где происходит гниение и поддерживается высокая температура. Гибель яиц отмечается при длительном охлаждении и чрезмерной влажности, в холодные и дождливые сезоны из-за поражения грибами.

Только что отложенные яйца всегда покрыты секретом яйцеводов. Подсыхая, он склеивает их, уменьшая влагопотери. Кстати, в местах склеивания оболочки тоньше обычных, в результате чего может осуществляться обмен запасом влаги в кладке. Количество откладываемых одной самкой яиц колеблется от нескольких штук до нескольких десятков и в определенной степени зависит от размеров самки: большое количество откладывают только крупные особи. Добавим, иногда несколько самок кладут яйца в одном месте. К примеру, в Вологодской области, около гривы Селище (название деревни. — *Прим. ред.*), на лесной поляне лежала брошенная толстая дверь 90х140 см. Под ней нашли свыше 1200 яиц обыкновенного ужа, не считая яичные оболочки поколений прошлых лет.

Впрочем, нередко яйца ужей люди принимают за «гадючки» (на самом деле гадюки их не откладывают, а рожают живых детенышей). Вот почему специалисты отмечают многочисленные случаи целенаправленного уничтожения «гадючьих яиц» дачниками и сельскими жителями.



Выход водяных ужей из яиц.

Инкубация ужиных яиц длится месяц-полтора. Вылупившиеся из яиц ужата зачастую не питаются до выхода из первой зимовки, существуя за счет желточного мешка*.

У описываемых змей верхний слой кожи периодически отслаивается, и происходит линька. В течение сезона активности у ужей проходит не менее трех линек — весенняя, летняя и осенняя. Быстрорастущие молодые и больные взрослые особи могут линять чаще: за сезон у них бывает до 6–8 линек. Происходящие перед линькой помутнение, а затем прояснение глаз длятся несколько суток, а собственно линька у здоровых ужей — не дольше получаса. Следует отметить, продолжительность жизни ужей в неволе достигает 30 лет. А в дикой природе они доживают до 15, даже 20 лет!

На большей части своих ареалов обыкновенный и водяной ужи — это обычные змеи. Тем не менее обыкновенный уж, обитающий в Европейской России, занесен в Красные книги Ленинградской и Московской областей, отдельную Красную книгу г. Москвы, а водяной уж — в Красные книги Республики Башкортостан, Липецкой, Самарской, Саратовской и Ульяновской областей. Мы же по ряду рассмотренных признаков относим их как раз к черным водяным змеям, характерным именно для нашей страны.

*Желточный мешок — производное эмбриобласта — формируется из эндобластического пузырька в период плацентации на 15–16-й день внутриутробного развития. Ткани желточного мешка выполняют разнообразные функции (иммунорегуляторная, обменная, синтетическая и др.) до того момента, когда начнут функционировать соответствующие органы плода (*прим. ред.*).

ЗАПОВЕДНАЯ АКВАТОРИЯ В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО



Доктор биологических наук Юрий ЛАТЫПОВ,
заместитель директора по науке Дальневосточного морского
биосферного государственного природного заповедника

Там, где уссурийская тайга встречается с Тихим океаном, а холодные воды с тропическими, расположен единственный в нашей стране морской заповедник «Дальневосточный». Почти всю его площадь (98%) занимает акватория. В течение 35 лет сотрудники этого уникального биосферного резервата сохраняют и изучают природные комплексы Приморья, помогают восстановлению редких и исчезающих видов растений и животных.

Живописные берега Дальневосточного морского заповедника.



Архипелаг Римского-Корсакова. Зона полной заповедности.

Непроходимые бескрайние леса и чистейшие горные реки, морские просторы, нежные летом, но суровые зимой, острова и скалы удивительной конфигурации, причудливые наземные и подводные ландшафты, разнообразные растения и животные — нам посчастливилось жить в редком по красоте уголке России! Здесь в Приморье, в заливе Петра Великого, 24 марта 1978 г. был создан Дальневосточный морской биосферный государственный природный заповедник. Свыше 5000 видов растений и животных обитает в этом сравнительно небольшом районе. Заметим, ряд таксономических групп местной флоры и фауны изучен пока недостаточно, а некоторые из них не описаны до сих пор.

ЮГО-ВОСТОЧНОЕ ПОБЕРЕЖЬЕ СТРАНЫ

Основная задача коллектива заповедника — сохранить генофонд уникальных экосистем залива Петра Великого — самой южной, наиболее тепловодной и богатой по биологическому разнообразию прибрежной морской акватории нашей страны. Кроме того, сотрудники занимаются активной просветительской работой, в частности, мы развиваем экологический туризм, полагая, что знания о родной природе служат необходимым инструментом воспитания у людей бережного к ней отношения.

Залив Петра Великого расположен на стыке умеренной и субтропической зон, омывается одновременно холодным Приморским течением и «веточкой» теплого Цусимского. Сильно изрезана его береговая линия с многочисленными островами, полуостровами, заливами и бухтами с впадающими

в них речками. Залив характеризуется неоднородностью прибрежных грунтов, а потому — пестротой гидрологического режима и физико-химических условий среды. Эти обстоятельства и стали предпосылкой многообразия населяющих эти места животных и растений: часть их встречается далеко на юге — в субтропиках, притом что другие распространены в северной части Японского моря и иных дальневосточных морях.

Прибрежные территории, чрезвычайно живописные и в изобилии населенные разнообразными организмами, представляют особенный интерес как для любителей природы, так и для ученых. Их облик меняется даже в течение суток, не говоря о сезонных превращениях. Очень красив небольшой архипелаг островов Римского-Корсакова в заливе Петра Великого. На более крупном острове Попова размещена центральная усадьба заповедника с так называемой выставкой-музеем природы и создается ботанический сад. Встречаясь на охраняемой акватории, холодное северное и теплое южное течения местами сталкиваются — например, вокруг островов Римского-Корсакова — и образуют круговые «потoki», препятствующие проникновению в резерват промышленных загрязнений.

За годы существования Дальневосточного заповедника ботаники неплохо изучили состояние популяций некоторых видов растений, их численность, характер распространения редкой флоры по островам и в рамках наших научных программ осуществляют мониторинг, помогающий оценить динамику природных процессов и планировать ме-

Весной и летом лилии Миддендорфа украшают склоны сопок на побережье и на островах заповедника.



Поселение асцидии пурпурной.



роприятия по сохранению биологического разнообразия островных экосистем.

Описанию флоры и фауны морского заповедника посвящены коллективная двухтомная монография, несколько научных сборников, сотни статей, защищено несколько кандидатских диссертаций. И не случайно: здесь среда обитания значительно меньше изменена человеком, чем в остальных районах залива Петра Великого, что позволило сохранить тысячи видов водных растений и животных. Помимо хорошо известных обитателей подводного

и островного мира Приморья встречаются редкие и даже экзотические.

Видовой состав и структура донных сообществ в значительной степени зависят от характера субстрата. Так, наиболее обильная жизнь наблюдается на твердых поверхностях дна. Дело в том, что здесь могут прикрепляться различные беспозвоночные, ведущие неподвижный образ жизни: губки, гидроиды, актинии, многощетинковые черви, колониальные и одиночные асцидии, мшанки и некоторые виды двусторчатых моллюсков, таких, например, как мидии и устрицы. Все эти организмы находят себе питание в толще воды, фильтруя ее или действуя щупальцами, и в свою очередь обеспечивают надежное убежище и корм многочисленным подвижным животным. Кстати, у асцидий, как и у позвоночных (в том числе у человека), в личиночной стадии развития формируется хорда — стержнеобразная опора в спине. То есть эволюционно маленький обитатель океана, возможно, — наш предок.

Скалистые обрывистые берега островов и материковой части морского заповедника продолжают и под водой, поэтому сообщества твердых грунтов здесь можно видеть во всей красе и многообразии. Одну из главных групп бентоса и по числу видов, и по биомассе формируют моллюски. Они представляют полный диапазон размерных групп мейо- и макробентоса — от 0,5 до 20 см; так что на их примере можно в деталях изучить спектр питания водных беспозвоночных: тут все трофические звенья, включая первичные продуценты — фитофаги (растительноядные), детритофаги (потребляющие разлагающийся органический материал), грунто-



*Друза мидий Грэя (вверху)
и приморский гребешок
(внизу).*

еды, фильтраторы, хищники и паразиты. Моллюски занимают почти все экологические ниши и их сообщество (при достаточной его плотности) способно сформировать практически полную пищевую цепь.

РЕДКИЕ И ИСЧЕЗАЮЩИЕ ВИДЫ

В водах Приморья в настоящее время насчитывается 337 видов морских, солоноватоводных, проходных (мигрирующих для нереста из морей в реки) и пресноводных рыб, а в Дальневосточном заповеднике их около 200 видов. То есть ихтиофауна здесь чрезвычайно разнообразна. Однако надо признать: рыбы — обитатели по сути чужого для человека мира и охотники за «живым товаром» зачастую не помышляют о бережном отношении к этой части морского сообщества. Отсюда — перелов многих промысловых видов, жестокие орудия добычи, массовое браконьерство и многое другое, чем озабочены сотрудники биосферного резервата.

Почти 99% живых существ, когда-то живших на нашей планете, ныне вымерли. Какие-то естественные биологические причины, конкуренция, резко меняющиеся климатические условия, глобальные или локальные природные катастрофы способствовали этому невеселому, но в определенной мере неизбежному процессу. Наши предки «помогли» исчезнуть мамонту* и, по-видимому, некоторым другим его современникам. Страшно себе представить, но стеллерову корову уничтожили всего лишь через 27 лет (!) после открытия этого вида у побережья Командорских островов. Увы, ныне список угрожаемых беспозвоночных, обитающих в данном регионе, можно дополнить — речь идет об объек-

тах активного браконьерского промысла. В нашем морском заповеднике для этих видов предусмотрены специальные охранные мероприятия.

Пожалуй, основной объект незаконной охоты в заливе Петра Великого — дальневосточный трепанг. Несмотря на то, что ареал этого вида достаточно широк (от Желтого моря до Южных Курил и Сахалина), как и диапазон глубин обитания (до 100 м), в территориальных водах нашей страны для него сложилась плачевная ситуация. Исследования показывают: заповедник — единственное место в заливе Петра Великого, где численность вида все еще адекватна его роли в донных сообществах, поэтому здесь экологические связи еще не нарушены в отличие от большинства других районов залива.

Если добытый браконьерами трепанг практически полностью уходит в Китай и на Тайвань (сейчас его даже в отечественных ресторанах не найти), то другой излюбленный и известный объект незаконной охоты — приморский гребешок — попадает преимущественно на внутренний рынок. Автору данной статьи памятно времена, когда в некоторых местах залива Петра Великого плотность поселения этого животного достигала 10 на 1 м². А теперь даже в заповедных водах такое — большая редкость.

Покой здешних обитателей, сохранность красоты и богатств, наземных и водных, обеспечивают инспекторы, порой рискуя собственной жизнью. Вот почему единственный в стране морской заповедник несмотря на существующие трудности успешно выполняет свою роль по восстановлению редких и исчезающих видов. Яркий пример — желтоклювая цапля и колпица. Эти редчайшие птицы мировой фауны, включенные в Красную книгу Международного союза охраны природы, были отмечены ранее только на островах Кореи и Китая, теперь же пос-

*См.: А. Тихонов, Ю. Бурлаков. Причины гибели северных гигантов. — Наука в России, 2008, № 2 (прим. ред.).

Косяки окуней
довольно обычное явление
в различных подводных
нишах заповедника.



Среди подводных скал
и расщелин аквалангисту
обязательно встретится
мохнатоголовая собачка.

тоянно гнездятся на острове Фуругельма — единственном местообитании вида в России.

И еще пример. В заповеднике впервые появился и описан вид коралла *Dendrophyllia arbuscula*, который был известен преимущественно для тропических районов Мирового океана. Несомненно, такой успех стал возможен лишь благодаря статусу особо охраняемой природной территории.

ИЗУЧЕНИЕ БИОТЫ — ОСНОВА ЕЕ СОХРАНЕНИЯ

Несколько лет назад Дальневосточный морской биосферный государственный природный заповедник стал самостоятельным подразделением ДВО РАН и теперь помимо природоохранных функций должен осуществлять полноценные научные исследования. Главная их цель — мониторинг есте-



Приморский гребешок – популярный морепродукт в Приморье.

Дальневосточный трепанг.

ственных и антропогенных изменений морских и островных сообществ, а также инвентаризация биоты. Ежегодно в заповедной акватории и прилегающих водах проводят гидробиологическую и ихтиологическую съемку. Для этого вся исследуемая территория покрыта сетью станций, позволяющих получать информацию с точностью до одного градуса, благодаря чему мы собираем около 400 проб с глубин от 1 до 50 м. Наши сотрудники, приглашенные отечественные и зарубежные ученые, натуралисты-любители ведут непосредственные наблюдения, фото- и видеосъемку представителей растительного и животного мира.

В октябре 2012 г. на Международном симпозиуме по изучению глобальных изменений в морских экосистемах северо-западной Пацифики, состоявшемся в Институте биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, Дальневосточный заповедник отчитался о результатах первого этапа мониторинга. Мы установили, что в составе макробентоса мягких грунтов сублиторали* залива Петра Великого насчитывается 176 видов животных, относящихся к шести группам — полихетам, двустворчатым моллюскам, гастроподам (брюхоногим), ракообразным, изоподам (отряд высших раков) и иглокожим. Причем первые три из названных групп преобладают по численности и от общего списка видов составляют соответственно 38,1, 27,3 и 13,1%.

Заметим, на изученной нами территории коэффициент разнообразия, рассчитанный для обитателей мягких грунтов, составляет 1,02, что несколько выше, чем в других районах Мирового океана — например, вблизи Шпицбергена (0,72) и в Северном море (0,85). Аналогичные данные получены колле-

*Сублитораль — прибрежная зона моря, покрытая водой (прим. ред.).



гами в заливах и бухтах Южно-Китайского моря и на северо-восточном побережье Австралии (0,97–1,25), бухте Св. Троицы (0,9) залива Петра Великого, а значит, состояние описанной фауны заповедника оптимально.

Сравнение данных мониторинга и предыдущих исследований заповедной акватории подтверждает сохранение ее биоразнообразия. Так, в крупных бухтах на подводных склонах, на полузакрытых и аккумулятивных равнинах мы выявили восстановление

Наблюдение
за поведением желтых окуней
в обычной зоне их обитания.



Любопытная ларга.

лугов морских трав *Zostera marina* и *Zostera asiatica*, деградировавших в 1991–2011 гг. на 50–80%. Определили численность и распределение тюленя-ларги (*Phoca largha*) в заливе Петра Великого. В ходе наблюдений за объединениями этих животных зоологи оценили степень антропогенного воздействия на 18-ти их лежищах.

Для выполнения основной задачи морского заповедника — сохранения биоразнообразия — необходимы максимально точные сведения о видовом

составе ихтиофауны, распределении рыб, соотношении видов в их сообществах и динамике последних. Решая перечисленные задачи, наши сотрудники проводят периодические учеты в определенных биотопах, различных бухтах, сочетая водолазные визуальные наблюдения с фотосъемкой. Отметим, этим работам нет аналогов в отечественной и мировой науке.

К сожалению, в последние годы на побережье и в акватории залива Петра Великого усиливается



Гнездовые колпиц.



*Тропические кораллы
дендрофиллия.*

антропогенное воздействие. Это вызвано, с одной стороны, постепенным восстановлением промышленности на материке и появлением новых отраслей хозяйства (нефтяных и газовых предприятий, прибрежного рыболовства и марикультуры), с другой — резким увеличением числа отдыхающих в девственных уголках Приморья. В этих условиях знания

о составе, структуре и естественной динамике сообществ в заповеднике необходимы для объективной оценки изменения экосистем вне его территории.

Иллюстрации предоставлены автором