

ПРИРОДА

7 15



Главный редактор академик **А.Ф.АНДРЕЕВ**

Первый заместитель главного редактора
доктор физико-математических наук **А.В.БЯЛКО**

Заместители главного редактора:
член-корреспондент РАН **В.В.МАЛАХОВ** (биология),
доктор геолого-минералогических наук **А.А.ЯРОШЕВСКИЙ** (науки о Земле)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

О.О.Астахова (редактор отдела биологии и медицины), кандидат химических наук
Л.П.Белянова (редактор отдела экологии и химии), доктор физико-математических наук
А.Н.Васильев (физика), доктор географических наук **А.А.Величко** (география), академик РАН **А.И.Воробьев** (медицина), академик **С.С.Герштейн** (физика), академик **Г.С.Голицын** (физика атмосферы), доктор химических наук **И.С.Дмитриев** (химия), академик **Л.М.Зеленый** (космические исследования), академик **В.Т.Иванов** (биоорганическая химия), доктор биологических наук **С.Л.Киселев** (генетика), член-корреспондент РАН **М.В.Ковальчук** (физика), **Г.В.Короткевич** (редактор отдела научной информации), **Е.А.Кудряшова** (ответственный секретарь), академик **Н.П.Лаверов** (геология), доктор геолого-минералогических наук **А.Ю.Леин** (геохимия), доктор биологических наук **А.М.Носов** (физиология растений), академик **Л.В.Розенштраух** (физиология животных), академик **А.Ю.Румянцев** (ядерная физика), академик **В.П.Скулачев** (биохимия), кандидат физико-математических наук **К.Л.Сорокина** (редактор отдела физики и математики), кандидат исторических наук **М.Ю.Сорокина** (история науки), кандидат физико-математических наук **В.Г.Сурдин** (астрономия), **Н.В.Ульянова** (редактор отдела геологии, геофизики и геохимии), **Н.В.Успенская** (редактор отдела истории естествознания и публицистики), академик **О.Н.Фаворский** (энергетика), академик **Л.Д.Фаддеев** (математика), академик **М.А.Федонкин** (палеонтология), академик **А.Р.Хохлов** (физическая химия), академик **А.М.Черепашук** (астрономия, астрофизика), академик **Ф.Л.Черноусько** (механика), член-корреспондент РАН **В.П.Шибяев** (химия), **О.И.Шутова** (редактор отдела охраны природы)

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Поющая зарянка. Самки этого вида почти не отличаются от самцов не только по окраске, но и поют наравне с ними. См. в номере: **Бёме И.Р., Горецкая М.Я.** *Когда, где и зачем поют самки птиц.*
Фото Х.Эмилио (J.Emilio)

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Губа Долгая — одно из красивейших мест Соловецкого архипелага. См. в номере: **Кулешова М.Е.** *Соловецкие острова — природное и культурное наследие.*

Фото автора



В НОМЕРЕ:**3 Соколов Д.Д.**
Самые большие магниты

Современная наука считает самыми большими магнитами спиральные галактики. С 1980-х годов, когда были получены первые данные о магнитных полях внешних галактик, наблюдатели увидели много разнообразных деталей, а теоретики более или менее научились их объяснять на основе модели гидродинамического динамо.

12 Бёме И.Р., Горецкая М.Я.
Когда, где и зачем поют самки птиц

Привычно считать, что в мире птиц пение — prerогатива самцов, которые таким образом очерчивают свою территорию, привлекают партнерш и т.д. Но выяснилось, что в отряде воробьинообразных немало и самок-вокалисток. Как давно они научились петь и зачем им это понадобилось?

18 Агатова А.Р., Лужанский Д.В., Родкин М.В., Корженков А.М.
Загадка катакомб Заячьего полуострова

В таких сейсмически активных, но при этом издавна освоенных человеком горных районах, как Тянь-Шань, маркерами древних землетрясений наряду с деформациями отложений и рельефа могут служить археологические памятники.

28 Кулешова М.Е.
Соловецкие острова — природное и культурное наследие

Соловецкие острова известны как одна из красивейших в мире православных обителей и как место кровавого террора. Но это еще и уникальный природный ландшафт, нуждающийся в охране и попечении. Тем не менее сегодня здесь меняется планировочная структура земель и ведется масштабная застройка. Почему же вопрос сохранения природного наследия Соловков до сих пор остается открытым?

42 Губин С.В., Яшина С.Г.
Букет от мамонта

Толици многолетнемерзлых отложений — среда, в которой сохраняются не только жизнеспособные микроорганизмы, но и другие представители живого мира прошедших геологических эпох.

52 Докукин М.Д., Савернюк Е.А., Черноморец С.С.
Обвальные процессы в высокогорной зоне Кавказа в XXI веке

Обвалы в горах — нередкое явление. Какие-то из них остаются незамеченными, а иные приводят к трагедиям. Где обвалы происходят чаще всего? Насколько крупными бывают? Как определить зону поражения и дату события по снимкам из космоса? И может ли небольшой обвал стать предвестником крупной катастрофы?

Научные сообщения**63 Портнов А.М.**
Гул Земли и паровозный гудок**Харламова А.С., Мащенко Е.Н.****Уникальный мамонт с берега моря Лаптевых (67)****Времена и люди****69 Щербаков Р.Н.**
Физика магнетизма Уильяма Гильберта**Музрукова Е.Б., Фандо Р.А.****Создание хромосомной теории наследственности**

К 100-летию публикации монографии «Механизм менделевской наследственности» (79)

87
Новости науки

Шаг к разгадке тайны шаровой молнии. (87). Система противодействия космическим угрозам. Нароенков С.А. (87). Конкурентная сорбция как метод дезактивации природной среды. Поляков Е.В. (88). Стеклометаллокомпозит для подводного аппарата. Пиккуль В.В. (89).

Рецензии**90 Розенберг Г.С., Саксонов С.В., Сенатор С.А.**
Раннепермские рифы
(на кн.: Уникальные памятники природы — шиханы Тратау и Юрактау)**93**
Новые книги

CONTENTS:**3 Sokoloff D.D.****The Largest Magnets**

Contemporary science knows spiral galaxies as the magnets of the largest spatial scale. From 1980th when first observational data concerning magnetic fields of external galaxies was obtained, observers recognized various impressive details of galactic magnetic fields while theoreticians reproduce them more or less successfully in the framework of hydromagnetic dynamo concept.

12 Beme I.R., Goretskaia M.I.**When, Where and Why Female Birds Are Singing**

It is generally accepted that among birds singing is a prerogative of males who delineate their territory, attract females and so on. But it turned out that among passerine there are many female singers too. How long ago have they learned to sing and why did they need it?

18 Agatova A.R., Lujanskiy D.V., Rodkin M.V., Korjenkov A.M.**The Riddle of Zayachiy Peninsula Catacombs**

In such seismically active but long ago mastered by man mountain regions, as the Tien Shan, along with deformations of sediments and relief, the archaeological sites can be used as markers of ancient earthquakes.

28 Kuleshova M.E.**Solovetsky Islands – Natural and Cultural Heritage**

Solovetsky Islands are known as one of the most beautiful Orthodox monasteries in the world, and as a place of bloody terror. But it is also an unique natural landscape which require protection and maintenance. Nevertheless, today its zoning structure is changing and a large-scale land development is conducted. Why the problem of conservation of natural environment of the place is still open?

42 Gubin S.V., Yashina S.G.**Bouquet from the Mammoth**

Strata of permafrost deposits is environment where not only viable microorganisms are conserved, but also other members of biota of past geological epochs.

52 Dokukin M.D., Savernyuk E.A., Chernomorets S.S.**Rock Avalanches in the Alpine Zone of the Caucasus in the 21 Century**

Rock avalanches in mountain regions are not rare. Some of them avoid detection, other results in disasters. Where the avalanches happen most often? How big they can be? How to determine the devastation area and the date of the event from satellite images? And can a small avalanche be a precursor of a big-scale catastrophe?

Scientific Communications**63 Portnov A.M.****The Roar of the Earth and the Train Whistle****Kharlamova A.S., Mashchenko E.N.****Unique Mammoth from the Shore of the Laptev Sea (67)****Times and People****69 Shcherbakov R.N.****Physics of Magnetism by William Gilbert****Muzrukova E.B., Fando R.A.****Creation of Chromosome Theory of Heredity**

To centenary of publishing of the monograph «The Mechanism of Mendelian Heredity» (79)

87**Science News**

A Step to Solving the Riddle of Ball Lightning (87). System of Counteraction to Space Treats. **Naroenkov S.A.** (87). Competitive Sorption as a Method of Decontamination of Natural Environment. **Polyakov E.B.** (88). Glass-Metal Composite Material for Submersible Vehicle. **Pikul V.V.** (89).

Book Reviews**90 Rosenberg G.S., Saksonov S.V., Senator S.A.****Early Permian Reefs**

(on book: Unique Natural Sites – Sheehans Tratau and Yuraktau)

93**New Books**

Самые большие магниты

Д.Д.Соколов

В науке всегда есть некоторый элемент состязательности — кто в данном виде спорта самый-самый. Естественно, не остается без внимания и вопрос, какой магнит самый большой. Ответ на него совершенно неожидан для человека, привыкшего к миру технических магнитов: самыми большими по размеру магнитами, известными современной науке, оказываются звездные острова — спиральные галактики. В частности, гигантский магнит представляет из себя та галактика, в которой мы живем, — Млечный Путь. Впервые об этом догадался в конце 40-х годов прошлого века великий Э.Ферми, размышляя о том, что может удерживать космические лучи в Галактике. Он правильно оценил напряженность магнитного поля Млечного Пути и в общих чертах верно представлял себе его конфигурацию. Можно только позавидовать способности классиков науки делать правильные выводы из очень ограниченного набора фактов и, самое главное, удерживаться от беспочвенных спекуляций на его основе. Примерно тогда же замечательный отечественный астроном Б.А.Воронцов-Вельяминов включил эти результаты Ферми в свой учебник по астрономии для 11-го класса средней школы, причем включил так, что его текст практически без правки можно вносить в современные обзоры по магнитным полям галактик. Сейчас данный предмет почему-то в школе не преподают.



Дмитрий Дмитриевич Соколов, доктор физико-математических наук, профессор кафедры математики физического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Область научных интересов — электродинамика космических сред, физика случайных сред, геометрические методы в физике.

Рождение представлений

Вообще говоря, магнетизм широко распространен в космосе. Магнитное поле есть у Солнца, у многих звезд и планет. Магнитом, в конце концов, является Земля. Обычно говорят, что магнитные поля в небесном теле и космической среде обнаруживают по расщеплению в их присутствии спектральных линий электромагнитного излучения, т.е. по эффекту Зеемана. Именно так было открыто магнитное поле Солнца. Однако наблюдать магнитные поля галактик с помощью эффекта Зеемана удастся лишь в исключительных случаях, в тех областях, где эти поля аномально велики. Дело в том, что из-за движений излучающих атомов спектральные линии уширяются благодаря эффекту Доплера. Так что сравнительно небольшое расщепление, вызванное магнитным полем галактики, обычно не удастся заметить. И тут на помощь приходит другой эффект — эффект Фарадея. Он состоит в том, что в зеркально-асимметричной среде (например, в растворе сахара — в органических веществах есть лишь сахара одной из двух зеркально-симметричных конфигураций) по мере прохождения через нее света плоскость поляризации последнего вращается. Оказывается, что магнитное поле тоже делает среду зеркально-асимметричной, а синхротронное излучение, присутствующее во многих небесных телах, поляризовано. Угол поворота пропорционален проекции напряженности магнитного поля на луч зрения, плотности тепловых электронов среды, длине пути и квадрату длины волны излучения. Длина пути в галактиках огромная, поэтому даже при небольшом магнитном поле набегает существенный поворот плоскости поляризации. Правда, этот поворот не должен быть и очень большим, поскольку тогда плоскость поляризации поворачивается много раз, и наблюдения трудно интерпретировать. В итоге выходит, что лучше всего наблю-

© Соколов Д.Д., 2015

дать фарадеевское вращение в радиодиапазоне, на длинах волн сантиметрового масштаба.

Говоря, что магнитное поле галактик слабое, мы сравниваем его с полем технических устройств или Земли. На самом деле это сравнение не показательно — в мире галактик свои масштабы. Лучше сравнить плотность энергии магнитного поля и, например, плотность энергии случайных движений межзвездного газа, в котором и находится само поле. Оказывается, что эти энергии приблизительно одинаковы. Другими словами, магнитное поле галактики в своем естественном масштабе гораздо сильнее большинства привычных для нас магнитных полей — оно в состоянии влиять на динамику среды. Это же можно сказать и, например, о магнитном поле Солнца. Специалисты полагают, что магнитное поле в глубине Земли тоже способно существенно воздействовать на течения в жидком внешнем ядре планеты.

Перед тем как указать, каково же магнитное поле галактик количественно, нужно упомянуть о еще одном отличии таких полей в космосе и в технических устройствах. Мы обычно связываем явление магнетизма с ферромагнетиками — в детстве его начинают изучать на примере подковообразного магнита. В космической среде ферромагнетизм — большая редкость. Поэтому нет смысла различать напряженность магнитного поля и магнитную индукцию, а магнитное поле принято измерять не в эрстедах, а в гауссах. Эксперимент показывает, что зарубежные редакторы относятся к такой практике терпимо, а отечественные — не

очень. Итак, напряженность магнитного поля галактик порядка нескольких микрогауссов.

За 30 лет после догадки Ферми накопился большой объем данных о фарадеевском вращении излучения внегалактических (по отношению к нам) радиоисточников и пульсаров, т.е. галактических источников поляризованного излучения. В результате на рубеже 80-х годов XX в. открылась возможность более-менее детально изучить строение магнитного поля Млечного Пути. Оказалось, что это магнитное поле лежит в плоскости Галактики, оно примерно симметрично относительно центральной плоскости галактического диска и примерно перпендикулярно направлению на центр Галактики (рис.1). Эта симметрия очень приближительная — на среднее магнитное поле наложены разнообразные возмущения. Такое строение магнитного поля кажется естественным. Однако привычное нам дипольное магнитное поле, скажем, Земли, имеет совсем другое строение — оно перпендикулярно экваториальной плоскости нашей планеты. Другими словами, магнитное поле Млечного Пути имеет симметрию квадрупольного, а не дипольного типа, т.е. оно не идет от одного магнитного полюса к другому (как полоидальное магнитное поле), а направлено почти по азимутальному направлению (как тороидальное поле). На самом деле отклонения от тороидального магнитного поля тоже есть, есть и полоидальная составляющая, но они сравнительно слабы.

К сожалению, мы видим Млечный Путь изнутри, так что за близкими деревьями легко теряется об-

раз всего леса. Очень полезно взглянуть на ситуацию со стороны, поэтому особенно ценны наблюдения внешних галактик. Такие результаты появились в 80-х годах прошлого века. Львиную долю этих наблюдений выполнили немецкие радиоастрономы из Института радиоастрономии Общества им. Макса Планка в Бонне. Заслуга в их организации принадлежит Р.Вилебинскому — чрезвычайно колоритному человеку, выходцу из Польши, прошедшему школу радиоастрономии в Австралии, и, между прочим, деятельному стороннику международного сотрудничества, включавшего и нашу страну. В то время Германия уже залечила наиболее заметные раны, нанесенные военной катастрофой, однако немецкая наука еще была далека от довоенных стандартов. Требовалось определить участки, на которых можно было бы достичь лидирующих позиций с помощью разумных уси-

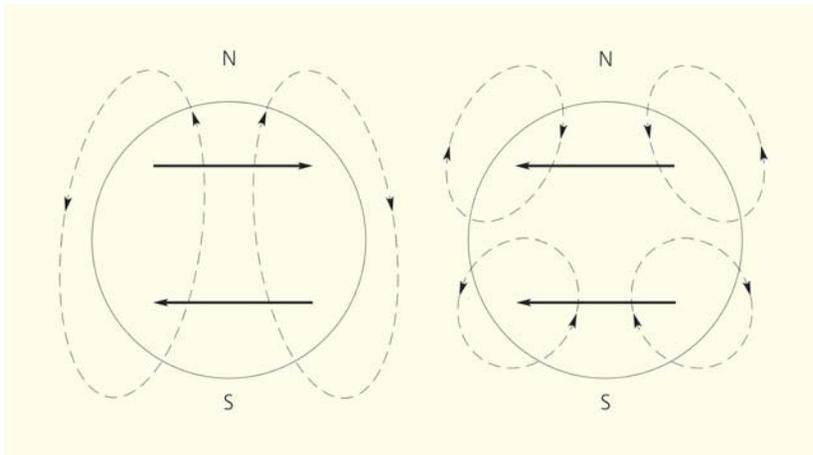


Рис.1. Схема строения магнитного поля дипольной (слева) и квадрупольной (справа) симметрий. Понятия дипольной и квадрупольной симметрий вводятся единообразно для любого тела вращения, симметричного относительно экваториальной плоскости. Это тело показано в виде круга, а плоскость рисунка проходит через ось вращения. Для случая спиральных галактик можно представить себе, что изображена квазисферическая корона галактики. Экваториальная плоскость диска галактики перпендикулярна к плоскости рисунка. Проекция линий тороидального поля показаны сплошными стрелками, линии полоидального поля, находящиеся в плоскости рисунка, показаны штрихами со стрелками. Северный и южный полюсы тела обозначены как N и S соответственно.

лий. В частности, начинал работу новый современный радиотелескоп в Эффельсберге, недалеко от Бонна (рис.2). Первые наблюдения показали, что радиоизлучение внешних галактик поляризовано. Оно имеет синхротронную природу, т.е. вызвано движением релятивистских электронов в магнитном поле. Синхротронное излучение поляризовано в высокой степени (около 70% поляризации). Наличие в галактиках каких-то магнитных полей никого не удивляло — астрономы привыкли объяснять ими все непонятное. Но традиционно считалось, что эти поля имеют очень мелкий пространственный масштаб и связаны не со всей галактикой, а с какими-то ее локальными объектами. Тогда излучение, приходящее из разных частей галактики, должно было иметь самые разные ориентации плоскости поляризации, так что в целом оно оказывалось неполяризованным. На деле же поляризация наблюдалась. Конечно, не 70% — процент поляризации был около 10%, но по астрономическим меркам это много. Вилебинский правильно угадал здесь перспективное направление исследования. Подчеркнем, что от наблюдения поляризации до восстановления структуры магнитного поля внешних галактик дистанция большого масштаба. Важно, что была правильно распознана перспектива, а первоначальный импульс исследования оказался настолько сильным, что он во многом определяет ситуацию в данной области до сих пор (хотя, конечно, постепенно подрастают другие группы конкуренты, прежде всего в Голландии).

Другим удачным обстоятельством, определившим ситуацию в изучении магнитных полей галактик, было то, что в это время в Москве интенсивно работала группа теоретиков, интересовавшихся происхождением таких полей. Научным лидером этой группы был замечательный отечественный физик Я.Б.Зельдович, вокруг которого собирались молодые люди, занимавшиеся различными вопросами астрофизики.

Происхождение магнитных полей небесных тел и прежде всего Солнца давно интересовало теоретиков. Уже в 1919 г. Дж.Лармор понял, что в качестве механизма, способного создать магнитное поле Солнца, не видно ничего, кроме электромагнитной индукции. В самом деле, представление о куске ферромагнетика в центре Солнца не хочется рассматривать даже в виде шутки. По аналогии с тем, что тогда называлось динамо-машиной, механизм получил имя «динамо». Чтобы подчеркнуть, что данный механизм не предполагает наличия на Солнце твердых проводников и других не относящихся к делу деталей, к этому слову прилагают эпитет *гидромагнитное*. К началу 80-х теория солнечного динамо была хоть в какой-то мере разработана. Было понятно, что в других небесных телах объяснять происхождение магнитных полей тоже естественно с помощью механизма динамо. Вышло несколько работ о том, как могло бы работать динамо в диске га-

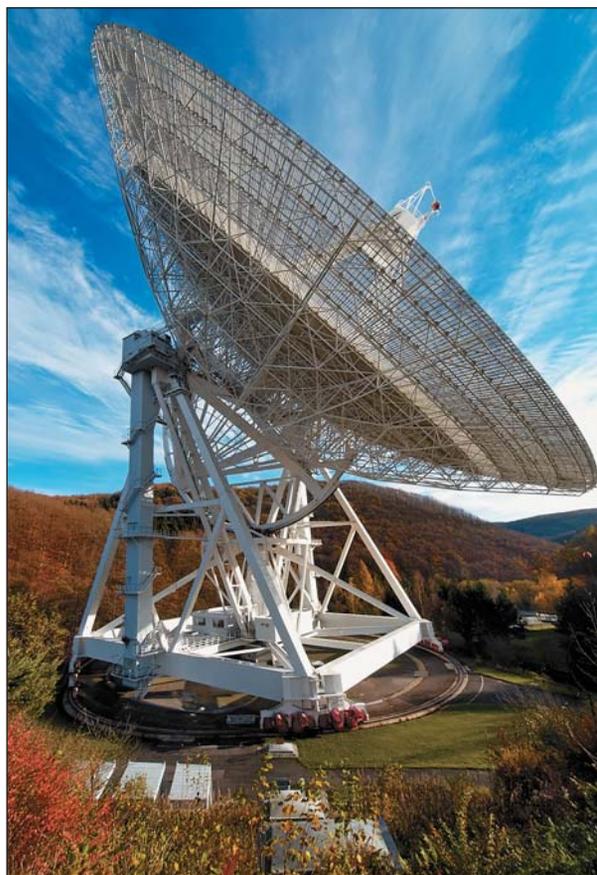


Рис.2. Радиотелескоп в Эффельсберге (Германия). На этом телескопе, расположенном в красивых горах недалеко от Бонна, были получены первые результаты по магнитным полям во внешних галактиках. Этот инструмент и сейчас играет важнейшую роль в данной области изысканий.

лактик. Первая из них, написанная С.И.Вайнштейном и А.А.Рузмайкиным, опубликована в 1972 г. одновременно с работой замечательного американского астронома Ю.Паркера — то были первые работы по галактическому динамо.

Зельдович был человеком, ориентированным на международную научную кооперацию, как бы трудно ни было осуществить это намерение. Одним из результатов его усилий стала публикация в 1983 г. в Нью-Йорке в издательстве «Гордон энд Брич» книги «Магнитные поля в астрофизике», написанной им вместе с молодыми сотрудниками А.А.Рузмайкиным и автором данной статьи. Понятное дело, что мы писали о том, в чем разбирались сами, поэтому значительная часть книги была посвящена галактическому динамо. Книга произвела впечатление на читателя. В то время наши соотечественники редко публиковали книги сразу на английском языке и за границей, но, пожалуй, важнее было то, что впервые вопрос о магнитных полях Млечного Пути занял такое место в книге. Другие группы, работавшие в этой области, больше занимались солнечным динамо.

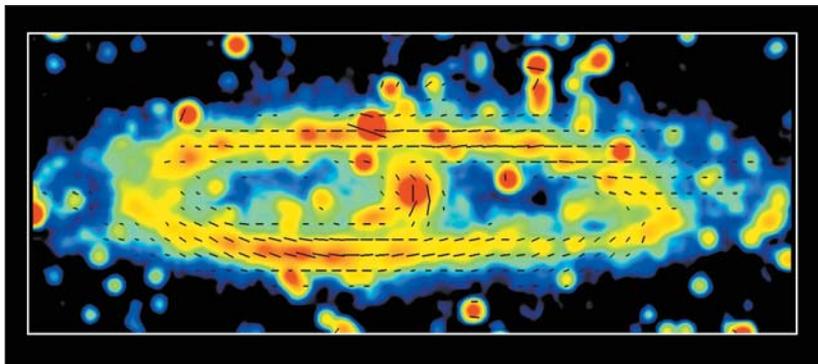


Рис.3. Кольцо поляризованного радиоизлучения в туманности Андромеды (галактика М31) по данным на длине волны 6 см. Интенсивность радиоизлучения представлена цветом, а черточки показывают прямые, вдоль которых направлены векторы магнитного поля. Чтобы узнать, в какую сторону направлены эти векторы, нужно сопоставлять данные, полученные при наблюдении на разных длинах волн.

Нам тоже стало ясно, что открывается новая область исследований. Хорошо помню, как мы слушали доклад замечательного радиоастронома из Бонна Р.Бека, который только что открыл поляризованное радиоизлучение от туманности Андромеды — галактики М31. Это излучение было не размазано по всему диску галактики, а сконцентрировано в кольце (рис.3). Вероятно, именно там и расположено магнитное поле этой галактики. Но почему оно собирается в кольцо, наблюдателям было совершенно непонятно. Мы-то знали, что студент Саши Рuzмайкина Анвар Шукуров только что написал статью о том, какое распределение магнитного поля ожидается в М31 — сосредоточенное именно в кольце, которое располагалось как раз там, где было кольцо поляризованного излучения.

Тогда было не так просто подойти к гостю, приехавшему из далекой Западной Германии, и рассказать ему о своих идеях. Однако Саша — человек, который способен пройти сквозь стену, так что через несколько месяцев удалось довести изыскания нашей группы до сведения немецких коллег. В результате этих усилий мы получили предложение написать книгу о магнитных полях галактик (всяких, а не только Млечного Пути) для голландского издательства «Дурнебааль Райдель» из Дордрехта. В ту пору город Дордрехт, как и вся Голландия, воспринимался как нечто нереальное. Много лет спустя я оказался там и специально поехал в выходной день в этот город, где в 1988 г. вышла наша с Рuzмайкиным и Шукуровым книга «Магнитные поля галактик» (правда, издательство уже стало называться «Клувер» — законы бизнеса, ничего не поделаешь). В этот раз русскую версию удалось немедленно издать дома, в издательстве «Наука» [1]. Русского же издания первой из книг пришлось ждать четверть века [2].

Счастливым для нас образом теория происхождения магнитных полей галактик не входила

в качестве неотъемлемой части в концепцию исследователей из Бонна. Поэтому быстро (по масштабам того времени) установилось тесное сотрудничество между нашими группами, так что уже в 1989 г. мы выпустили первый совместный препринт. Во времена перестройки научные связи бурно росли, а многие члены нашей группы стали зарубежными учеными. Поэтому следующий большой обзор по магнитным полям галактик, который вышел в 1996 г. и до сих пор остается стандартной ссылкой по данному вопросу, писала довольно большая группа авторов из многих европейских стран [3]. Отметим, что

в Германии была признанная группа, работавшая в области динамо. Правда, эта группа работала в ГДР, в Потсдаме. Это не исключало сотрудничества с Бонном, но делало его не таким простым. Кроме того, часто легче сотрудничать с коллегой из далекой страны, чем со своим соседом. Так или иначе, среди участников обзора был и А.Бранденбург, вышедший из потсдамской группы и работавший тогда в Копенгагене. Сейчас этот ведущий специалист по прямому численному моделированию космических магнитных полей работает в Стокгольме, в Институте теоретической физики северных стран (НОРДИТА).

Первые результаты по магнитным полям галактик вызвали заметный, хотя и не всегда ожидаемый общественный интерес. В те годы не было Интернета, но существовала практика запросов на отписки статей, причем считалось, что не ответить на такой запрос неприлично. Припоминаю, как отправлял отписку на запрос из Каирского зоопарка.

Как возникают магнитные поля галактик

Галактическое динамо работает на тех же принципах, что и солнечное. Главная трудность на пути работы этого механизма в том, как обойти известное из школы правило Ленца — электромагнитная индукция создает новое магнитное поле так, чтобы оно не увеличивало, а уменьшало начальное, затравочное магнитное поле. Следовательно, для самовозбуждения магнитного поля (а это и есть динамо) нужно, чтобы в процессе было задействовано два эффективных контура. Тогда первый из них создает магнитное поле во втором, а второй использует это возникшее поле и порождает новое в первом контуре. При этом правило Ленца не запрещает, чтобы новое поле складывалось с исходным.

Специалистам по динамо понадобилось примерно полвека для того, чтобы понять, как можно реализовать эту возможность в природных условиях. Магнитное поле первого контура можно представлять себе как поле магнитного диполя или магнитного квадруполья. Его называют полоидальным. Оно вморожено в хорошо проводящую вращающуюся среду. Вращение это практически никогда не является твердотельным — твердые тела в космосе редкость. Поскольку разные части магнитной линии вращаются с разной угловой скоростью, из полоидального магнитного поля рождается тороидальное магнитное поле, направленное по азимуту. Эта часть устройства динамо особого сомнения не вызывает.

Проблема в том, как восстановить полоидальное магнитное поле из тороидального. К 60-м годам прошлого века стало ясно, что единственный реалистический путь для этого в космических условиях связан с нарушением зеркальной симметрии конвекции (или турбулентности) во вращающемся теле. Благодаря отсутствию симметрии возникает компонента электрического тока, направленная не перпендикулярно, а параллельно магнитному полю. В ясной форме, доступной количественному изучению, данная мысль была высказана и разработана учеными из тогдашней ГДР М.Штеенбеком, Ф.Краузе и К.-Х.Рэдлером. Это, пожалуй, самое известное и важное открытие восточно-германских физиков. Оно получило название альфа-эффекта. Конечно, со временем физики научились описывать альфа-эффект на должном математическом уровне. Но главная проблема с ним все-таки психологическая. Весь опыт школьной, университетской, да и вообще стандартной физики сформирован при молчаливом предположении, что мы имеем дело с зеркально-симметричными средами. Эффекты зеркальной асимметрии начинают играть существенную роль в микромире. Они были обнаружены приблизительно тогда же, когда сформировалось и представление об альфа-эффекте. В то время физики уже привыкли к тому, что поведение элементарных частиц плохо укладывается в категории здравого смысла, однако то, что это случается и в мире больших масштабов, было трудно себе представить. На самом деле зеркальную симметрию нарушает общее вращение тела, в данном случае галактики. Забавно, что в географии этот факт считается очевидным — там есть закон Бэра: согласно ему, реки, текущие в противоположных полушариях, подмывают разные берега. В динамо в совершенно другом контексте используется ровно та же идея.

Подчеркнем, что динамо — пороговое явление. Индукционные эффекты должны перебороть омические потери магнитного поля, связанные с конечной проводимостью среды. В мире галактик этот порог генерации преодолевается за счет огромных пространственных масштабов последних.

В рамках свойств галактического динамо понятно, почему магнитные поля возникают в галактиках спиральных и некоторых других близких типов — именно эти галактики вращаются.

Удалось разобраться и в том, почему конфигурация магнитных полей галактик совсем не похожа на то, как устроено магнитное поле Солнца и Земли. Оказалось, что во всех случаях динамо работает в некотором слое, однако угловая скорость в галактиках меняется вдоль этого слоя, а в других случаях — поперек него. Заранее было, мягко говоря, неочевидно, что такая на первый взгляд несущественная деталь приводит к совершенно различным результатам. Конечно, очень важно и то, что условия наблюдения магнитных полей во всех этих ситуациях очень различны — мы видим прежде всего легко наблюдению поддающееся.

Новые идеи и старые иллюзии

Первые модели генерации магнитного поля в галактиках были, естественно, обобщенными и однообразными. Конечно, крупно повезло, что в них сразу же нашлось место яркой детали (кольцу в М31), которую удастся увидеть и в наблюдениях. Этой детали даже была посвящена одна из почтовых марок, выпущенных немецкой почтой (рис.4).

За годы, прошедшие с тех пор, наблюдатели обнаружили много разнообразных и красивых деталей, а теоретики в той или иной степени научились их объяснять.

Оказалось, что в некоторых спиральных галактиках (например, в NGC 6946) магнитные поля собраны в своеобразные магнитные рукава, которые расположены между спиральными рукавами, образованными газом и звездами (рис.5). Теоретики склонны трактовать эти магнитные рукава как своеобразный транзит, т.е. магнитную структуру, которая еще не успела достичь своего равновесного состояния [4]. Известны и другие примеры подобных транзитов. Например, магнитное поле нашего Млечного Пути несколько раз меняет свое направление вдоль галактического радиуса. Про-

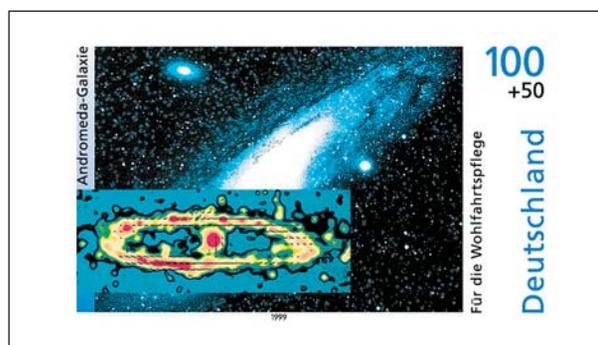


Рис.4. Результаты изучения магнитного поля в М31, представленные на современной немецкой почтовой марке.

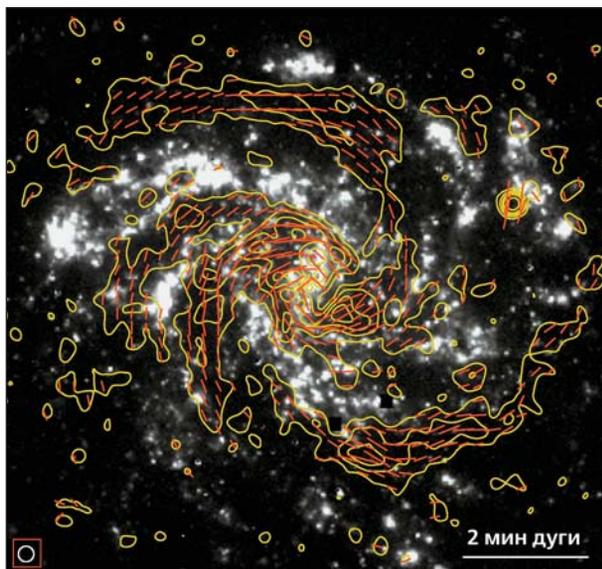


Рис.5. Магнитные рукава (показаны цветными контурами) в галактике NGC 6946 лежат между рукавами, образованными распределениями звезд и межзвездного газа, которые видны на оптическом изображении галактики (черно-белый рисунок). Отрезок в правом нижнем углу рисунка дает представление о его масштабе. Он составляет 2 минуты дуги, что при использованной оценке расстояния до галактики равно 11 500 световым годам. Кружок в квадратике в левом нижнем углу рисунка дает представление о том, какие наименьшие масштабы хорошо различимы (как говорят, разрешаются) в наблюдениях.

стейшие модели галактического динамо предсказывают, что конечная стадия эволюции магнитного поля галактик не должна обладать подобными чертами. Их появление в реальных галактиках объясняется тем, что эти очень старые по человеческим меркам небесные тела в магнитном смысле совсем молоды. В самом деле, оказывается, что характерное время, за которое галактическое динамо может существенно перестроить магнитное поле в данной области галактического диска, составляет порядка 0.5 млрд лет. Это, конечно, существенно меньше, чем возраст галактик, сравнимый с 10 млрд лет, однако разрыв между данными временными масштабами не такой уж большой. Важно и то, что на протяжении своей жизни галактика не оставалась неизменной. В ней происходили разнообразные явления вроде вспышек звездообразования, появления и исчезновения газовых спиральных рукавов, взаимодействий с соседними галактиками и т.д. Сравнительно неторопливое галактическое динамо не успевает сгладить следы этих событий. В итоге в разных частях галактического диска образуются фрагменты финальной магнитной конфигурации, которые плохо стыкуются друг с другом. Это и есть транзисты. Особенно помогает их образованию то, что магнитное поле — псевдовектор. Это значит, что можно предсказать

лишь величину вектора магнитного поля и ту прямую, на которой он лежит, а физической причины, которая выделяла бы направление поля, существовать не может. Поэтому в разных фрагментах магнитной конфигурации магнитное поле способно иметь противоположные направления, а на стыке фрагментов возникают долгоживущие обращения магнитного поля [5].

Подобные внутренние пограничные слои (их еще называют контрастными структурами) известны во многих областях физики (например, в физике полупроводников). Для изучения контрастных структур замечательным отечественным математиком А.Б.Васильевой и ее школой разработаны мощные методы расчета. Мы, естественно, широко пользовались идеями этой группы, однако обнаруженная формальная аналогия между полупроводниками и галактиками была, разумеется, совершенно неожиданной.

Конечно, спиральные галактики — не просто вращающиеся газовые и звездные диски. В них выделяются различные структуры. Например, в центральных частях некоторых галактик видна своеобразная линейная структура, которая протыкает центральную область, как спица. От ее концов отходят спиральные рукава, поэтому по-русски ее положено называть перемычкой, хотя в живой речи ее обычно обозначают английским словом «bar». Магнитные поля в галактиках с баром были изучены [6] в рамках специального немецко-российского проекта РФФИ и Немецкого научного общества, за который мы очень благодарны обоим учредителям. Оказалось, что вращающийся бар сильно изменяет стандартную конфигурацию магнитного поля, а главное, возникают такие магнитные линии, вдоль которых может течь вещество и питать черную дыру, находящуюся, видимо, в центре галактики (рис.6). До сих пор галактики с перемычками — единственный детально исследованный (как наблюдательно, так и теоретически) морфологический класс галактик.

Описание результатов этого детального и кропотливого исследования вызвало к жизни публикации в разнообразных научных (и популярных) журналах, включая самые престижные, а практика написания отчетов по проектам позволила прийти к неожиданным наукометрическим выводам. Мы и раньше догадывались, что неплохо публиковать свои результаты в самых высокоцитируемых журналах, например, в «Nature» [7]. И по мере поступления соответствующих результатов делали это. Практика же показывает, что (по крайней мере в астрономии) такая престижная публикация сама по себе не производит особенного впечатления на научное сообщество и не вызывает, в частности, потока ссылок. Гораздо важнее поддержать эту пилотную статью последовательной развернутой публикацией результатов во всей линейке научных журналов по данной тематике — от престижного журнала, обращенного к широкой научной аудито-

рии, до более локальных журналов, адресованных кругу узких специалистов. Тогда оказывается, что и индекс цитирования специальных статей примерно такой же, как и у статьи в «Nature». Как говорят футболисты, порядок бьет класс.

Не все первоначальные ожидания подтвердились в ходе исследований. Например, часто создается впечатление, что магнитное поле галактик связано не столько с галактическим диском как целым, сколько со спиральными рукавами в этом диске. В самом деле, направления магнитных векторов близки к направлению спиральных рукавов. Близки, но не совпадают. Конечно, газовые рукава искажают распределение магнитного поля, однако, как выяснилось, сами по себе они его не вызывают.

Другое заблуждение, рассеявшееся в ходе исследований, состоит в представлении, что магнитное поле галактик образовалось при закручивании первоначально однородного магнитного поля, вмерозенного в вещество, из которого образовалась галактика. Такое гипотетическое магнитное поле называют реликтовым. Это представление поначалу казалось очень притягательным — не нужно думать о какой-то зеркальной асимметрии и других сложностях. Однако расче-

ты показывают, что такое реликтовое поле не выживает во вращающихся галактиках, а если бы оно каким-то чудом и выживало, его конфигурация получалась бы непохожей на наблюдаемую.

Магнитные поля в контексте современности

Развитие конкретной области науки далеко не всегда определяется только чисто научными соображениями. Строительство новых радиотелескопов, без которых трудно улучшать возможности наблюдений, — сложный и дорогостоящий процесс, требующий очень серьезной международной и междисциплинарной кооперации. Невозможно представить, чтобы новый мощный радиотелескоп был построен для выполнения одной научной задачи. Поэтому подготовка к наблюдениям на новом приборе занимает не один год и приводит к перестройке всей системы групп, занимающихся данной областью науки.

Сейчас ясно, что следующими радиотелескопами, которые будут наблюдать магнитные поля галактик, станут телескопы LOFAR (от английского LOw Frequency ARray — низкочастотный комплекс) и SKA (Square Kilometre Array — комплекс километровой площади). Особенность первого из них, который уже в основном построен в Голландии, заключается в том, что он состоит из центрального ядра и вспомогательных станций, расположенных в различных европейских странах. Одна из этих станций находится в окрестностях Кракова, в форте времен Первой мировой войны. Поучительно присмотреться к опыту этой обсерватории Ягеллонского университета (Польша). Четверть века назад, когда я впервые увидел эту обсерваторию, в ней не было ни одного более-менее современного инструмента, не было ни денег, ни специалистов-наблюдателей, которые могут проводить современные наблюдения. Зато было четкое осознание того, что из этого сложного положения можно выйти только собственными усилиями. За прошедшие годы руководители этой группы, которыми были последовательно М.Урбаник и К.Отмяновска-Мазур, наладили тесное сотрудничество студентов-астрономов с наблюдателями из Бонна, прежде всего с уже знакомым нам Бекон. Молодые ребята выросли в опытных исследователей и переняли у немецких коллег многие наблюдательные проекты. Постепенно нашлись деньги для строительства станции LOFAR, тем более что технически подобная станция достаточно проста. Я хорошо помню, как еще в аспирантские годы был на подобном же радиотелескопе под Харьковом. Усилия краковских астрономов-наблюдателей были поддержаны теоретиками из польского города Торунь. В итоге Польша вышла на лидирующие позиции в данной области, затратив на это минимальные ресурсы. Может быть, стоит поучиться?

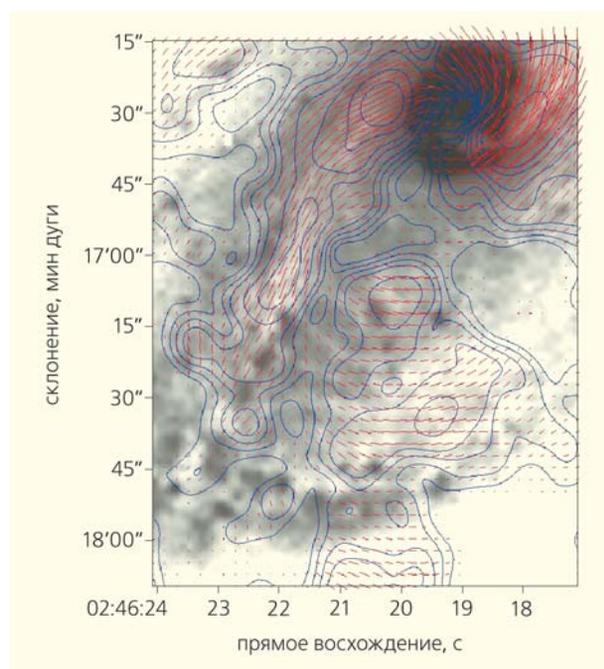


Рис.6. Фрагмент распределения магнитного поля в галактике NGC 1097. Черточки отвечают направлениям магнитного поля, а контуры характеризуют его напряженность. Данные радионаблюдений наложены на оптическое изображение (черно-белый рисунок). Из нижнего левого в верхний правый угол рисунка идет перемычка галактики. Видно, как резко изменяется направление магнитного поля вблизи перемычки — там находится ударная волна. Вдоль магнитных линий в перемычке вещество течет в центр галактики и питает расположенную там черную дыру.

Техническая идея, заложенная в радиотелескопе LOFAR, предполагает наблюдения на волнах существенно более длинных, чем на радиотелескопах, выполнивших основные имеющиеся наблюдения. Это значит, что плоскость поляризации радиоизлучения, приходящего от удаленной галактики, может совершать полный оборот много раз. Наблюдения эти полные обороты не замечают, а для восстановления магнитного поля их число нужно знать. Возникает очень непростая задача расшифровки сигнала, претерпевшего многократные повороты плоскости поляризации. Задача трудная, но не безнадежная. Над ее решением бьются сейчас радиоастрономы многих стран. Прогресс есть, но до полной ясности еще далеко [8].

Для радиотелескопа SKA запланирован гораздо более широкий диапазон длин волн, который включает и короткие волны. Это очень обнадеживающий факт. Плохо только, что строительство инструмента оттягивается все дальше и дальше, его разработчикам приходится экономить средства, а экономия во многом происходит за счет предполагаемого изучения магнетизма галактик. Ясно, что моему поколению уже не придется работать с данными SKA.

На еще больших масштабах

Галактики очень велики по сравнению с Землей, но по масштабам космологии это очень маленькие объекты. Есть ли магнитные поля с еще большими пространственными масштабами, чем в галактиках?

Хорошо известно, что магнитные поля присутствуют в скоплениях галактик. Эти скопления, естественно, намного больше составляющих их элементов. Однако, насколько известно сейчас, магнитные поля в них имеют примерно те же пространственные масштабы, что и галактические магнитные поля.

В мире галактик есть и образования, существенно более впечатляющие, чем спиральные галактики со своими магнитными полями. Это квазары, различные струи (джеты), вытекающие из галактических объектов, и другие активные образования. Во многих из них есть или предполагается магнитное поле. Однако пока не сложились уверенные представления о магнитных полях подобных образований, сопоставимых по масштабам со всем небесным телом. Очень хочется надеяться, что такие поля есть, а опыт изучения магнитных полей спиральных галактик окажется полезным для их изучения.

Можно ли говорить о магнитных полях еще большего, космологического пространственного масштаба? На первый взгляд кажется, что никаких надежд на существование таких магнитных полей нет — Вселенная однородна и изотропна с очень высокой степенью точности, а магнитное поле

выделяло бы в ней некоторое направление, нарушая изотропию.

На самом деле в этом наивном рассуждении есть сразу два пробела, которые маскируют возможность бытия для космологических магнитных полей. Во-первых, космологическое магнитное поле может быть мелкомасштабным по космологическим меркам, но будет ли справедливо то же по отношению к галактическим масштабам, заранее неясно. Исследования специалистов по космологии показывают, что в ранней Вселенной действительно могли быть и, по-видимому, образовывались магнитные поля. В самом грубом приближении логика здесь такая. Считается, что первоначально Вселенная была заполнена вакуумом, из которого по мере расширения Вселенной и падения ее температуры рождались всевозможные частицы. В рамках квантовой физики магнитное поле тоже можно трактовать как некоторые частицы. Их образование и есть формирование магнитного поля.

Гораздо более сложен вопрос, являются ли эти магнитные поля крупномасштабными. В определенном смысле ответ положительный. Зеркальная симметрия нарушается не только во вращающейся турбулентности, но и в ядерных реакциях. Это тоже приводит к альфа-эффекту и образованию крупномасштабного магнитного поля. Проблема лишь в том, что данное поле крупномасштабно лишь по меркам той геометрии, которая существовала во время его образования. По меркам же современных галактик пространственный масштаб таких магнитных полей оказывается очень маленьким.

Конечно, проследить, что происходит с магнитным полем, рожденным на самых ранних этапах жизни Вселенной, до настоящего времени, — очень нелегкая задача. Мнения специалистов тут расходятся, но все-таки более вероятным кажется, что подобные космологические магнитные поля прямо не связаны с магнитными полями современных галактик. В частности, этим полям трудно пережить эпоху, когда температура Вселенной уже упала, а галактики еще не родились. В то время галактическое динамо еще не работает, а магнитное поле уже затухает в силу закона Ома — электрическое сопротивление среды становится заметным.

На другую, гораздо более экзотическую возможность обратил в свое время внимание Зельдович. Если однородное магнитное поле достаточно слабое, оно мало нарушает изотропию Вселенной. Конечно, магнитное поле может быть настолько слабым, что оно вообще не представляет никакого интереса для физических процессов в галактиках. Оказывается, что есть зазор между верхней оценкой однородного магнитного поля, которая получается из изотропии Вселенной, и той нижней оценкой, которая сохраняет значение поля для жизни галактик. Этот зазор постепенно сужается, но еще остается значительным.

До недавнего времени наука располагала лишь верхними наблюдательными оценками космо-

гического магнитного поля, поэтому казалось, что идея Зельдовича, оставаясь очень красивой, представляет лишь чисто академический интерес. Однако несколько лет воспитанники отечественной школы физики, работающие сейчас в различных европейских научных центрах, А.Неронов и Д.В.Семикоз привели убедительные наблюдательные аргументы в пользу существования космологического магнитного поля и дали его нижние оценки [9]. Они заметно ниже, чем напряженность магнитных полей галактик, но вполне достаточны для того, чтобы эти магнитные поля остались игроками в астрофизике.

Эти оценки основаны на достаточно сложном анализе реакций элементарных частиц, происходящих в космической среде, и не позволяют судить о пространственном строении магнитного поля. Конечно, не исключено, что данное поле попадает в пространство между галактиками с помощью каких-то физических процессов из самих галактик, но в целом проблема космологических магнитных полей приобрела совсем иное звучание, чем в прежние годы.

Зачем все это знать?

Среди наших современников есть некоторая группа людей, для которых слова *магнетизм галактик* кажутся достаточно притягательными сами по себе для того, чтобы оправдать исследования в данной области науки. Это можно только приветствовать — наука как область интеллектуальной деятельности людей и способ познания мира не ставит перед собой непосредственных утилитарных целей, практические результаты получаются как побочные продукты ее деятельнос-

ти. Однако все-таки интересно узнать, есть ли какие-нибудь шансы на то, что изучение магнетизма галактик окажет какое-то воздействие на нашу повседневную жизнь.

Оказывается, дело не так безнадежно, как можно было бы подумать. Попытки воспроизвести механизм динамо в лабораторных условиях предпринимаются начиная с 60-х годов прошлого века. Первые опыты были выполнены отечественными учеными и учеными из ГДР. В качестве проводящей среды, где должно действовать динамо, использовались жидкие металлы, прежде всего натрий, который становится жидким при сравнительно невысоких температурах. Сейчас непросто понять, почему было принято решение организовать работы в Латвии. Задача оказалась очень сложной технически, но упорный труд специалистов увенчался успехом в последние недели истекшего тысячелетия — удалось получить самовозбуждающееся магнитное поле. Правда, специалисты, достигшие успеха, хотя и работали по-прежнему в окрестностях Риги, но представляли иные страны.

Примерно в то же время был запущен и российский экспериментальный проект по изучению динамо. Он реализуется в Перми, в Институте механики сплошных сред. В ходе этого проекта удалось, в частности, впервые в лабораторных условиях измерить альфа-эффект. Экспериментальные проекты по динамо сейчас работают в нескольких странах: во Франции, Германии, России, Латвии и США. Конечно, до технических устройств, использующих механизм динамо, еще очень далеко, однако создание экспериментальной базы по работе с потоками жидких металлов нужно и для многих технических задач. Поэтому у проекта в Перми есть и непосредственная практическая составляющая, но это уже тема другого рассказа [10]. ■

Автор благодарен Райнеру Беку (Rainer Beck), сотруднику Радиоастрономического института Общества им.М.Планка (Max-Planck-Institut für Radioastronomie, Bonn), за предоставленные иллюстрации.

Литература

1. Рузмайкин А.А., Соколов Д.Д., Шукуров А.М. Магнитные поля галактик. М., 1988.
2. Зельдович Я.Б., Рузмайкин А.А., Соколов Д.Д. Магнитные поля в астрофизике. М.; Ижевск, 2006.
3. Beck R., Brandenburg A., Moss D. et al. Galactic magnetism: recent developments and perspectives // Ann. Rev. Astron. Astrophys. 1996. V.34. P.155—206.
4. Moss D., Beck R., Sokoloff D. et al. The relation between magnetic and material arms in models for spiral galaxies // Astron. Astrophys. 2013. V.556. P. A147.
5. Moss D., Stepanov R., Arshakian T.G. et al. Multiscale magnetic fields in spiral galaxies: evolution and reversals // Astron. Astrophys. 2012. V.537. P.A68.
6. Beck R., Eble H., Shoutenkov V. et al. Magnetic field as a tracer of sheared gas flow in barred galaxies // Nature. 1999. V.397. P.324—327.
7. Ruzmaikin A., Sokoloff D., Shukurov A. Magnetism of spiral galaxies // Nature. 1988. V.336. P.341—347.
8. Beck R., Frick P., Stepanov R., Sokoloff D. Recognizing magnetic structures by present and future radio telescopes with Faraday rotation measure synthesis // Astron. Astrophys. 2012. V.543. P.A113.
9. Neronov A., Semikoz D.V. Sensitivity of γ -ray telescopes for detection of magnetic fields in the intergalactic medium // Phys. Rev. D. 2009. V.80. P.123012.
10. Соколов Д.Д., Степанов Р.А., Фрик П.Г. Динамо на пути от астрофизических моделей к лабораторному эксперименту // УФН. 2014. Т.184. №3. С.313—335.

Когда, где и зачем поют самки птиц

И.Р.Бёме, М.Я.Горечкая



Поющая зарянка.
Здесь и далее использованы
фотографии Викисклада

Вряд ли найдется человек, который никогда не слышал пения птиц. Приход весны возвещается их бодрым хором, звучащим как в лесу, так и в городской среде. Большинство поющих птиц относятся к воробьинообразным (Passeriformes) — одному из широко распространенных и высокоорганизованных отрядов в классе птиц.

Традиционно вокализацию воробьинообразных подразделяют на *позывы* — короткие, простые звуки, издаваемые в самых разнообразных ситуациях в течение всего года, — и *песню*, которая длится дольше, имеет сложную структуру и связана в основном с репродуктивным периодом в жизни птиц. Песня выполняет разные, иногда противоречивые функции [1]. Одна из наиболее важных и очевидных — это обеспечение встречи половых партнеров, привлечение самки и, возможно, образование пары [2–4]. У многих видов самцы продолжают петь, когда пара уже создана. Предполагается, что в этом случае песни адресованы соседям и связаны с демонстрацией занятости территории [5]. Считается, что видоспецифическая структура песни необходима для обеспечения репродуктивной изоляции близких видов птиц [4], причем для формирования такой песни важно, чтобы птенцы слышали в чувствительный период пение самцов своего вида [4, 6].

Многофункциональность песен, видимо, приводит к усложнению их структуры и повышению индивидуальной изменчивости их компонентов [1]. Происхождение песни связывают с половым поведением самцов, а именно — привлечением самки [7]. Предполагали, что эволюция песни шла от позывов самцов к сложной территориальной песне, при этом в ее структуру вовлекались различные позывы, которые постепенно заменялись в репертуаре на другие сигналы [8].

© Бёме И.Р., Горечкая М.Я., 2015

Исторически работы по изучению песни проводились в Европе, где у большинства видов поют только самцы, поэтому ее роль обсуждалась только применительно к ним. Однако даже в умеренном поясе поющие самки — не такая уж редкость [9], а уж в тропиках — скорее норма, чем исключение из правил [10–13]. В прошлом году в «Nature Communications» вышла статья, в которой авторы на основе анализа песен воробьинообразных птиц утверждают, что пение самок — древний признак для этого отряда [14].

Мы проанализировали случаи пения самок у 1309 видов, относящихся к двум основным группам отряда воробьинообразных (16 семействам подотряда певчих воробьиных и пяти — кричащих), обитающих на разных материках. Сведения о них мы почерпнули из описаний в сводке «HandBook of the Birds of the World» [15]. Цель нашего исследования — понять эволюционные предпосылки этого феномена и его связь с особенностями биологии видов и путями распространения основных групп воробьиных. Семейства были выбраны так, чтобы в разных частях света число изученных видов было сходным.

Как и зачем поют самки

Не только у воробьинообразных поют самки. Известны случаи их брачной вокализации вплоть до смены половых ролей и у других птиц (плавунчиков, трехперстков, тинаму и др.), когда самки первыми прилетают в район гнездования и громкой песней привлекают самцов [16]. Иногда в брачный период птицы поют дуэтом, причем удивительно согласованно, хотя координируют свои партии по-разному. У некоторых видов самка и самец издают звуки, точно чередуя их во времени, а кажется, будто звучит голос одной птицы. Такой дуэт называют антифональным. У рыбного филина



Ирина Рюриковна Бёме, доктор биологических наук, профессор кафедры зоологии позвоночных Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова. Область научных интересов — биокоммуникация, систематика и филогения птиц.



Мария Яковлевна Горецкая, кандидат биологических наук, научный сотрудник Звенигородской биостанции Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова. Орнитолог, специалист в области биокоммуникации, экологии и поведения птиц.

(*Ketupa blakistoni*), крупнейшей совы Дальнего Востока, партию начинает самец низким криком, ему вторит самка, затем снова слышится уханье самца, и сразу же протяжно гудит самка. Таким образом, вся песня состоит из четырех сигналов, из которых первый и третий принадлежат самцу, а второй и четвертый — самке [17]. У других видов партнеры не столь четко координируют свои партии, и звуки участников могут накладываться друг на друга.

У воробьинообразных также отмечены случаи дуэтного пения. Впервые оно было описано у нескольких видов африканских сорокопутов (*Laniarius*). Так, согласованный дуэт исполняют супруги эфиопского певчего сорокопута (*L.aethiopicus*). Однако самки во-



Эфиопский певчий сорокопут. Самцы и самки этого вида почти неотличимы.



Чета прекрасных расписных малюров.



Красный кардинал. Песня самца (слева) отдаленно напоминает соловьиную. Самки тоже поют, и их песня также довольно разнообразна.



Большая птица-лира, или обыкновенный лирохвост.

робьинообразных поют и соло. Дуэты встречаются только у 52% видов с поющими самками, что составляет 12% от всех проанализированных нами видов отряда. Дуэты в большей степени характерны для мономорфных видов (60%), в меньшей — для видов с половым диморфизмом (41%). Дуэтом поют чаще пары оседлых видов (58%), чем мигрирующих (17%).

Самки могут петь не только для поддержания контакта в паре и синхронизации брачной активности [18, 19], но и для привлечения самцов [11, 12, 20, 21], для приглашения их к копуляции [12, 22], а также для защиты территории [22]. Например, у прекрасного расписного малюра (*Malurus cyaneus*) в ответ на проигрывание видоспецифической песни на их территории самки ведут себя даже агрессивнее самцов [22, наши данные]. Они подлетают к громкоговорителю и пытаются его атаковать, а также вступают в песенную дуэль с громкоговорителем — исполняют свою песню вслед за проигранной.

Распространенность

Даже в тропических широтах есть семейства птиц, в которых поют самки всех видов, и такие, в которых это бывает довольно редко (5–25% видов). В южных широтах обоих полушарий рекордсмены по пению — самки семейств африканских кустарниковых сорокопудов (73% видов), американских трупялов (57%) и кардиналов (42%). В Австралии, где на первый взгляд поют самки практически всех видов, их недостаточная изученность не позволяет провести точную оценку встречаемости поющих самок. Это в том числе может быть связано с отсутствием полового диморфизма у многих видов. Если не брать во внимание малоизученные виды, наиболее часто (67% видов) поют самки австралийских славок (*Maluridae*) и у всех птиц-



Самец красноплечевого трупиаала (слева) в характерной позе — с раскрытым веером хвостом. Самец ярче (особенно заметны желтые и красные отметины на плечах и крыльях) и крупнее самки. Она хоть и невзрачна на вид по сравнению с партнером (похожа на крупного воробья), зато не уступает ему в пении.

лир (Menuridae). Среди проанализированных нами евразийских видов самки поют значительно реже: у 26% видов подсемейства чекановых (Saxicolinae), по 3% — славковых (Sylviidae) и синиц (Paridae). Например у многочисленной в Европе зарянки (*Erithacus rubecula*), монотипного вида, поют и самцы, и самки.

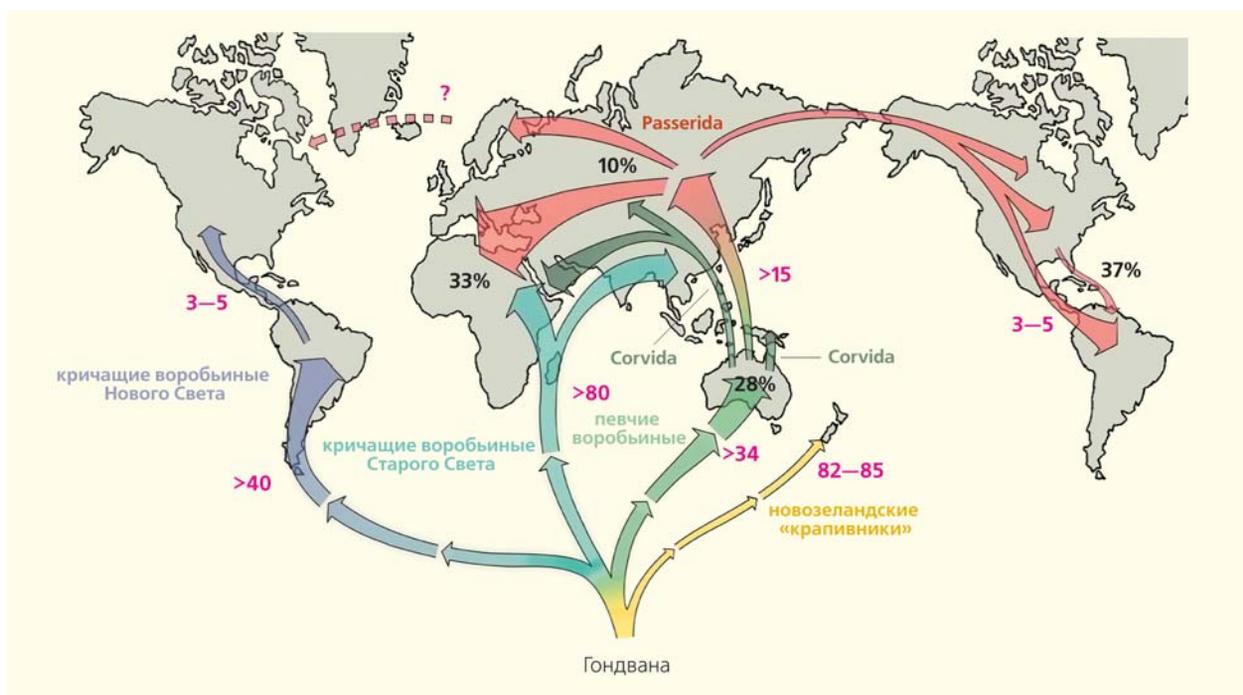
В целом, по нашей оценке, доля видов в отряде воробьинообразных, у которых отмечены поющие самки, не превышает 30%. Однако несомненно, что этого вполне достаточно, чтобы разрушить устоявшиеся представления о пении как о прерогативе самцов.

Мировое распространение поющих самок позволяет выдвинуть гипотезу об эволюции их пения у воробьинообразных птиц. По мнению наших зарубежных коллег, становление и распространение кричащих и певчих птиц отряда воробьинообразных шло после распада Гондваны в разное время и разными путями [23]. Кричащие птицы вначале заселили Африку и Азию и лишь затем Южную и Северную Америку. В Евразии мы нашли 11% таксонов с поющими самками, в то время как в Америке — 14%. Разные ветви певчих птиц сначала освоили Австралию, потом Евразию, затем Африку и наконец Северную и Южную Америки [24]. Наш анализ показал, что в Австралии доля самок-певуний составляет 28%, менее всего в Евразии (10%), а максимальное количество в Африке (33%) и Америке (37%). Таким образом, самки-вокалисты чаще встречаются в более молодых группах как кричащих, так и певчих птиц.

Когда выгодно петь самкам

По нашим данным, чаще поют самки оседлых видов (83% у певчих птиц, 100% у кричащих), реже — у перелетных (17% у певчих), что неудивительно. Птицы умеренной зоны с приближением холодного времени года улетают на юг, а с наступлением весны возвращаются на места гнездования. У многих воробьинообразных самцы прилетают раньше, занимают территории и охраняют их. Самки присоединяются к ним чуть позже и выбирают партнера, оценивая не только его «личные качества», но и территорию, которую он сумел занять. Супружеская пара у таких видов каждый год формируется заново. Время на размножение у перелетных видов очень ограничено, за два-три месяца птицы должны успеть выбрать территорию, создать пару, выкормить потомство и перелинять. Видимо, в такой ситуации отбор идет против пения самок.

Пернатые обитатели тропиков, наоборот, могут весь год держаться на одной территории, которую должны постоянно охранять, что проще делать вдвоем, чем в одиночку, и в такой ситуации пение самок становится выгодным. Пример тому — североамериканский домовый крапивник (*Troglodytes aedon*), самки и самцы которого внешне неразличимы. На юге ареала (в Центральной Америке) эти птицы, во-первых, оседлы, во-вторых, моногамны. Супруги вместе защищают территорию круглый год, для этой цели им служит отлаженный, скоординированный дуэт. А вот в северных популяциях самцы полигамны, они прилетают на места гнездования, занимают и ох-



Предполагаемые пути расселения основных групп птиц отряда воробьинообразных после распада Гондваны. Схема создана на основе данных филогенетических отношений и биогеографии (розовым цветом указано время расхождения ветвей в млн лет назад; Passerida и Corvida — группы певчих воробьиных) [23]. Кричащие птицы вначале заселили Африку и Азию и лишь затем Америку, а певчие воробьиные начали свой путь в Австралии. Там, по нашим подсчетам, сейчас обитает около 28% видов с поющими самками, в Евразии — 10%, Африке — 33%, Америке — 37% [24].

раняют каждый год новый участок. В этих популяциях самки крапивника не поют.

По данным исследователей, анализировавших евразийские виды, пение самок связано с наличием полового диморфизма в окраске, причем только в тех случаях, когда она обусловлена липохромовыми пигментами, которые обеспечивают желтый, красный и рыжий цвета [9]. Формирование такой окраски связано с содержанием каротиноидов в рационе птиц, и ее вариации, возникающие в процессе полового отбора, могут свидетельствовать о средовых влияниях и сигнализировать о физиологическом состоянии особи. Наличие липохромов в окраске, по мнению авторов статьи, может быть «честным» признаком качества ее носителя. Нам не удалось выявить связь между пением самок и наличием липохромов в окраске, однако обнаружена корреляция между половым диморфизмом и пением самок. Возможно, результаты, полученные нашими зарубежными коллегами, также связаны не с окраской как таковой, а с выраженностью полового диморфизма.

Наши данные не поддерживают гипотезу о том, что пение самок — древний признак для всех воробьинообразных птиц. Видимо, оно возникло независимо в разных семействах, причем для каких-то из них (например, семейства трупиаловых [25, 26]) действительно может быть древним.

Изначально акустические сигналы характерны для обоих полов в классе птиц, во многих отрядах распространены вокальные дуэты*. В отряде воробьинообразных пение получило наибольшее распространение и очевидно, что отбор на воспроизведение и восприятие песни шел не только среди самцов, но и среди самок. Известно, что у самок в процессе онтогенеза также развиваются вокальные центры головного мозга, а при стимуляции тестостероном в норме непоющие самки начинают петь [4]. Понятно, что способности к пению должны развиваться у самок и самцов параллельно, а проявление этого признака зависит от конкретной ситуации. Самки кричащих воробьиных после проникновения в Старый Свет практически утрачивают способность к пению (надо заметить, что песни и самцов этих видов крайне примитивны и просты), в то время как в Америке доля поющих самок увеличивается. Для певчих воробьиных наблюдается сходная картина. Исходя из вышесказанного, гипотеза о древности признака пения самок применительно к отряду воробьинообразных выглядит несколько странно. Видимо, пение самок независимо проявляется в различных семействах птиц этого отряда, как кричащих, так и певчих. ■

* Подробнее см.: Брагина Е.В., Бёме И.Р. Дуэты у животных — почему птицы поют хором? // Природа. 2010. №6. С.13—18.

Авторы благодарны сотрудникам Университета Монаш (Австралия) Александре Павловой и Полу Саноку и Университета Дикон (Австралия) Кейт Бучанон за предоставленную возможность работать в составе их экспедиции в штате Виктория в Австралии.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 14-04-00108а).

Литература

1. Ильичев В.Д. Биоакустика птиц. М., 1972.
2. Мальчевский А.С. К вопросу о голосовой имитации у птиц // Сложные формы поведения. М.; Л., 1965. С.139—143.
3. Тинберген Н. Социальное поведение животных. М., 1993.
4. Catchpole C.K., Slater P.J.B. Bird song: biological themes and variations. Cambridge, 2008.
5. Thorpe W.H. Bird-song: the biology of vocal communication and expression in birds. L.; NY, 1961.
6. Бёме И.Р., Горещкая М.Я. Песни птиц: Учебное пособие. М., 2013.
7. Дарвин Ч. Происхождение человека и половой отбор. М.; Л., 1951. Т.5. С.199—658.
8. Симкин Г.Н. Актуальные проблемы изучения звукового общения птиц // Орнитология. 1982. Вып.17. С.111—129.
9. Garamszegi L.Z., Pavlova D.Z., Eens M., Møller A.P. The evolution of song in female birds in Europe // Behav. Ecol. 2007. V.18. P.86—96. doi:10.1093/beheco/arl047
10. Kroodsma D.E., Viellard J.M.E., Stiles F.G. Study of bird song in the Neotropics: urgency and opportunity // Ecology and evolution of acoustic communication in birds / Eds D.E.Kroodsma, E.H.Miller. Ithaca, 1996. P.269—281.
11. Morton E.S. A comparison of vocal behavior among tropical and temperate passerine birds // Ecology and evolution of acoustic communication in birds / Eds D.E.Kroodsma, E.H.Miller. Ithaca, 1996. P.258—268.
12. Langmore N.E. Functions of duet and solo songs of female birds // Trends Ecol. Evol. 1998. V.13. P.136—140. doi:10.1016/S0169-5347(97)01241-X
13. Slater P.J.B., Mann, N.I. Why do the females of many bird species sing in the tropics? // J. Avian Biol. 2004. V.35. P.289—294. doi:10.1111/j.0908-8857.2004.03392.x
14. Odum K.J., Hall M.L., Riebel K. et al. Female song is widespread and ancestral in songbirds // Nature Communications. 2014. V.5. №3379. doi:10.1038/ncomms4379.
15. Handbook of the Birds of the World / Eds J. del Hoyo, A.Elliott, D.Christie. Barcelona, 2004—2011. V.8—12, 16.
16. Ильичев В.Д., Карташев Н.Н., Шилов И.А. Общая орнитология. М., 1982.
17. Пукинский Ю.Б. Жизнь сов. Л., 1977.
18. Ratcliffe L., Otter K. Sex differences in song recognition. Vocal recognition of neighbors by territorial passerines // Ecology and Evolution of Acoustic Communication in Birds / Eds D.E.Kroodsma, E.H.Miller. NY, 1996. P.339—355.
19. Silva H.G. de, Marantz C.A., Perez-Villafana M. Song in female *Hylorchilus wrens* // Wilson Bull. 2004. V.116. P.186—188.
20. Levin R.N. Song behaviour and reproductive strategies in a duetting wren, *Thryothorus nigricapillus* 2. Playback experiments // Anim. Behav. 1996. V.52.P.1107—1117.
21. Eens M., Pinxten R. Female song for mate attraction: an overlooked phenomenon? // Trends Ecol. Evol. 1998. V.13. P.322—323.
22. Cooney R., Cockburn A. Territorial defence is the major function of female song in the superb fairy-wren (*Malurus cyaneus*) // Anim. Behav. 1995. V.49. P.1635—1647.
23. Ericson P.G.P., Christidis L., Cooper A. et al. A Gondwanan origin of passerine birds supported by DNA sequences of the endemic New Zealand wrens // Proc. R. Soc. Lond. B. 2002. V.269. P.235—241. doi:10.1098/rspb.2001.1877
24. Бёме И.Р., Горещкая М.Я. Пение самок воробьинообразных птиц: анцестральность или эпифеномен пения самцов? // Журн. общей биологии [в печати].
25. Price J.J. Evolution and life-history correlates of female song in the New World blackbirds // Behav. Ecol. 2009. V.20. P.967—977.
26. Price J.J., Lanyon S.M., Omland K.E. Losses of female song with changes from tropical to temperate breeding in the New World blackbirds // Proc. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci. 2009. V.276. P.1971—1980.

Загадка катакомб Заячьего полуострова

А.Р.Агатова, Д.В.Лужанский, М.В.Родкин, А.М.Корженков



В таких сейсмически активных, но при этом издавна освоенных человеком горных районах, как Тянь-Шань, наряду с нарушениями отложений и рельефа маркерами древних землетрясений могут служить археологические памятники. Возможность анализировать характер деформаций памятников и их принадлежность к определенным археологическим культурам привела к появлению археосейсмологии — молодой научной дисциплины, изучающей землетрясения прошлого по археологическим объектам. Использование археосейсмологического метода позволяет получать данные о сильных сейсмических событиях за период в тысячи лет, что обычно значительно превышает временной интервал, охватываемый историческими летописями, и тем более намного больше длительности инструментальных сейсмологических наблюдений, появление которых на территории Средней Азии относится к началу XX в. [1]. Изучение руин древних сооружений показало, что некоторые средневековые поселения Северного Тянь-Шаня со следами развитой земледельческой культуры разрушились вследствие сильных землетрясений, а не в результате нашествий монголо-татарских войск VIII—XIV вв., как предполагалось ранее [2, 3].

В свою очередь, использование информации о возрасте сильных землетрясений и положении их плейстоценовых областей (территорий, где произошли максимальные сейсмогенные разрушения) дает возможность уточнить время создания памятников, не упомянутых в летописях. Один из таких исторических памятников — катакомбы Заячьего п-ова на северо-восточном побережье оз. Иссык-Куль. Эта рукотворная пещера расположена на одном из небольших мысов Тюпского залива, в 1,5 км к юго-востоку от современного села Курменты.

© Агатова А.Р., Лужанский Д.В., Родкин М.В., Корженков А.М., 2015



Анна Раульевна Агатова, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института геологии и минералогии СО РАН (Новосибирск). Специалист в области геоморфологии горных стран, палеосейсмологии, геоархеологии, палеогеографических реконструкций.



Дмитрий Вячеславович Лужанский, заведующий лабораторией реставрации и консервации Кыргызско-Российского славянского университета им.Б.Н.Ельцина (Бишкек). Область научных интересов — средневековые города и поселения.



Михаил Владимирович Родкин, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Института теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН (Москва). Область научных интересов — сейсмический режим, сейсмическая опасность, физика и статистика экстремально сильных событий и их прогнозирование, флюидный режим литосферы.



Андрей Михайлович Корженков, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией Института физики Земли им.О.Ю.Шмидта РАН (Москва). Специалист в области палеосейсмологии, структурной геоморфологии, археосейсмологии, оценки сейсмической опасности.

«Дыхание» Иссык-Куля

Иссык-Куль, одно из крупнейших и второе по прозрачности воды озеро в мире, занимает днище обширной одноименной межгорной впадины, которая с севера обрамлена хребтом Кюнгей-Ала-Тоо высотой до 4771 м. Многочисленные реки, стекающие со склона хребта, расчлениают узкую, шириной не более 10 км, полосу предгорной равнины. Ближе к озеру она покрыта песком, реже галечником, ме-



Рис.1. Долинообразный Тюпский залив и соединяющиеся с ним немногочисленные узкие бухты в северо-восточной части Иссык-Куля. На севере котловину обрамляет хребет Кюнгей-Ала-Тоо. Красным прямоугольником отмечена часть Курментинской бухты, показанная на рис.3. На врезке — оз.Иссык-Куль. Звездочкой отмечен Тюпский залив.

стами сложена сцементированным песчаником, на отдельных участках заболочена. Селения здесь зажаты между берегом Иссык-Куля и передовой ступенью хребта, располагаясь в основном на обширных пролювиальных конусах выноса рек.

Куля, рассказывали русским путешественникам об исчезнувших под водой развалинах, возникающих вновь при низком стоянии воды. Кирпичи и обломки этих строений нередко находили на берегу. О более низком уровне Иссык-Куля и су-

Современный уровень Иссык-Куля составляет 1606 м над ур.м., глубина озера достигает 702 м (при средних значениях около 280 м). На дне и по берегам Иссык-Куля наблюдаются поднятия и древние озерные террасы высотой 35—40 м, формирование которых связано с новейшими тектоническими движениями и изменениями климата в позднем плейстоцене. Об относительно недавних колебаниях уровня озера свидетельствуют озерные террасы высотой 8—10 м и подводные развалины древних поселений, обнаруженные в начале нашего столетия при археологических экспедициях под руководством вице-президента АН Киргизии В.М.Плоских на глубинах до 8 м.

Местные жители знали о затопленных поселениях давно. Еще в середине XIX в. киргизы, обитавшие на берегах Иссык-



Рис.2. Тюпский залив и Курментинская бухта (на переднем плане). Вид с севера. Вдали над облаками высится Терской-Ала-Тоо — южное обрамление Иссык-Кульской впадины.

Фото Д.В.Лужанского

ществовании острова в его северной части говорят и исторические летописи. В XIV в. грозный Тамерлан использовал остров как тюрьму для знатных пленников, а в середине XV в. один из монгольских ханов основал здесь безопасное укрепление для своей семьи [4].

В эпохи трансгрессий при уровне озера на 10–12 м выше современного сток из Иссык-Куля происходил в р. Чу в западной части котловины. Сейчас русло реки, не доходя до озера 6,5 км, резко поворачивает на запад — в противоположную сторону. Только в годы сильных весенних паводков Чу соединяется с Иссык-Кулем протокой Кутемалды. Такое соотношение реки и озера впервые установил П.П.Семенов в экспедиции 1856–1857 гг. До этого долгое время среди географов господствовал взгляд о стоке Чу из Иссык-Куля. Тогда же Семенов (впоследствии получивший к своей фамилии наследственную приставку Тянь-Шанский) выдвинул предположение о впадении Чу в Иссык-Куль при более высоком уровне палеоозера и формировании Боамского ущелья прорыва при его спуске. Позже мнения исследователей разделились. Точку зрения Семенова-Тянь-Шанского поддержали Л.С.Берг и И.В.Мушкетов. И.П.Герасимов же считал, что достоверные следы значительных трансгрессий на берегах Иссык-Куля отсутствуют и озеро никогда не имело значительного стока, а перехват Верхней Чу (Кошкары) рекой Нижней Чу происходил в геологическом прошлом без связи с озером [5].

Последняя трансгрессия озера датируется XVII–XVIII вв., и в некоторых исторических источниках Заячий п-ов, возвышающийся над водой на 8 м, назван островом. В течение последних двух столетий уровень Иссык-Куля понижался. С 1886 г. он упал на 4 м (по другим данным, на семь). Еще в 1888 г., в год гибели другого выдающегося русского исследователя

Центральной Азии — Н.М.Пржевальского, вода в районе села Каракол, где путешественника настигла смерть от брюшного тифа, подходила почти к самому холму с его могилой. Сейчас озеро отступило от того места на 2 км. На фоне отступления происходят небольшие внутривековые колебания, и с начала XX в. до его середины уровень озера иногда вновь повышался. Его рост на десятки сантиметров отмечается и в последние годы.

Берега Иссык-Куля расчленены слабо. Глубокие заливы (Тюпский, Джергаланский, Покровская бухта) есть только на востоке и юго-востоке котловины (рис.1, 2). Именно здесь располагается значительная часть разрушенных и затопленных крупных древних поселений и рукотворная пещера.

История исследований катакомб

На северном берегу Тюпского залива в 400–500 м к западу от Заячьего п-ова находятся руины средневекового городища Курменты, датируемые X–XII вв. (рис.3). Впервые в 1894 г. о крепости упоминает российский академик В.В.Бартольд, проводивший здесь археологическую разведку. Впоследствии заметки о городище опубликовали П.П.Иванов (1926), А.Н.Бернштам (1949), Д.Ф.Винник (1960). Но никто из них о находящихся неподалеку катакомбах не пишет, т.е. ученые-археологи ни до революции 1917 г., ни в советское время катакомбы не исследовали. В то же время, по рассказам мест-

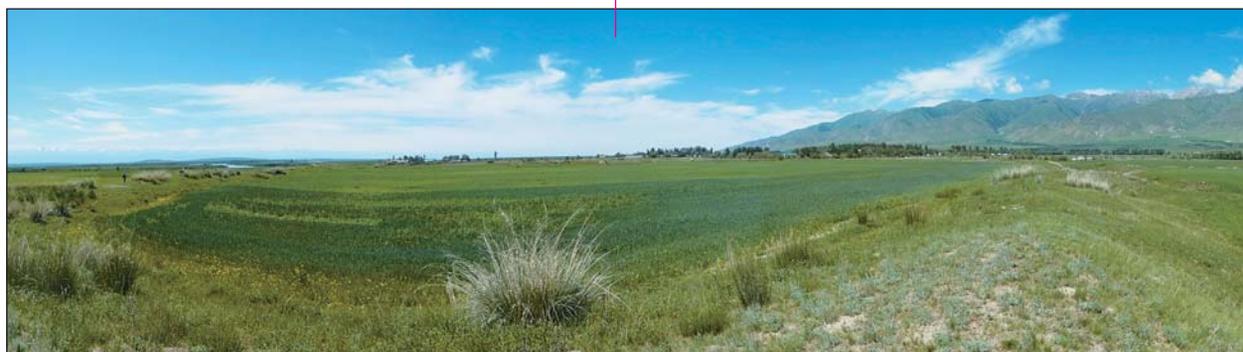


Рис.3. Курментинская бухта: 1 — Заячий п-ов (вид с севера); 2 — руины средневекового Курментинского городища; 3 — современное село Курменты.

Здесь и далее (кроме особо отмеченных) фото А.Р.Агатовой

ных жителей, эти пещеры известны с начала XX в. Их связывают с именем монаха Иссик-Кульского Свято-Троицкого монастыря Прохора Русина, иногда называя «норой монаха». Свято-Троицкий мужской монастырь был основан по указу Александра III в 1886 г. в 2–3 км к востоку от полуострова, на Светлом мысу. В 1911 г. монастырь довольно сильно пострадал при Кебинском (Чон-Кеминском) землетрясении, а затем во время национального восстания 1916 г. и вовсе был разрушен.

Духовная культура православия допускает существование пещерных храмов, молелен и подземных часовен. Однако в местных рассказах речь шла, скорее, не о строительстве пещеры, а об ее использовании монахом. Есть указания и на то, что крестьянин Кирилл Колотилин, которому принадлежали значительные угодья в округе села Курменты, выкопал на своем острове пещеру-молельню.

Первые исследования катакомб Заячьего п-ова произвел в 1956 г. школьный учитель истории краевед Н.Д.Черкасов. Он составил подробный план катакомбных сооружений и крепости Курменты. В своих записях пещеру Заячьего п-ова Черкасов называет катакомбами монаха и датирует ее началом XX в. К сожалению, никаких публикаций по результатам изучения катакомб он не сделал. До нас дошли лишь фрагменты сохранившегося архива краеведа с планом катакомб (рис.4).

В 2003 г. на Заячьем п-ове работала экспедиция Кыргызско-Российского славянского университета под руководством академика В.М.Плюских. Основной ее задачей были поиски изображенного на древней испанской Каталонской карте мира (Каталонском атласе) монастыря армянских братьев с указанием на хранившиеся там мощи апостола и евангелиста Матфея [6]. Созданная в 1375 г. карта долгое время считалась наиболее полной карти-

ной географических знаний и содержала новейшую по тем временам информацию об Азии и Китае. Первоначально она имела размер 65×300 см и состояла из шести листов пергамента 65×50 см, закрепленных на деревянных панелях. Затем листы разрезали пополам и собрали в атлас из 12 страниц. На одном из листов, в той части, которая соответствует современной Центральной Азии, на берегу озера, очертаниями отдаленно напоминающего Иссик-Куль, приводится изображение христианского храма. Пояснение на каталонском диалекте испанского языка гласит: «Место, которое называется Иссикол. В этом месте монастырь братьев армян, в котором есть, говорят, тело святого Матфея, Апостола и Евангелиста» (рис.5). Споры о месте захоронения мощей Матфея, принявшего, по одной из версий, мученическую смерть от рук язычников за проповедь христианства в Сирии, до сих пор продолжают. Не исключено, что святые мощи были разделены и захоронены в разных местах. Помимо Ирака на роль хранителя одной из величайших христианских святынь — раки с мощами святого Матфея — претендуют и европейские города: два в Италии и два в Германии. Согласно еще одной версии, во времена гонений Римской империи на христиан в середине III в. мощи святого мученика перевезли в Центральную Азию, славившуюся своей веротерпимостью. Там уже в конце I — начале II в. существовали христианские общины. Не позднее XIII — начала XIV в. на берегах Иссик-Куля был основан армянский монастырь, где, по сведениям, дошедшим до Авраама Крескуса (составителя Каталонской карты мира), и хранились мощи Матфея. Интересно, что более поздние карты Центральной Азии (например, карта Тартарии 1635 г. в атласе Блау) не упоминают о монастыре. Он, как полагают ученые, к тому времени уже был

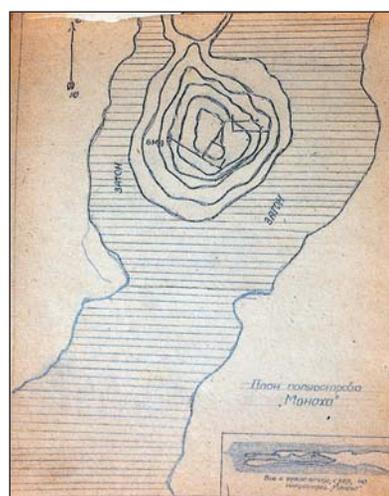
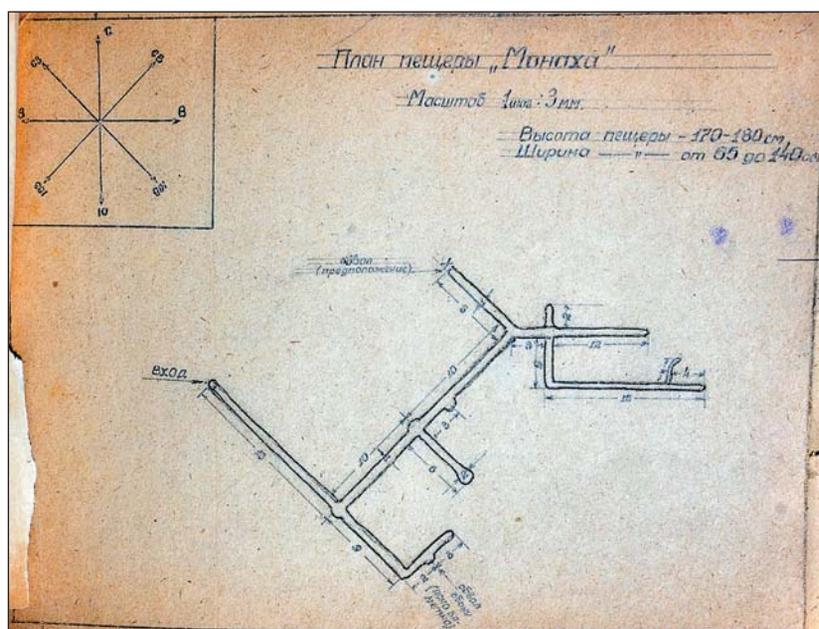
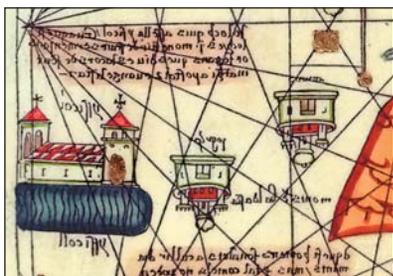


Рис.4. Планы Заячьего п-ова (полуострова монаха) и катакомб, сделанные Н.Д.Черкасовым в 1957 г.

Архив КРСУ



скрыт наступившим озером [7]. В июне 1857 г. Семенов, полагавший, что монастырь мог находиться на берегу Курментинской бухты, не нашел «ни на ее берегу, ни в береговых наносах соседнего берега никаких предметов», подтверждавших его предположение [4, с.222]. Однако барон А.Каульбарс, побывавший в тех местах в конце XIX в., писал: «Замечательно, что неподалеку от Исык-Кульской Троицкой обители, у устья рек Тюп и Кой-Су, сохранились под водой развалины древнего города. В этом городе, по предположению археологов, и существовал тот армянский монастырь, где находились мощи евангелиста Матфея» [7].

Для поиска затопленных сооружений участники археологической экспедиции 2003 г. выполнили обмеры местности и обследовали часть дна залива. По результатам исследований была выдвинута гипотеза, что, возможно, катакомбы Заячьего п-ова представляют собой тот самый монастырь армянских братьев. В этом случае он должен датироваться XIII—XIV вв. План поисков монастыря в значительной степени базировался на представлениях о довольно солидных масштабах катакомб, более соответствующих подземельям Киево-Печерской и Псково-Печерской лавр, чем размеру подземной часовни или «норы монаха». Новых убедительных свидетельств в пользу этой гипотезы, однако, представлено не было.

Таким образом, на данном этапе относительно времени создания памятника существуют два резко отличающихся мнения. Согласно первому, катакомбы представляют собой остатки монастыря, сооруженного в XIII—XIV в., согласно другому, они вырыты не ранее конца XIX в., а скорее всего, в начале 20-го столетия.

В рамках комплексных палеосейсмологических и археосейсмологических работ, проводившихся под руководством Корженкова в июне 2014 г. в Исык-Кульской впадине и ее горном обрамлении, была предпринята попытка проверить эти гипотезы. В историческое время здесь происходили сильные землетрясения, в том числе та-



Рис.5. Фрагмент Каталонской карты мира. На врезке — озеро Исыккол с христианским храмом на берегу. По традициям средневековой картографии север находился внизу.

кие, как Кебинское (Чон-Кеминское, Кеминское) 1911 г. с магнитудой, по разным оценкам, от 7.7 до 8.4 [8—11]. При поиске следов разрушения катакомб в результате этих землетрясений пришлось тщательно исследовать конфигурацию монастыря, степень его сохранности, характер вмещающих горных пород. Мы благодарны за помощь в исследованиях своим коллегам: Дж.Шену, Е.В.Дееву, С.В.Абдиевой, А.С.Юдахину, В.М.Плоских и Т.А.Чаримову.

Наши результаты

Выходящая к озеру южная оконечность полуострова, в которой вырыты катакомбы, представляет собой довольно высокий (доминирующий на местности) холм размером примерно 30×30 м (рис.3). На глубину всего около 1.5 м от его поверхности уходит узкий, постепенно расширяющийся лаз (рис.6). Внутри он переходит в череду коридоров высотой до 1.8 м с небольшими штрелками, которые часто заканчиваются камерами, отходящими под прямыми углами от главного коридора в обе стороны и напоминающими монашеские кельи (рис.7). Арочные потолки галерей имеют плавные правильные формы. Характерная черта внутренней конфигурации катакомб — часто встречающиеся полочки вдоль стен, куда, видимо, складыва-



Рис.6. Обрушения стен в северной части монастыря. В коридор проникает свет из образовавшегося сквозного отверстия (слева). Сохранившийся вход в монастырь на западном склоне холма, взгляд из-под земли (справа).

лись разные предметы (рис.8). Сейчас на них в кельях стоят современные бумажные иконы и молитвенники, а вот в коридорах на такие «полочки» что-либо поставить практически невозможно.

Водный режим катакомб резко отличается от типичного режима естественных пещер. Они почти обезвожены, и характерные для пещер признаки активной водной эрозии и современного просачивания здесь отсутствуют. Но следы древнего просачивания и ожелезнения при этом хорошо читаются на стенах и потолке, сложенных преимущественно сцементированным песком. Пол в пещерах почти везде покрыт слоем рыхлого тонкозернистого песка. Частично такое осыпание

связано с малой глубиной катакомб. Корни растений проникают внутрь, разрушая потолок и стены. Тем не менее о плотности осадка свидетельствуют прочно закрепленные в нем металлические элементы (рис.9). Кроме песка пол катакомб выстлан обломками пород различного размера. Может быть, это следы разрушения стен и потолка при сейсмических событиях.

Многие ходы сильно обрушены. Больше всего пострадали коридоры и ниши в восточной части монастыря. Там же произошло оседание склона холма, открывшее новый (отсутствовавший на схеме 1957 г.) вход в пещеру (рис.6). В результате некоторые галереи оказались практически засыпанными, и передвигаться по ним можно было только ползком. Значительная часть этих обрушений произошла недавно. На схеме 1957 г. некоторые ходы заметно длиннее. Отмечаются и различия в оценке размеров подземных галерей. На схеме 1957 г. высота ходов указывается как 1.7–1.8 м, а ширина — от 70 см (рис.4). По данным на 2014 г., высота намного меньше, зато ширина — существенно больше. Изменения размеров, скорее всего, связаны с разрушением стен и потолка катакомб. Судить о существовании иногда упоминаемого второго подземного этажа сейчас практически нельзя, хотя некоторые расходящиеся из келий узкие лазы заметно направлены вниз.

В некоторых местах катакомб совсем отсутствуют обломки пород. Вероятно, здесь до сих пор периодически ведутся «ремонтные» работы теми, кто предпочитает проводить время в молитвах под землей. В то же время в юго-восточной части монастыря при повороте коридора мы увидели блок, оторванный (возможно, при сейсмическом ударе в направлении с востока на запад) от восточной стенки. Он стоял поперек коридора и был прислонен верхним краем к противоположной стенке. О силе толчка говорит смещение от стен-

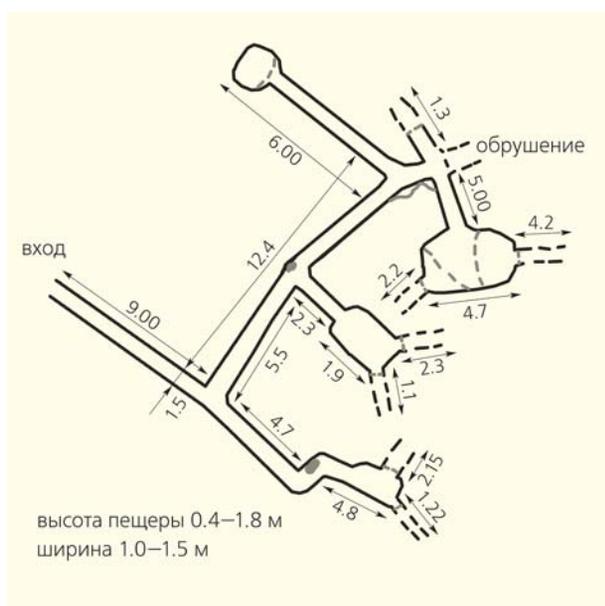


Рис.7. План катакомб по данным на 2014 г. Обрушения показаны серым. Составлен Д.В.Лужанским.

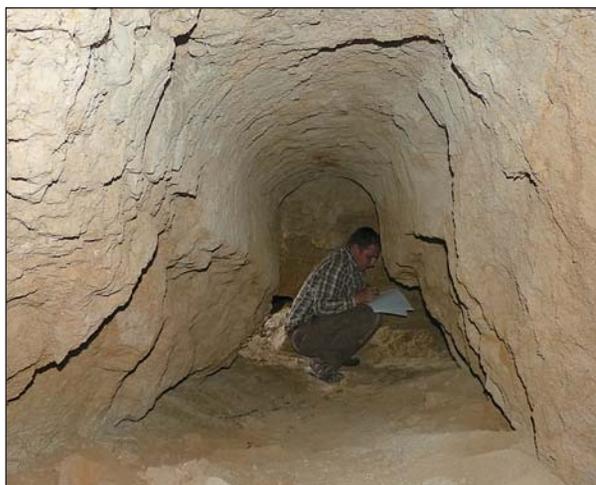
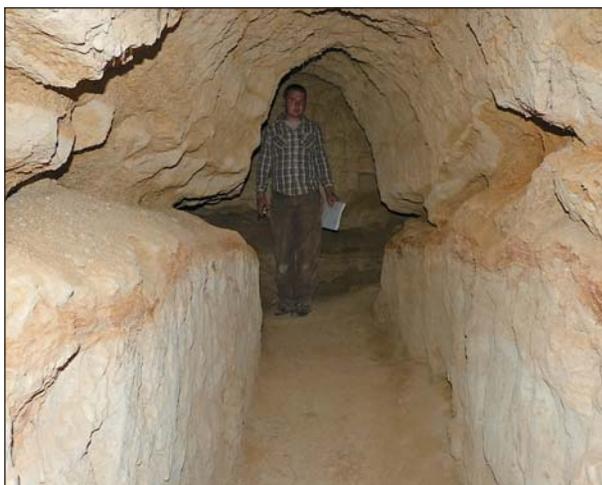


Рис.8. Коридоры катакомбного монастыря. Слева — «полочки» на обеих стенках галереи. Справа — нижняя часть коридоров расширена за счет обрушения стенок.

ки отрыва на расстояние от 40 до 80—100 см куска плотной породы высотой около 70 см (рис.10). Решение простой механической задачи о перемещении блока по субгоризонтальной поверхности с трением дает первоначальную скорость движения блока, близкую к 1 м/с. По новой макросейсмической шкале Ф.Ф.Аптикаева [12], такая скорость смещения пород в сейсмической волне отвечает весьма высокому сотрясению — не менее 8 баллов. Но единичность данной находки не позволяет с доверием относиться к полученной оценке. Не исключено, что блок так или иначе подвинули посетители пещеры. Правда, вес этого куска породы примерно 150 кг, и перемещение его — нелегкое упражнение.

Стены катакомб хранят и явные следы более древних голоценовых землетрясений (рис.11). Полукруглые потолки коридоров и ниш выработаны в рыхлых грубозернистых переслаивающихся ожелезненных песках с прослоями дресвы и щебня. В подошве слоя песков на контакте с тонкозернистыми светло-палевыми алевритами мы обнаружили два горизонта сейсмиков — деформационных структур, вызванных сейсмической вибрацией, которые возникают при сейсмогенном разжижении в неуплотненных водонасыщенных песках со слоями алевритов и глин. Образование таких структур (рис.12) происходит только при довольно сильных сейсмических событиях. Их наличие свидетельствует как минимум о двух сильных палеоземлетрясениях, проявившихся в восточной части Иссык-Кульской котловины при накоплении верхней (по всей видимости, голоценовой) пачки озерных осадков. Ранее в отложениях озерных террас в разных частях котловины было зафиксировано восемь горизонтов сейсмиков, что позволяет говорить о периоде повторяемости сильных землетрясений раз в тысячу (или даже в несколько сотен) лет [2, 3, 13, 14].



Рис.9. Ржавый крюк, крепко вбитый в сцементированный песок над аркой напротив входа в катакомбы. Возможно, он служил для подвешивания светильника.

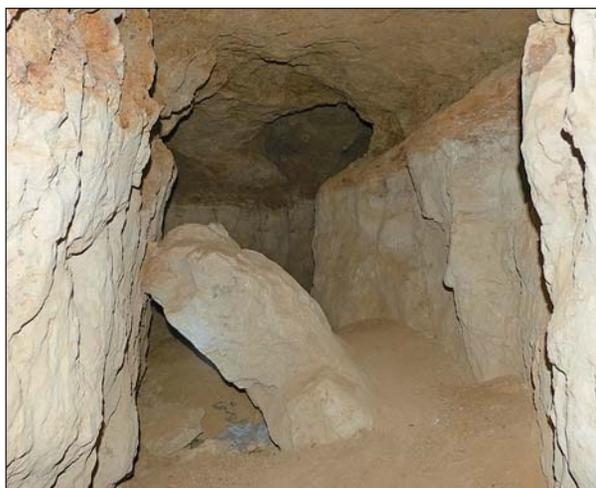


Рис.10. Блок породы, возможно, отброшенный в результате землетрясения. Справа видна ниша отрыва на восточной стене коридора.

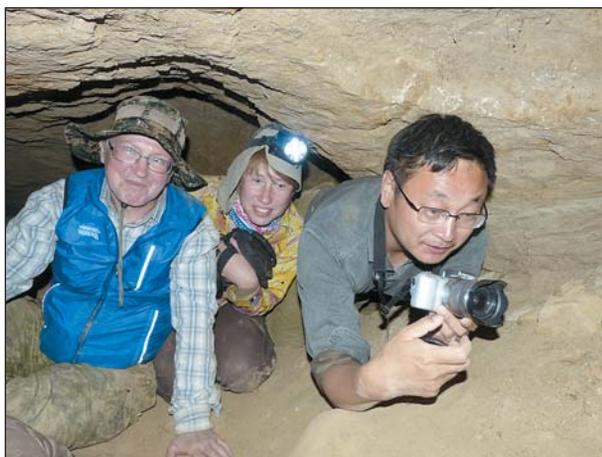


Рис.11. Участники российско-киргизско-китайской экспедиции в полузасыпанных галереях подземного монастыря.
Фото Д.В.Лужанского



Рис.12. Сейсмиды в подошве слоя песков.

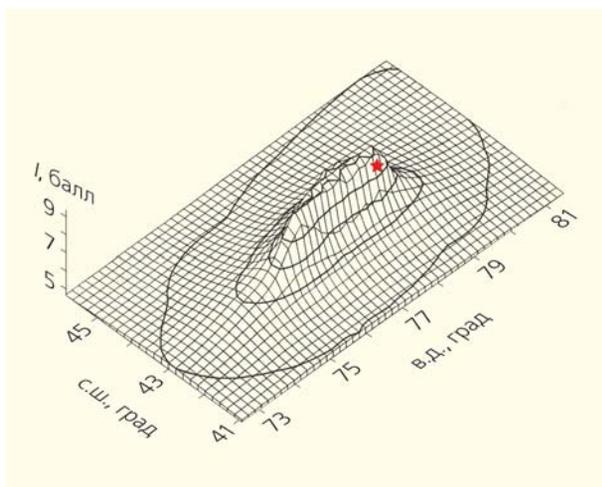


Рис.13. Плейстосейстовая зона Кебинского землетрясения 1911 г. Звездочкой показано местоположение монастыря.

Проверка на прочность

Выявленный при изучении катакомб высокий уровень палеосейсмичности согласуется с современной сейсмичностью региона. Территория Иссык-Кульской обл. входит в пределы Северо-Тянь-Шаньского сейсмического пояса, где регистрируются катастрофические и разрушительные землетрясения. Согласно данным сайта Министерства чрезвычайных ситуаций Киргизской Республики, на территории Иссык-Кульской обл. выделены 18 районов ожидаемых землетрясений. Курментинский р-н наряду с тремя другими отнесен к наиболее сейсмоопасным, в пределах которых интенсивность сотрясения земной поверхности может достигать 7–9 баллов.

Наиболее сильное из относительно недавних событий — Кебинское землетрясение 1911 г. магнитудой $M = 7.9$, энергетическим классом $K = 17.8$ и интенсивностью $I = 10–11$ баллов в очаге — вызвало в близлежащем поселке Тюп сотрясения в 7 баллов. В зоне катакомбного монастыря за счет локального подъема рельефа интенсивность могла оказаться на полбалла выше. Изосейсты землетрясения вытянуты в субширотном и северо-восточном направлении вдоль разломных границ Кунгейского и Заилийского хребтов (рис.13). Толчок ощущался на расстоянии более 1000 км от эпицентра, возникла система разрывов общей длиной около 200 км. Сильное землетрясение опасно не только величиной сейсмического воздействия (амплитуда воздействия вблизи очага велика и при слабом событии), но также и продолжительностью сотрясений. Естественно задаться вопросом, не могло ли такое весьма сильное сотрясение привести к полному обрушению катакомбного монастыря, подобно тому как происходит обрушение выработанных угольных шахт в результате техногенных землетрясений? В связи с этим более правдоподобной представлялась бы гипотеза о сооружении катакомб уже после события 1911 г. Но был ли последующий период времени благоприятным для столь масштабных трудов во славу Господа?

После Кебинского землетрясения в этой части Иссык-Кульской впадины зафиксирован целый ряд более слабых событий, последствия которых монастырь заведомо выдержал бы. В 1932 г. произошло Тюпское землетрясение (на данной территории $I = 6.5$ баллов), а затем друг за другом — Сарыкмышское 1970 г., по размерам очага и выделенной энергии крупнейшее после Кебинского ($M = 6.8$, $K = 15.6$, $I = 8–9$ баллов в очаге и 6 баллов в районе поселков Тюп и Курменты), Торуайгырское 1975 г. ($I = 4.5$ балла на рассматриваемой территории) и Жаланаш-Тюпское 1978 г. ($M = 6.6$, $K = 15.6$, $I = 8–9$ в эпицентре и вновь 7 баллов в районе поселков Тюп и Курменты) [9]. Совсем уж недавно, 28 января 2013 г., в этом районе произошло Сарыджазское (Каркаринское) землетрясение с $M = 6.2$,

$K = 15$ и глубиной очага 14 км. Интенсивность землетрясения в эпицентре составила 7–9 баллов, а в Тюпском р-не — 5.5–6.5 баллов.

Итак, на промежутке времени между составлением схем катакомб в 1957 и 2014 гг. наиболее сильные сотрясения могли быть связаны с Жаланаш-Тюпским землетрясением 1978 г. ($I = 7$, с возможным локальным усилением до 7.5 балла в районе монастыря). Выявленные за тот период разрушения галерей и келий наиболее естественно сопоставить именно с этим событием. Можно предположить, что близкая по силе сотрясаемость от Кебинского землетрясения (те же 7–7.5 балла) вряд ли могла полностью разрушить монастырь. Таким образом, нет оснований считать, что монастырь не выдержал бы Кебинского события и, соответственно, был построен позже 1911 г. Это заключение — маленький, но все же плюс в пользу предположений археологов о более древнем, чем начало 20-го столетия, времени сооружения катакомб Заячьего п-ова. Хотя нет и доказательств, что они представляют собой подземелье изобра-

женного в Каталонском атласе монастыря армянских братьев, где когда-то хранились святые мощи апостола Матфея.

Несомненно, по тепловому режиму — освежающей прохладе в летний зной и приятной защищенности и тепле при пронизывающем зимнем ветре и холоде — подземный монастырь удобен для молитв и медитаций. Однако длительное нахождение в нем не вполне безопасно в связи с возможностью сейсмогенных разрушений. Вероятно, именно с этим связано отсутствие следов копоти на стенах и потолке пещеры и иных признаков длительного пребывания монахов-отшельников в кельях монастыря. В то же время не исключено, что отсутствие копоти объясняется постепенным осыпанием стен и потолка катакомб, и ее следы надо искать не на потолке, а под ногами.

И все же, каков основной вывод из наших реконструированных обследований этого интереснейшего объекта?

А он довольно типичен — исследования необходимо продолжить! ■

Работа выполнена при финансовой поддержке Международного научно-технического центра (грант КР-2011) и Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 13-05-91168-ГФЕН, 13-05-00555, 14-05-00776, 15-55-54016 и 15-05-06028).

Литература

1. Старовойт О.Е. Инструментальные сейсмические наблюдения в России // Вестник Владикавказского научного центра. 2004. Т.4. №4. С.15–21.
2. Корженков А.М. Сейсмогеология Тянь-Шаня (в пределах территории Кыргызстана и прилегающих районов). Бишкек, 2006.
3. Корженков А.М., Рогожин Е.А., Шен Ю. и др. Палеосейсмологические и археосейсмологические исследования по международным проектам РФФИ // Вестник РФФИ. 2014. №1 (81). С.17–21.
4. Семенов-Тянь-Шанский П.П. Путешествие в Тянь-Шань (с приложением очерков «Небесный Хребет и Заилийский край» и «Сибирь»). М., 2010.
5. Герасимов И.П. Палеогеографическая загадка Иссык-Куля // Географические исследования в Центральном Тянь-Шане: Сборник, посвященный памяти П.П.Семенова-Тянь-Шанского. 1953. С.70.
6. Плоских В.М. Христианский монастырь армянских братьев и мощи святого Матфея: миф или историческая реальность? // Центральная Азия и культура мира. 2007. №1–2.
7. Атоян Р. Армянский монастырь на Иссык-Куле // Анив. 2006. №2 (2).
8. Molnar P., Gbore S. Seismic moments of major earthquakes and the rate of shortening across the Tien Shan // Geophysical Research Letters. 2000. V.27. №16. P.2377–2380.
9. Джанузаков К.Д., Омуралиев М., Омуралиева А. и др. Сильные землетрясения Тянь-Шаня (в пределах территории Кыргызстана и прилегающих районов стран Центральной Азии). Бишкек, 2003.
10. Arrowsmith J.R., Crosby C.J., Korjenkov A.M. et al. Surface rupture of the 1911 Kebin (Chon-Kemin) earthquake, Northern Tien Shan, Kyrgyzstan // Eos Trans. AGU, Fall Meet. Suppl.: Abstract. V. 86(52). San-Francisco, 2005. P.T51F-05.
11. Эрроусмит Р., Кросби К., Корженков А.М., Мамыров Э.М. Сейсмические параметры Кеминского (Кебинского) землетрясения 1911 г. в Северном Тянь-Шане // Современные проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов: Материалы 5 Междунар. симпозиума, г.Бишкек, 19–24 июня 2011 г. Т.1. Бишкек, 2012. С.102–108.
12. Антикаев Ф.Ф. Инструментальная шкала сейсмической интенсивности. М., 2012.
13. Поволоцкая И.Э., Корженков А.М., Мамыров Э.М. Следы сильных землетрясений в озерных осадках Кок-Мойнокской впадины (Северный Тянь-Шань) // Геология и геофизика. 2006. №10. С.1024–1035.
14. Bowman D., Korjenkov A. M., Porat N. Late-Pleistocene seismites from lake Issyk-Kul, the Tien Shan range, Kyrgyzstan // Sedimentary Geology. 2004. V.163. P.211–228.

Соловецкие острова — природное и культурное наследие

М.Е.Кулешова



Ансамбль Спасо-Преображенского монастыря.
Здесь и далее фото автора

Мировая известность Соловецкого архипелага связана с более чем 500-летней историей Спасо-Преображенского монастыря, а также с трагической историей сталинских репрессий. Поэтому воспринимаются эти беломорские острова и как православная святая со светлым и жизнеутверждающим содержанием, и как место кровавого террора. Менее известны Соловки как обширный археологический ландшафт, как «родильный дом» белух или как выдающееся собрание водно-ледниковых и морских форм рельефа.

История островов — это не только история создания одной из красивейших в мире православных обителей с целой системой скитов и пустыней, но также процесс освоения пространства и преобразования природы. Сотни лет здесь чередовались периоды расцвета и упадка, и многие свидетельства тому запечатлел ландшафт.

Площадь суши Соловецкого архипелага составляет 295 км². Он включает шесть крупных островов (Большой Соловецкий, Анзер, Большая и Малая Муксалма, Большой и Малый Заяцкие) и несколько сотен мелких. От центрального комплекса монастыря на о.Большом Соловецком во все стороны расходятся дороги и водные пути, связывающие его с удаленными девятью скитами и пустынями, с памятными местами, хозяйственными усадьбами, рыболовными тонями и иными объектами, некогда составлявшими единое целое — Соловецкий монастырь. Благодаря инерционности ландшафтообразующих процессов и исторической преемственности функций все это определяет планировку современного культурного ландшафта, в котором хозяйственные и сакральные конструкции органично сочетаются с преобразованными природными объектами. Например, многие из более 500 озер и лагун Соловецкого архипелага в прошлые века соединялись искусственными системами стока, что принципиально изменило гидродинамику островных экосистем.

Крупнейшие монастыри России издавна были центрами не только культурной и духовной, но и хозяйственной активности. Их жизненное пространство далеко не всегда ограничивалось стенами и дочерними поселениями скитов. Вокруг монастырей, особенно в сельской местности, формировались специфические ландшафты, приспособленные для целей пустынножительства и монастырского природопользования. Кроме того, прилегающая местность обычно насыщена разнообразной символикой, памятными местами,



Марина Евгеньевна Кулешова, кандидат географических наук, заведующая отделом культурных ландшафтов и традиционного природопользования Российского научно-исследовательского института культурного и природного наследия им.Д.С.Лихачева Министерства культуры РФ. Область научных интересов — выявление, изучение и сохранение культурных ландшафтов как наследия.

святыми источниками и почитаемыми могилами. Можно сказать, что окружающий ландшафт — это вторые стены монастыря.

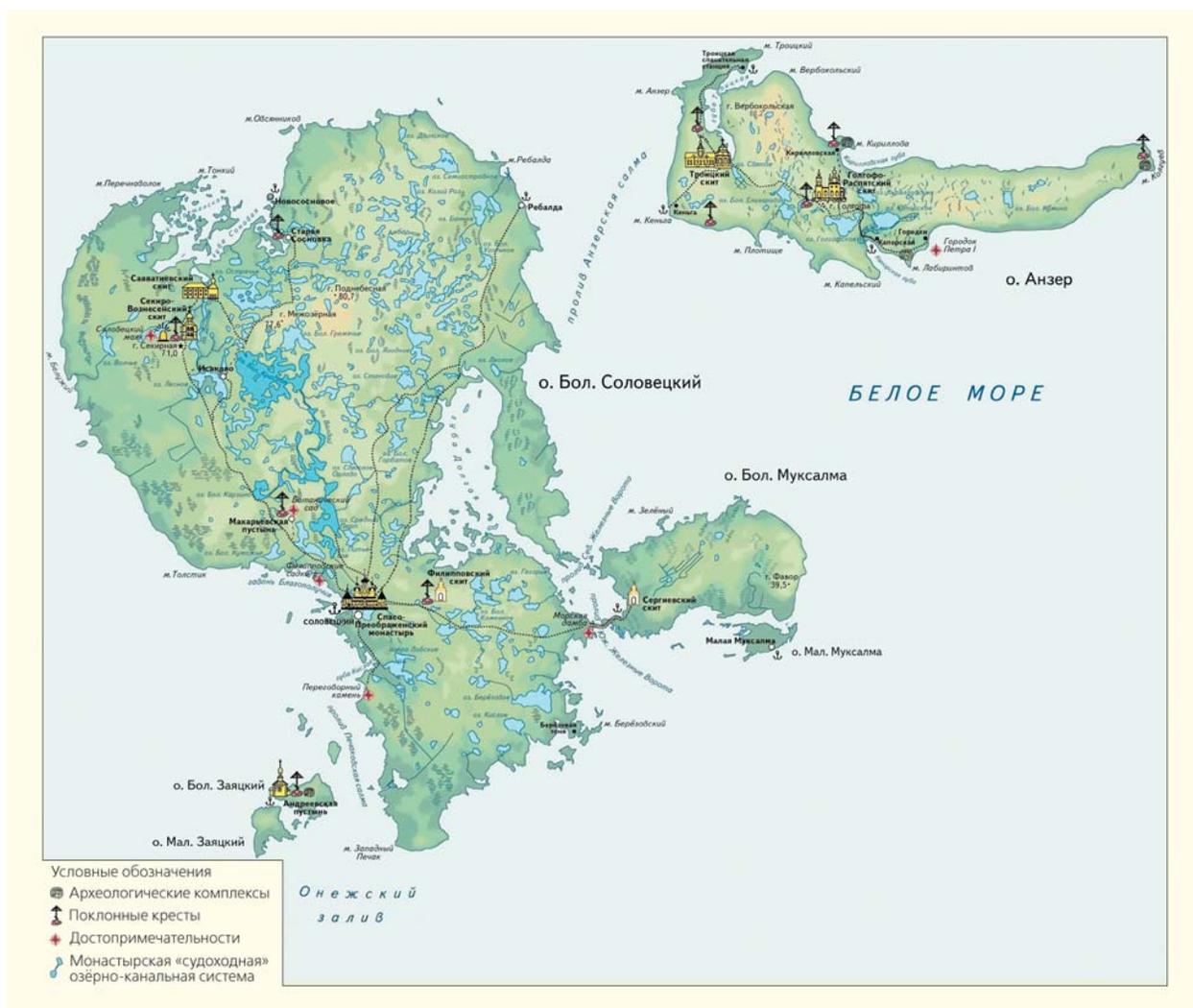
В 1992 г. Соловецкий историко-культурный комплекс был отнесен к объектам всемирного наследия ЮНЕСКО. Для оценки соответствия того или иного объекта выдающейся универсальной ценности Всемирного наследия установлено 10 критериев, шесть из которых применяют к объектам культурного наследия [1]. Из них только один критерий (IV) был применен к Соловкам. В соответствии с ним объект наследия должен представлять собой выдающееся сооружение, архитектурный ансамбль либо ландшафт, иллюстрирующий важные этапы истории. Соловки были номинированы как культурно-исторический ансамбль, но не как культурный ландшафт.

Стоит отметить, что в Руководящих указаниях ЮНЕСКО культурные ландшафты были выделены в особую группу лишь в 1992 г., и страны-участницы не сразу осмыслили перспективы их выделения [2, 3]. Сегодня же вряд ли у кого возникнут сомнения, что архитектурный комплекс монастыря — часть ландшафта Соловецких островов и что именно ландшафт определяет ценность комплекса.

Сохранение ландшафтного комплекса: история вопроса

В 1998 г. при финансовой поддержке норвежской стороны и под руководством одного из ведущих специалистов ИККРОМ* и эксперта ЮНЕСКО Герберта Стовела была проведена международная

* ИККРОМ (ICCROM) — Международный исследовательский центр по сохранению и реставрации культурных ценностей (International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property) — межправительственная организация, деятельность которой посвящена сохранению и реставрации объектов культурного наследия, памятников, а также нематериального культурного наследия.



Карта-схема Соловецкого архипелага.

экспертиза состояния Соловецкого комплекса. Группа, состоящая из представителей Норвегии, Канады, Дании и России, проделала большую аналитическую работу по оценке состояния Соловков как объекта всемирного наследия и дала рекомендации по расширению списка критериев ценности с учетом природных достоинств архипелага и характеристик культурного ландшафта. В результате этой работы в Центр всемирного наследия был направлен отчет, наиболее значимые выводы которого состояли в следующем [4]:

- реальная ценность наследия Соловецкого архипелага в качестве объекта всемирного наследия гораздо шире, чем это указано в номинационном досье, и потому есть объективные основания для проведения реноминации;
- действующая система управления и охраны наследия далеко не адекватна его как номинированной, так и реальной ценности;
- состояние всего комплекса наследия, как поставленного на учет, так и выявленного в ре-

зультате многочисленных исследований, оценивается как критическое и есть основания для внесения данного объекта в Список объектов всемирного наследия ЮНЕСКО, находящихся под угрозой.

Частью отчета стало также подготовленное в Институте наследия обоснование расширения предметной ценности Соловков сразу по нескольким вариантным критериям, применяемым как к культурному, так и к природному наследию. Предлагалось отнести весь архипелаг к культурным ландшафтам. Природное наследие в составе Соловецкого комплекса отмечалось и в изначальной заявке России в 1992 г., но качество аргументации не было удовлетворительным, поэтому международные эксперты не признали природные ценности Соловков всемирно значимыми.

Экспертная группа уделила особое внимание взаимоотношениям всех сторон, заинтересованных в использовании ресурсов архипелага, а именно музея-заповедника, монастыря, лесхоза,



Монастырский ансамбль. Вид с севера, со стороны оз.Святое.

поселка, островных предприятий и предпринимателей. Цели и задачи каждой из сторон заметно отличались, и эта рассогласованность не преодолена до сих пор. Кроме того, пользование ресурсами и объектами национального наследия по-прежнему не предусматривает ответственности за предпринимаемые действия. Чтобы сделать систему управления территорией архипелага более демократичной и гибкой, предлагалось создать Координационный совет по примеру аналогичных структур, работающих на многих объектах всемирного наследия в других странах. Подчеркивалась особая роль музея-заповедника как специализированной организационной структуры по охране наследия и значение монастыря как преемника и хранителя традиций монастырского общежития.

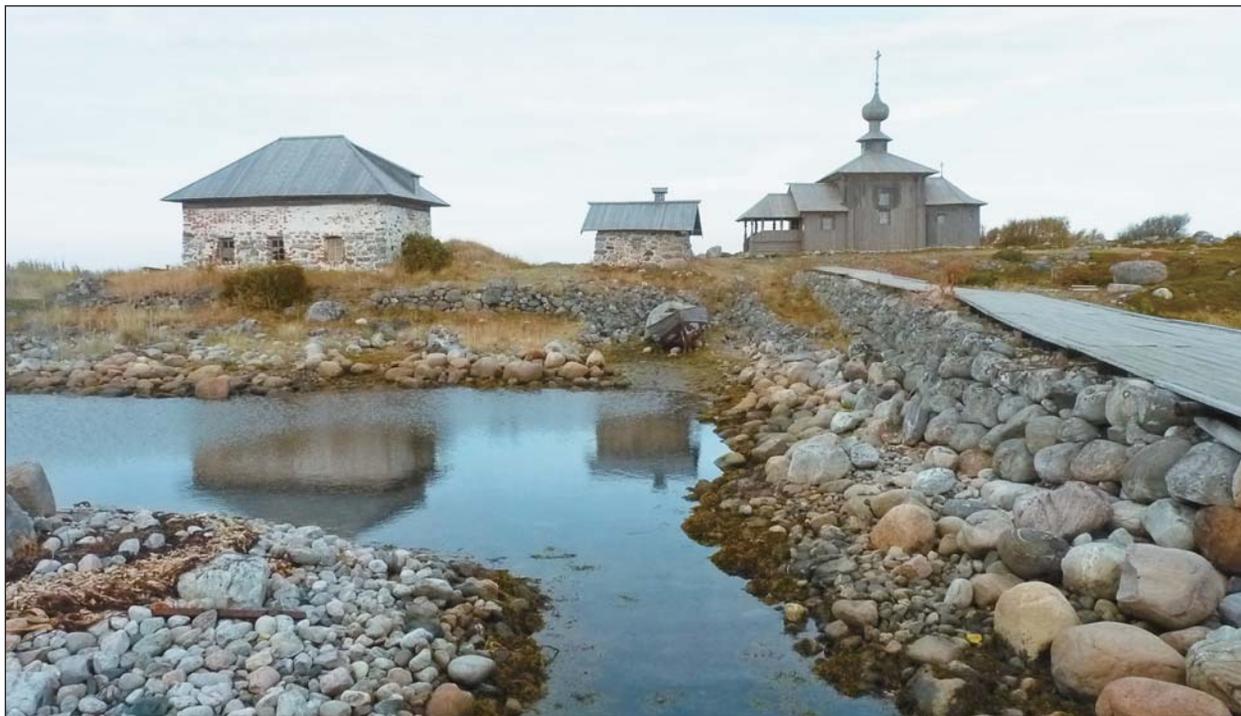
По инициативе международной и российской научной общности в 2003 г. было подготовлено досье на реноминацию Соловков в качестве смешанного, природно-культурного объекта. Документ, выполненный на очень высоком уровне, получил предварительное одобрение в Комитете всемир-

ного наследия ЮНЕСКО, но оказался без поддержки официальных кругов с российской стороны, в результате чего был заблокирован. Тем не менее международное сообщество получило информацию о предпринятой инициативе [5].

В 2008 г. в Институте наследия составлено экспертное заключение о необходимости отнесения



Старейшая из сохранившихся деревянных построек на Соловках — кладбищенская Онуфриевская церковь. Изначально она стояла на о.Большом Соловецком, но из-за ветхости была разобрана и перевезена на о.Малую Муксалму. В советское время использовалась водорослевым комбинатом для хозяйственных целей.



Андреевский скит на о.Большом Заяцком с одним из первых в России каменных доков.

всего Соловецкого архипелага в качестве целостного культурного ландшафта к категории «достопримечательное место» (в соответствии с действующим законодательством в сфере культурного наследия достопримечательное место — один из видов объектов культурного наследия, к которому могут быть отнесены культурные ландшафты). Документы были приняты Министерством культуры

РФ, однако в то время Московская Патриархия оказалась не готовой поддержать это решение. Соловки как объект наследия опять остались в неопределенной правовой ситуации.

Последние несколько лет власти нашей страны проявляют повышенный интерес к Соловецкому архипелагу. Его посещали первые лица государства, сделавшие соответствующие поручения,

направленные на безусловное сохранение национальной святыни России. Однако разработка документации велась в несколько неожиданной последовательности: в первую очередь, в 2011 г. на уровне Архангельской обл. был утвержден генеральный план пос.Соловецкого, затем в 2013 г. приняли областную «Стратегию развития Соловецкого архипелага как уникального объекта духовного, историко-культурного и природного наследия», после чего в 2014 г. в Министерстве культуры РФ разработали и утвердили зоны охраны объектов культурного наследия — центрального ансамбля монастыря и скитов. Сегодня по заданию Министерства культуры создана и проходит процедуру утверждения «Концепция сохранения куль-



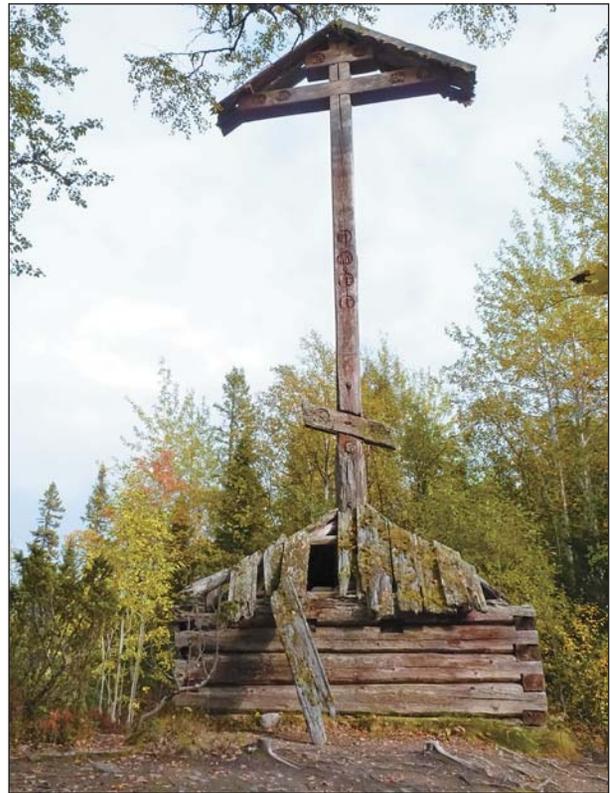
Озерно-канальная система о.Большого Соловецкого.

турного наследия Соловецкого архипелага»*. Кажется бы, разработаны многие необходимые документы, чтобы обеспечить правовую защиту уникального объекта.

Но, к сожалению, приходится признать, что все концептуально-стратегические и правовые документы, принимаемые после утверждения генплана поселка, разрабатывались и принимались в идеологии этого генплана. Фактически сегодня они стали для него обосновывающими материалами. Их текстовое сопровождение, изобилующее словами о высокой значимости Соловков и составляющее сотни страниц текстов и графики, на разработку которых были затрачены немалые бюджетные средства и время, в совокупности своей не только не ограничивают, но и создают условия для агрессивного вторжения в историческую канву архипелага новых объектов капитального строительства. Понятно, что на высоком уровне можно утвердить любое количество документов с заманчивыми наименованиями, но главное заключается в их направленности и содержании.

Это не значит, что всякое новое строительство надо исключить. Напротив, жилая часть поселка нуждается в реконструкции, его социально-культурная, бытовая и инженерная инфраструктура должна быть существенно обновлена, а вокруг достаточно изуродованных в предшествующие деся-

* http://mkrf.ru/ministerstvo/departament/list.php?SECTION_ID=51184



Единственный сохранившийся с дореволюционных времен поклонный крест в Макарьевской пύстыни на о.Большом Соловецком.



Обширные болота на о.Большом Соловецком, где заключенные ГУЛАГа добывали торф.



Фрагмент крепостных стен монастыря. Каменная кладка живет своей жизнью.

тилетия земель, требующих рекультивации. Однако это не означает и того, что надо активно увеличивать жилищный фонд за счет застройки лесных земель и сельских угодий, обеспечивая тем самым адекватный механический прирост населения, воплощать диссонирующие в историческом ландшафте архитектурные проекты, увеличивать количество разного рода увеселительных заведений, гостиничных комплексов, транспортных предприятий и т.п.

Приведу пример. В 2014 г. началось строительство не соответствующего месту и ситуации нового здания Соловецкого музея-заповедника. Против строительства возражали многие архитекторы, искусствоведы и специалисты по охране наследия. Но движение финансовых потоков и корпоративный оборонительный инстинкт управленческих институций воспрепятствовали отмене угрожающих наследию решений.

Обсуждается корректировка генплана поселка, но уже однажды принятая парадигма градостроительного развития — «не замечать» главной доминанты — объекта всемирного наследия ЮНЕСКО на Соловках — продолжает превалировать. Это значит, что к поселку применяются обычные стандарты функционального и градостроительного зонирования, а тот очевидный факт, что все это развитие стало возможным только благодаря наличию здесь уникального историко-культурного комплекса и возрождению монастыря, остается за рамками градостроительных документов. Поясню, что в соответствии с Градостроительным кодексом генплан пос.Соловецкого предусматривает общезвестные функциональные (в кодексе они отнесены к территориальным) зоны: общественно-деловые, жилые, производственного использования, инженерной и транспортной инфраструктуры, сельскохозяйственного использования, рекреационного использования, специального назначения. Однако Градостроительный ко-

декс (ст.36) предусматривает возможность выделения и иных территориальных зон, коими в данном случае могут быть, если выявлена их функциональная доминанта, зоны мемориальные, сакральные, музейно-заповедные, религиозного назначения, монастырского природопользования, охраны пейзажа и прочие. Но ни действующий генплан, ни его корректировка не включают ничего подобного. Напротив, предполагается увеличение площадей зон, градостроительное развитие которых приведет к угрожающим наследию ландшафтными преобразованиями, а именно общественно-деловой, жилой, производственной и транспортной.

Возникает вопрос: как же допускается такой прессинг территории при ее особом статусе? Очевидно, что интенсивная урбанизация ставит под угрозу уникальный для России и мира природно-культурный комплекс! Ее степень измеряется определенными показателями, в частности соотношением площадей между различными функциональными зонами. Во многих российских городских агломерациях сегодня широко распространен способ искусственного корректирования этого соотношения: изменяется граница муниципального образования за счет включения в нее новых лесных или сельскохозяйственных земель, тем самым улучшаются процентные отношения зеленых и преобразованных площадей. Именно этот метод экологической «оптимизации» применен и в пос.Соловецком: проект схемы границ поселения показывает увеличение его площади почти в два раза за счет включения в границы поселка земель лесного фонда. Стоит напомнить, что Соловецкие леса имеют научно-историческое значение и относятся к категории ценных в составе лесов защитного целевого назначения. Обращаю здесь такое внимание на еще обсуждаемый проект потому, что негативные результаты преобразующей ландшафт деятельности всегда будут подвергаться сокрытию, и для этого будут находиться различные формы. Настораживает не столько естественная активность разнообразных хозяйствующих субъектов и инвесторов, сколько тенденции «приспособить» документы по охране наследия к градостроительной документации, что открывает зеленый свет новому капитальному строительству и инвестиционному освоению новых площадей строительными компаниями.

Очередной «функциональный передел» земель (который будет повторяться с определенной периодичностью) стал возможен из-за утвержденных Министерством культуры РФ в 2014 г. зон охраны объектов культурного наследия (в том числе центрального ансамбля монастыря в границах поселка), которые не обеспечивают эффективную защиту ни культурного, ни природного ландшафта. В соответствии с действующим законодательством территория, на которой находится объект

наследия, включает три зоны: охранную; регулирования застройки и хозяйственной деятельности; охраняемого природного ландшафта.

Охранная зона должна обеспечить историческое ландшафтное окружение и целостность историко-градостроительной и природной среды. Применительно к пос. Соловецкий границами этой зоны нарушена целостность примыкающего к монастырю мемориального квартала, связанного с историей ГУЛАГа.

Зона регулирования «наступила» на природные окрестности и поселковые пустоши, а ее режимные «ограничения» позволили значимо для ландшафта увеличить высотность и плотность застройки.

В зоне охраняемого природного ландшафта допускается капитальное строительство масштабных инфраструктурных объектов, причем ограничения на такое строительство не указаны.

В 2013 г., еще на стадии проектных разработок, из Института наследия в Министерство культуры РФ, Администрацию Архангельской обл. и Общественную палату РФ было направлено сообщение о неадекватности такого зонирования. К сожалению, других инструментов, кроме как режимные ограничения зон охраны объектов культурного наследия, действующие правовые нормы не со-

держат. Если бы пос. Соловецкий в законном порядке был отнесен к историческим поселениям, или если бы Соловецкие острова получили статус достопримечательного места, инструменты контроля изменились бы принципиально благодаря действующим нормам закона. К сожалению, управленческие инстанции не торопятся принимать подобные решения. На наших глазах происходит девальвация основных ландшафтных и культурных ценностей архипелага.

Наряду с обширной документацией по упорядочению сохранения и использования культурного наследия и градостроительного комплекса Соловков, по заданию Министерства природы РФ разработан проект создания федерального заказника — для охраны природного наследия на островах и в акватории архипелага. Процедура согласования этого проекта еще продолжается.

В формировании культурного ландшафта архипелага постепенно усиливаются роль и значение возрожденного монастыря. Воссозданы архитектурные доминанты Голгофо-Распятского скита, продолжается восстановление его жилищно-хозяйственного комплекса и исторических дорог. Возрождаются поклонные кресты и часовни на о. Анзер. Монастырь «вернул» себе усадьбы Секиро-Вознесенского и Савватиевского скитов, там



Крестный ход вдоль подмываемой озерными водами и почти разрушенной набережной.



«Танцующие» березы на высоких морских террасах — результат сопротивления сильным ветрам.

идут реставрационные работы и восстанавливается хозяйственная жизнь.

Надо сказать, что с точки зрения охраны наследия современная активная хозяйственная деятельность монастыря тоже не выглядит однозначно позитивной. Часто налицо желание широко использовать современные материалы и технологии, пренебрежение археологическим мониторингом или, например, слабая осведомленность об особенностях регулирования водного режима озерно-канальных и мелиоративных систем. Тем не менее братия монастыря — единственное связующее звено с прошлым и правопреемник монастырской культуры.

В 2013 г. Соловки посетила миссия реактивного мониторинга ЮНЕСКО, составившая заключение об исключительной мировой ценности всего Соловецкого архипелага, а не только его отдельных ансамблей и памятников. Эксперты признали связь «живого наследия» с важнейшими природоохранными функциями территории и подчеркнули, что «основополагающим принципом всех управленческих решений должно быть осознание Соловецких островов культурным ландшафтом». Было предложено принять срочные меры по усилению охраны объекта и поддержанию его целостности. Миссия сформулировала ряд ценных замечаний по приведению градостроительной деятельности и документации в соответствие с задачами охраны и использования уникального историко-культурного комплекса, а также высказала предложения по обеспечению полноценной правовой защиты Соловков: об отнесении их к категории «достопримечательное место», о придании пос.Соловецкому

статуса исторического поселения, об организации Координационного совета и др. В целом же состояние охраны объекта было объявлено удовлетворительным, хотя и высказана озабоченность в связи с намерениями (тогда еще только намерениями!) строительства нового здания музея в непосредственной близости монастыря и расширения действующего аэропорта. Наблюдатели указали на необходимость согласовывать подобные проекты с Центром всемирного наследия и рекомендовали приостановить выдачу разрешений на строительство до проведения оценки воздействия на объект наследия.

Основные выводы миссии вошли в решение 38-й сессии Комитета всемирного наследия ЮНЕСКО. Для нас они важны тем, что обозначают принципиальное значение культурного

ландшафта и необходимость проведения его оценки для определения, «как выдающаяся универсальная ценность проявляется на всем объекте и через какие именно признаки» [6].

Сегодня соловецкие ландшафты продолжают развиваться по произволу разнообразных субъектов деятельности. Плана управления объектом всемирного наследия нет. Документ, регламентирующий права и обязанности всех заинтересованных в использовании островных ресурсов инстанций, не разработан. Утверждение нового проекта зон охраны не только не разрешило проблем, но и поставило под угрозу ландшафтную целостность комплекса наследия. Генеральный план поселка нацелен на освоение все новых земельных участков, что приведет к резкому механическому приросту населения и дальнейшим ландшафтными преобразованиям. Происходит спекуляция на наследии, когда вместо четких и ясных программ работы по его сохранению, вместо согласованных усилий, направленных на создание необходимой правовой базы, основные акценты смещены на потребление, разделение и поиск методов присвоения наследия как ресурса. Нарушаются требования Комитета всемирного наследия об обязательном наличии планов управления территориями, отсутствует одно из основных условий отнесения объекта к всемирному наследию, а именно государственная гарантия его охраны.

Соловецкий архипелаг — очень непростой полигон для исследования и мониторинга, но эта модельная территория позволяет уяснить многие закономерности в работе с ландшафтным наследием.

Верификация системы ценностей наследия

Основные виды деятельности, в результате которых сложился монастырский культурный ландшафт, — пустынножителство, культовое и служебное строительство, сельское хозяйство, гидротехническое строительство и мелиорация, мореходство и рыболовство. К этому следует добавить особую семантику местности, наполнение ее смыслом и значением в связи с каким-то событием или личностью [7]. Даже если они не оставили материальных следов, а в ландшафте нет ничего рукотворного, он все равно будет считаться культурным. Такие ландшафты по типологии, предложенной ЮНЕСКО, относятся к ассоциативным [1].

Ландшафт Соловков образован в результате длительной эволюции под воздействием культур, сменявших друг друга в течение нескольких тысячелетий. Человек начал осваивать этот суровый край в 2—3 тысячелетиях до н.э. На островах известны неолитические стоянки, каменные выкладки, лабиринты, относимые ныне к памятникам археологии и образующие целостные обширные комплексы [8]. Плотность насыщения ими отдельных участков береговой зоны такова и обусловленность их местоположения природными условиями так очевидна, что есть все основания считать их палеокультурными ландшафтами.

Монастырская культура возникла на архипелаге в XV в. и, в отличие от предшествующих, стала активно преобразовывать окружающее простран-

ство. За время ее развития оформился центральный ансамбль монастыря, возникли скиты и пустыни, появились дороги, дамбы, судоходные каналы, мелиоративные системы, обширные сельскохозяйственные угодья, заложен ботанический сад, установлены многочисленные маркеры сакрального пространства — храмы, кресты и часовни, сформирован монастырский ландшафт [9, 10].

Основу номинации объекта всемирного наследия составили главные архитектурные сооружения. Это, вне сомнения, достойные памятники, ставшие планировочными доминантами ландшафта, однако не только они определяют уникальную ценность Соловков. Культурно-исторический ансамбль, значащийся в Списке объектов всемирного наследия, — неотъемлемая составляющая ландшафта, зависим от него и занимает в нем предопределенное природными условиями положение. Архитектурные сооружения взаимодействуют с ландшафтом, подчеркивают его формы и пропорции. Окружающие луга, огороды, дороги, парковые посадки используют преимущества ландшафта, адаптированы к нему с помощью террасированных склонов, подпорных стенок, дренажных сетей. Уровень и конфигурация озер изменились в результате целенаправленного перераспределения стока, поэтому многие водоемы не могут считаться уже исключительно природными образованиями. Межозерные каналы, особенно транспортные, стали существенным пейзажным и функциональным элементом ландшафта.



Участок морского побережья вблизи пос.Соловецкого, находящийся под угрозой хозяйственного освоения.



Вид в сторону монастыря с о.Большого Заяцкого. Красный оттенок осеннему пейзажу придают арктоус альпийский и дерен шведский.

та. Мелиоративные сети строго адаптированы к рельефу. Все это — выдающийся пример исторического традиционного монастырского землепользования.

Сегодня ландшафтная структура Соловецких островов стала уязвимой под влиянием необратимого наступления цивилизации, поэтому полностью отвечает критерию V в системе вариантов критериев ЮНЕСКО, используемых для обоснования внесения объекта в Список всемирного наследия [1].

В состав монастырского культурного ландшафта входит и топонимика, хранящая имена многих православных святых (Филипповская пустынь, Елеазаровы озера, Кирилловская тоня) и монахов-пустынников (озера Леонидово, Пафнутьево), а также зафиксировавшая исторические предания (Богородичный луг, Секирная гора, Переговорный камень, Городок Петра I) или привнесшая на территорию Соловков наименования библейских святынь (мыс Эдем и горы Голгофа, Фавор и Елеон). Это ассоциативные исторические ценности современного культурного ландшафта, относящиеся к критерию VI.

Расположенные на островах археологические памятники 1–2 тысячелетий до н.э. — также неотъемлемая часть культурного ландшафта, уникальное собрание свидетельств исчезнувших культур Северной Евразии. По насыщенности и разнообразию форм археологических артефактов Соловки вряд ли могут сравниться с каким-либо иным районом Севера и представляют универсальную научную ценность. В системе ЮНЕСКО есть критерий III, который применяется к уникальным свидетельствам исчезнувших цивилизаций, и здесь он вполне может быть использован.

Важной вехой истории Соловецких островов стали трагические события XX в. Трудовые и концентрационные лагеря не были созидательными структурами, они использовали имеющуюся материальную базу монастыря, но пребывание в них многих известных духовных и светских персон (П.А.Флоренского, Д.С.Лихачева, Иллариона Троицкого, Петра Зверева и др.) и множественные места захоронений увеличили ассоциативные ценности ландшафта. Диктаторские режимы и войны — знамение нашего времени, отразившееся на многих странах и народах. Это коснулось и Соловков, ландшафты которых хранят память о трагедии, предостерегая будущие поколения. Для учета ассоциативных ценностей в системе критериев

ЮНЕСКО применяется критерий VI, а в ряду культурных ландшафтов, как уже говорилось, выделяется тип ассоциативных.

Исключительный научный интерес представляет природа архипелага. Так, исследования морских биоресурсов ведутся здесь с позапрошлого века: в 1882 г. при монастыре была открыта первая биологическая станция. В наше время биостанция Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова ведет исследования современных экосистем островов. На мысе Белуший находится исследовательская база Института океанологии им.П.П.Ширшова РАН, вблизи мыса Печак — научная станция Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии им.Н.М.Книповича.

Соловки выделяются исключительным разнообразием биоценотического покрова — здесь на нескольких десятках квадратных километров можно увидеть растительные сообщества таежной, тундровой и лесотундровой природных зон, хотя острова находятся на широтах, занимаемых северной тайгой. Здесь очень полно, наглядно и разнообразно представлены формы рельефа водно-ледникового и морского происхождения: многочисленные покрытые лесом моренные холмы (наивысшая точка — гора Вербокольская, 88 м) и конечно-моренные гряды, гирлянды ледниковых озер, подчинившиеся рисунку тектонических разломов и древних ложбин стока, песчаные водно-ледниковые гряды (озы), блоковые поднятия рельефа, отмеченные крутыми уступами, серии морских террас, местами с крупными одиночными дюнами, гигантскими морскими валами, сериями лагун. Это наглядный образец продолжающейся эволюции Земли — ценность, фиксируемая кри-

териум VIII. Здесь расположены ключевые местообитания редких видов птиц (например, гаги) и морских млекопитающих (основная станция размножения беломорского стада белухи, места сезонного скопления тюленей). На островах находятся зоны массовых остановок пролетающих водоплавающих птиц и крупнейшие колонии клуши и полярной крачки. Акватория архипелага — основная зона нагула беломорского эндемика — соловецкой сельди, а также источник ценных водорослей. Исключительную важность местообитаний для сохранения *in situ* биоразнообразия и редких видов биоты отражает критерий X.

Наконец, пронзительная красота северной природы Соловков, сочетающаяся с живописными окультуренными ландшафтами и архитектурными доминантами монастырских святынь в окружении морских пейзажей позволяет применить к ним критерий VII. Это эстетический критерий, который обычно используется при оценке объектов природного наследия, но может считаться показателем культурной ценности объекта, ведь основой его применения служат эмоции человека, зависящие от его культурно-эстетических представлений. Острова окружены морем и создают с ним яркий, незабываемый образ северной святыни России. Для Соловков характерны многопанорамность и красочность пейзажей, открывающихся с возвышенностей и морских мысов, цветовые контрасты тундровых пространств, многочисленность уединенных озер, первобытная глушь таежного леса и бесконечная смена красок постоянно изменчивого моря с силуэтами ближних островов.

Таким образом, к ландшафту Соловецких островов может быть применен гораздо более широкий спектр критериев, нежели к историко-архитектурному комплексу. Наряду с критерием IV здесь применимы критерии III, V, VI, VII, VIII и X.

Вышесказанное совершенно не означает, что все составляющие культурного и природного достояния Соловецкого архипелага равнозначны и имеют всемирное значение. Очевидно лишь, что выдающаяся универсальная ценность Соловков гораздо шире, чем это зафиксировано официально. Ландшафтная концепция позволяет выявить природные и культурные ценности наиболее полно и целостно, в их системной взаимосвязи. И это далеко не праздный вопрос, ведь от обоснования системы ценностей зависит предмет охраны, а значит — стратегия будущих действий.

Природно-культурный комплекс Соловецкого архипелага уникален. Единственная аналогия с ним — гора Афон, которая состоит в Списке объектов всемирного наследия ЮНЕСКО как природно-культурный объект, занимает 350 км², включает 20 монастырей и 12 скитов и представляет ценность по шести критериям.

0 нематериальном культурном наследии

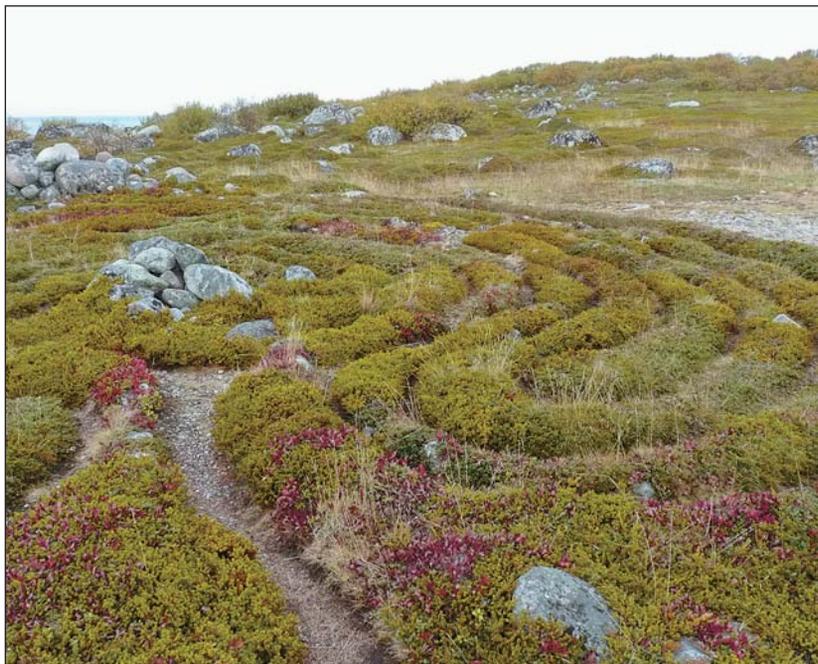
Согласно оценке ИКОМОС*, Соловецкий комплекс — это «выдающийся памятник, представляющий собой апогей русской православной стойкости и мужества; выдающийся пример монастырского поселения в суровых условиях Северной Европы, являющийся прекрасным примером веры, целеустремленности и мужества религиозных общин позднего Средневековья». Привожу это определение для того, чтобы продемонстрировать, как к объекту материальной культуры (а Конвенция о всемирном наследии ориентирована главным образом на феномены материальной культуры) применяются нравственные, этические и духовные категории.

В связи с этим интересно обратить внимание на еще один документ, который Россия не подпи-

* ИКОМОС (ICOMOS) — Международный совет по сохранению памятников и достопримечательных мест (International Council on Monuments and Sites) — международная организация, которая осуществляет оценку объектов, предлагаемых к включению в Список всемирного наследия ЮНЕСКО.



Один из небольших водотоков на юге о.Большого Соловецкого.



Один из серии лабиринтов на о.Большом Заяцком — загадочная конструкция древности.

сала, но два объекта (культурное пространство старообрядцев семейских в Забайкалье и Якутский героический эпос «Олонхо») в ее юрисдикцию поместила — это Конвенция об охране нематериального культурного наследия ЮНЕСКО.

С 2001 г. нематериальные объекты культурного наследия мира стали выявляться и учитываться аналогично Списку всемирного наследия. Был открыт список ЮНЕСКО, фиксирующий наиболее выдающиеся формы живой традиционной культуры. В 2003 г. принята упомянутая конвенция, а в 2006 г. разработаны указания по ее применению. *Культурное пространство* (это понятие очень близко к *культурному ландшафту*) выделяется в Списке нематериального культурного наследия как особая категория. Примерами могут быть старинный уклад жизни на о.Кихну в Эстонии, уникальная игра на музыкальном инструменте Сосо-Бала в Гвинее, древнейшая культура бедуинов Петры в Иордании. Ряд культурных пространств связан с религиозными практиками — это культурное пространство братства Святого Духа в Конго, католический анклав суитов в Латвии и другие.

Как и в случае со Списком всемирного наследия, в Списке нематериального наследия много «скрытых» культурных пространств. Чтобы это понять, достаточно прочитать краткие описания объектов [11]. Приведенные факты подтверждают общемировую значимость нематериального наследия. Народы мира признают, что оно также требует заботы и охраны. Соловки не имеют статуса объекта нематериального наследия, однако

фактически могут считаться таковыми. Это типичное культурное пространство православного монастыря.

Возвращение монастырской жизни на острова в 1992 г. очень повлияло на состояние многих памятников материальной культуры. Стали восстанавливаться здания, имеющие первостепенное значение для монастырской жизни, и некоторые хозяйственные постройки. Для территориального комплекса, как известно, важны не только его компоненты, но и связи между ними. Паллиативным вариантом использования монастырского комплекса начиная с 60-х годов XX в. был музей-заповедник.

В то же время деятельность и музея, и монастыря не лишена ошибок и недоразумений в работе с наследием. Это проблема не только Соловков, но и всей современной России, когда оче-

видная некомпетентность власти, погоня за комфортом и возможностью «освоения» бюджетных денег в строительном «зуде» часто становятся сильными аргументами в судьбе памятника, который с легкостью реконструируется или уничтожается, а на его месте возникает более или менее точная копия с современной инфраструктурой. Но людям образованным и этически развитым, имеющим представление о культурных ценностях, должно быть понятно, что чем древнее кирпичи и бревна, слагающие монастырские постройки, тем выше их ценность, поскольку к ним прикасались руки, в их стенах звучала речь и проходила жизнь многих людей, как подвижников обители, так и жертв сталинского террора. Ничем не оправданное возведение новоделов на месте подлинных реликвий прошлого — моральное преступление, поскольку в материальной «рухляди» (по словам некоторых современных политиков) могут быть заключены нематериальные ценности. Они содержатся в структуре и облике всего архипелага, не только отдельных памятников. Это — культурное пространство Соловков.

Следует обратить внимание, что планировочная структура архипелага также имеет историко-культурную ценность, а при бесконтрольной организации строительных площадок она неизменно деградирует и утрачивается. На архипелаге этот процесс пока имеет локальный характер, однако Соловки весьма привлекательны для вложения капиталов, потоки и концентрации которых в России стали огромны. Деньги не могут жить без движения, и пока никто не придумал лучшего ва-

рианта их вложения, чем новое строительство. Поэтому они так и будут, созидавая новые объекты, разрушая исторические ценности архипелага.

Сохранение Соловецких островов как общенационального достояния — вопрос не столько юридического права, сколько этики, компетентности и распределения ответственности. При разработке разнообразных стратегий, программ и планов развития архипелага необходимо широкое участие общества в противовес действующему келейно-административному порядку принятия решений. Множество угроз для наследия архипелага содержат аренда (скрытая распродажа) поселковых земель, новое строительство на исторически свободных от застройки участках природно-культурного каркаса, приближение взлетно-посадочных полос вплотную к монастырским пустыням, проекты размещения мощных ветроэнергетических установок, планы создания туристско-рекреационных зон, уничтожение памятников под видом реставрации и реконструкции и многое другое.

Каждая территория имеет свои профильные функции. Профиль Соловков — это прежде всего восстановление монастырской традиции и забота о наследии. Нельзя забывать, что монастырская жизнь отличается особой обстановкой, а тысячи погибших здесь требуют уважения к своему праху. Кроме того, на архипелаге целесообразно развитие музейных, научных и образовательных функций. Музейные центры могут быть разнообразны — поморский, археологический, мемориальный, экологический. Что касается туризма, то он

не должен обладать центральными, градообразующими функциями, как считают бизнесмены. Его задача — дополнять основные виды деятельности для полноценной презентации наследия архипелага соотечественникам и мировому сообществу. Для увеселений, отдыха на лоне природы и прибыльных инвестиций достаточно иных мест, кроме Соловков.

Необходимо признать, что любой проект, запланированный или реализуемый на Соловках, должен в первую очередь служить сохранению уникального наследия. Признать, что облик островов сформировала именно монастырская культура и ее нынешние преемники несут большую ответственность за будущее этой национальной святыни и объекта всемирного наследия. Признать, что не только монастырские стены и храмы, но и вся территория архипелага нуждается в заботе и попечении. Признать, что пространство архипелага — не собрание разнообразной недвижимости, а неделимый объект, для которого нужен определенный план управления и развития, открытый для ознакомления любому желающему и согласованный со всеми основными субъектами правоотношений на Соловках.

Конечно, культурный ландшафт не статичен, он вечно изменяется, в нем что-то появляется, а что-то исчезает, но если человек претендует называть себя разумным, то человеческий социум должен разумно управлять местом своего пребывания и знать, что следует изменить, дополнить или развить, а что — уберечь от преобразований и передать последующим поколениям. ■

Литература

1. Operational guidelines for the implementation of the World heritage convention. WHC. 08/01. January 2008.
2. Кулешова М.Е. Культурные ландшафты и перспективы расширения представительства России в Списке всемирного наследия // Известия Русского географического общества. 2012. Т.144. №5. С.71—80.
3. Культурный ландшафт как объект наследия / Под ред. Ю.А.Веденина, М.Е.Кулешовой. М.; СПб., 2004.
4. Отчет о проведении мониторинга объекта всемирного наследия «Соловецкий историко-культурный комплекс» // Экология культуры. Информационный бюллетень. 2000. №4 (17).
5. *Sberenkova N.* The Status of the Solovetsky archipelago in the UNESCO World heritage list // *Conserving cultural and biological diversity: The role of sacred natural sites and cultural landscapes.* Tokyo, 2006.
6. Report of the joint UNESCO-ICCROM-ICOMOS reactive monitoring mission to the cultural and historic ensemble of the Solovetsky Islands. Russian Federation, 5—14 August 2013 (<http://whc.unesco.org/en/list/632/documents/>).
7. Столяров В.П. Духовно-символическое пространство сакральных комплексов России как объект национального наследия (на примере Соловецкого архипелага) // Ставрографический сборник. Кн.1. М., 2001. С.113—129.
8. Мартынов А.Я. Первобытная археология островов южной части Белого моря. Архангельск, 2010.
9. Скопин В.В. На Соловецких островах. М., 2007.
10. Соловецкие острова: духовное, природное и культурное наследие. Указатели, пояснительный текст к карте, справочные сведения / Под ред. П.В.Боярского, В.П.Столярова. М., 2006.
11. The Intangible Heritage List (<http://www.unesco.org/culture/ich/index.php?lg=en&pg=00011>).

Букет от мамонта

С.В.Губин, С.Г.Яшина



Евражка — суслик, в ископаемых норах которого найдены различные палеоэкологические объекты эпохи позднего плейстоцена.

В последние десятилетия вечномерзлые толщи осадочных пород стали предметом пристального внимания биологов. В природном холодильнике, на глубинах в несколько десятков метров в течение десятков и сотен тысяч лет сохраняется обширный набор жизнеспособных микроорганизмов: бактерии, микроскопические водоросли, грибы, способные к прорастанию споры мхов [1]. С позиций изучения того, как различные организмы сохраняют жизнеспособность в условиях вечной мерзлоты, наиболее интересны отложения ледового комплекса, широко распространенные на севере Якутии, а также встречающиеся на Чукотке и Аляске. Именно в них часто находят останки мамонтов, шерстистых носорогов, бизонов, лошадей и других крупных представителей мамонтовой фауны.

Окрашенные в монотонные голубовато-серые или буроватые тона, многометровые мерзлые пылеватые толщи по всей глубине разбиты сетью ледяных жил, достигающих в ширину 6–8 м и образующих полигональную решетку. Между ними заключены блоки минерального материала, некогда бывшие центральными частями мерзлотных полигонов. Отложения ледового комплекса накапливались от 80 до 12 тыс. лет назад — в период господства на обширных пространствах северо-востока Евразии и севера Америки уникальных тундростепных ландшафтов Древней Берингии. В условиях длительных, малоснежных, крайне суровых зим и коротких, относительно теплых летних периодов, при близком залегании к поверхности низкотемпературных многолетнемерзлых пород и при регулярном поступлении на поверхность пылеватого осадка шло формирование уникальных по строению и свойствам отложений, сложенных пылеватыми суглинками на большей территории.

Накопление отложений ледового комплекса сопровождалось почвообразованием. Пылеватый материал, регулярно поступающий на дневную поверхность небольшими порциями, частично перерабатывался почвообразовательными процессами, обогащался органическими веществами и оказывался погребенным под новой порцией осадка. Суровость условий и недостаток времени не позволяли формироваться генетическим горизонтам и почвенным профилям, что и определило накопление однородной мощной



Станислав Викторович Губин, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории криологии почв Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН. Занимается исследованием современных почв и палеопочв Арктики и Субарктики, вопросами палеогеографии и палеоэкологии Древней Берингии.



Светлана Георгиевна Яшина, старший научный сотрудник лаборатории криобиологии и биофизики воды Института биофизики клетки РАН. Область научных интересов — криоконсервация редких и исчезающих видов растений.

толщи почвы-осадка. Благодаря большому количеству сильно измельченных растительных остатков, принесенных вместе с минеральным материалом, даже в условиях короткого лета развивалась обильная травянистая растительность, дававшая корм многочисленным стадам крупных животных.

Одновременно с накоплением толщи в ней поднималась граница вечной мерзлоты. Через 300–400 лет материал, который изначально находился на поверхности и содержал микроорганизмы, семена и споры, в ходе погребения под последующими слоями достигал границы многолетней мерзлоты, расположенной на глубине около метра, переходил в вечномерзлое состояние и уже никогда больше не оттаивал. Переходила в многолетнемерзлое состояние и микробиота, как погребенная, так и мигрировавшая с потоками влаги к границе мерзлоты в толще ежегодно оттаивавшего слоя. Этот способ криоконсервации биологических объектов характеризуется постепенным и довольно длительным (сотни лет) переходом в постоянномерзлое состояние, что существенно влияло на их сохранность.

В отложениях ледового комплекса также обнаружены уникальные палеоэкологические ниши с более благоприятными условиями для криоконсервации позднеплейстоценовой биоты (особенно на ранних стадиях захоронения) — ископаемые норы берингийского суслика (*Spermophilus parryi*), или евражки. Этот зверек и ныне обитает на хорошо дренированных участках от арктического побережья до остепненных территорий Центральной и Южной Якутии вдоль берегов мо-



Обнажение мерзлых позднеплейстоценовых отложений ледового комплекса с мощными ледяными жилами. Низовье р. Колымы, Дуванный яр.



Байджеуховый рельеф поверхности обнажения, образующийся в ходе постепенного вытаивания ледяных жил.

рей, рек и озер. Живет он от Чукотки до р.Яны и на Аляске. Такие норы нашли в мерзлых стенках береговых обнажений крупных рек севера Якутии, Чукотки, а также в обрывах многочисленных термокарстовых озер и в толщах отложений по берегам притоков Юкона. В отступающих при оттаивании мерзлых стенках обнажений, достигающих высоты в несколько десятков метров, на глубинах 10—30 м, в толщах вечной мерзлоты, обнаружены отдельные камеры и ведущие к ним короткие ходы. Они уходят вверх от камер под большим углом и заполнены пылеватым материалом с включением помета грызунов. Длина этих ходов не превышает метра. Иногда в верхней части они заканчиваются прослоем слегка уплотненного материала, указывающего на существование возле выхода из норы небольшой площадки, утрамбованной зверьками.

Большинство камер имеет округлую форму и достигает в поперечнике 40 см, хотя встречаются и такие, которые образованы сочленением двух подобных овальных сооружений, — тогда их общий размер увеличивается до 60 см. Удивляет внутренняя организация камер, содержащиеся в них палеоэкологические объекты и их сохранность. Строение более 50 изученных ископаемых нор оказалось сходным: по периметру крупные камеры обложены растительной подстилкой из остатков травянистых растений — фрагментов листьев и стеблей. Ближе к центру располагается

слой (5–7 см) буроватого подшерстка крупных животных — бизонов и овцебыков, часто с небольшой примесью шерсти грызунов — зайцев, полевок и леммингов. Этот сильно запыленный материал после промывки и сушки поражает своей хорошей сохранностью и проявляет превосходные теплоизоляционные свойства. Центральные части большинства камер заполнены смержшимися мелкими семенами и плодами (иногда их 600–800 тыс. штук в одной норе) высших растений. Встречается и много других палеоэкологических объектов, занесенных с поверхности сусликами или другими животными, которые использовали эти норы как убежища, — прекрасно сохранившиеся крупные остатки растений, например полные колоски злаков, останки жуков, оболочки личинок мух, скорлупа птичьих яиц, помет грызунов, птичьи перья, косточки мелких животных (леммингов) и даже мумифицированные фрагменты их тел. Найдены в норах и полные скелеты их бывших хозяев — берингийских сусликов. Судя по радиоуглеродному датированию органических остатков, большинство исследованных нор было сооружено от 34 до 28 тыс. лет назад — в период, предшествовавший резкому похолоданию в Сибири (однако там и это время позднего плейстоцена характеризовалось суровыми климатическими условиями, особенно зимами).

Анализ строения современных и ископаемых нор сусликов выявил важнейшую особенность: зверьки сооружали камеры с запасами семян непосредственно над границей мерзлоты. Таким образом, собранные на поверхности земли семена сразу доставлялись в «помещения», где летом темпера-

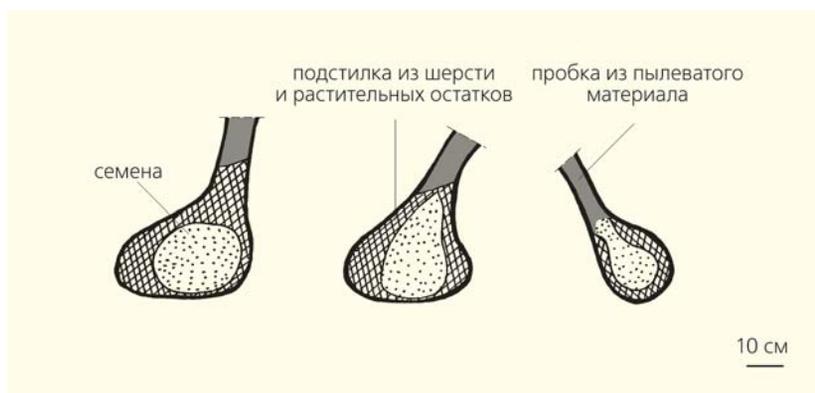


Схема строения ископаемых нор [2].



Вытаивающая ископаемая нора берингийского суслика.

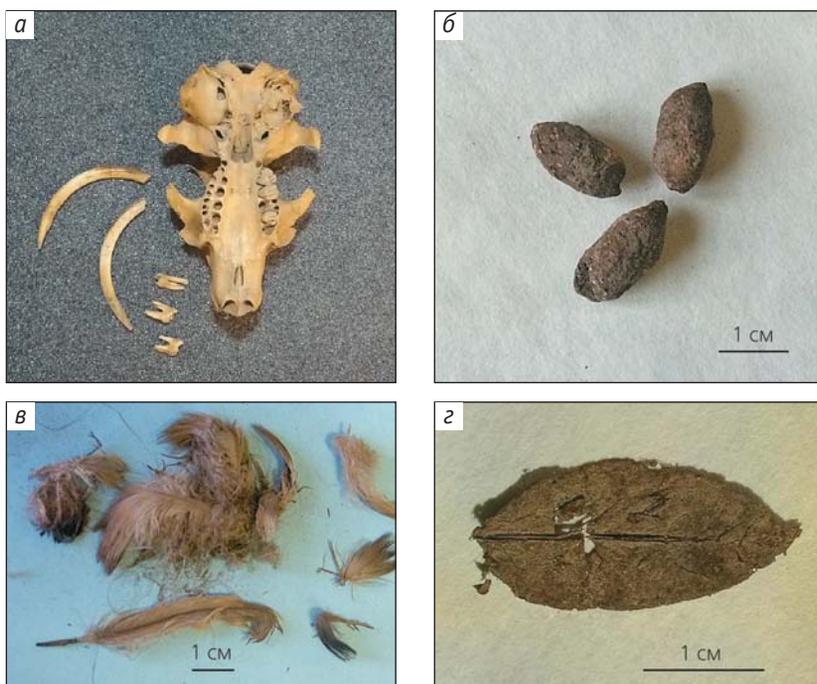
тура была близка к нулевой, а зимой опускалась на десятки градусов. Регулярное поступление на поверхность пыли и нарастание толщи отложений влекло за собой быстрое погребение нор, а постоянное поднятие границы многолетней мерзлоты вело к переходу содержимого камер со сделанными в них запасами в вечномерзлое состояние. Так,



Шерсть и подшерсток бизона, овцебыка и мелких грызунов, выстилающие ископаемую камеру с запасами семян.



Скопление плодов и семян высших растений, извлеченное из ископаемой норы.



Палеоэкологические объекты, найденные в ископаемых камерах-запасниках сусликов: останки (а) и помет суслика (б), перья птиц (в), лист ивы (г).

не ведая, что творят, грызуны десятки тысяч лет назад создавали естественные криобанки разнообразного палеоэкологического материала.

Много нового удастся узнать и из строения самих ископаемых нор, их положения во вмещающих отложениях. Например, по суммарной длине ходов и камер установлено, что глубина летнего оттаивания отложений, формировавшихся 30 тыс. лет назад, составляла 60–80 см, т.е. она была близка к нынешней глубине в тундрах этих районов.

Изучение семян и плодов, содержащихся в ископаемых норах, дало новые важные результаты.



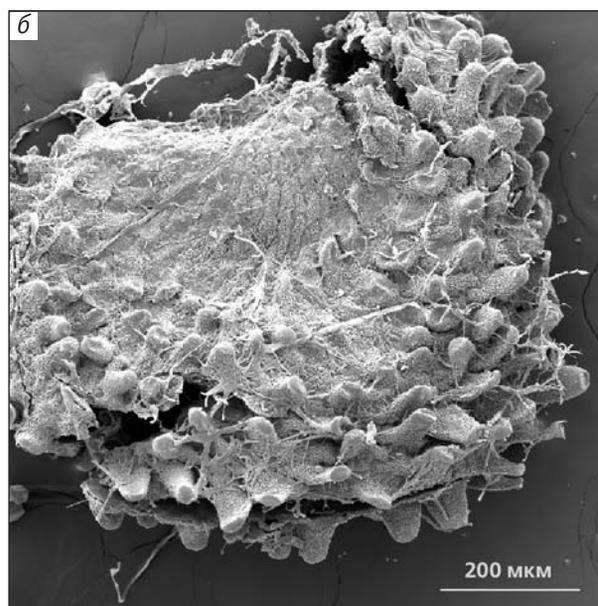
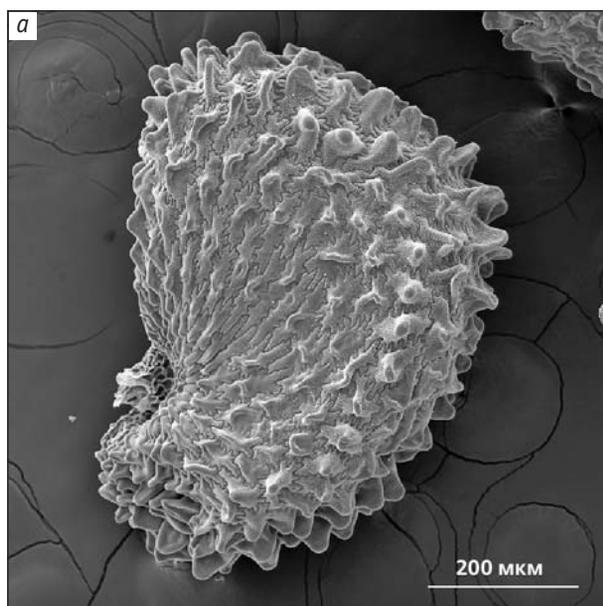
Семена и плоды из ископаемых нор, отобранные для проращивания в лабораторных условиях.

Внешний облик семян позволяет идентифицировать растения до вида включительно (чего нельзя сделать по спорово-пыльцевым спектрам), а это дает возможность детальнее оценить условия участков их произрастания. По результатам сравнительного анализа семян, обнаруженных в ископаемых норах, и современных семян из коллекции, собранной в северных районах Якутии, удалось установить более 60 видов растений из сусличьих складов. Все эти виды и сейчас встречаются на севере Якутии и на Чукотке и принадлежат к различным экологическим группам. В запасниках грызунов присутствует набор семян степных видов растений, тех, которые предпочитают незадернованные, нарушенные местообитания, а также видов, произрастающих в увлажненных и даже обводненных условиях (табл.) [3]. Известно, что кормовые угодья ев-

ражек ограничиваются участками, которые не превышают в поперечнике 300–600 м. Значит, места обитания зверьков характеризовались комплексностью почвенного и растительного покровов.

Большой объем и разнообразие семян, хорошо сохранившихся в ископаемых норах, в конце 1990-х годов побудили ученых к изучению жизнеспособности этих палеоэкологических объектов. Эту работу вели в лаборатории криоконсервации генетических ресурсов Института биофизики клетки РАН. Смерзшиеся семена и мелкие плоды из ископаемых нор в мерзлом состоянии из районов полевых исследований доставляли в лабораторию (соблюдая необходимые предосторожности, исключающие загрязнение образцов), где далее их хранили при температуре -20°C . При размораживании под микроскопом выбирали наименее поврежденные плотные семена того или иного вида. Основная масса семян обладала буровой окраской. Несмотря на хорошую морфологическую сохранность, почти все они оказались пустотельми. При оттаивании отдельные участки их скоплений оказались пронизаны отмершими гифами грибов. И все пробы после инкубации во влажном состоянии при положительных температурах быстро покрывались плесенью.

Первые попытки прорастить (в чашках Петри на влажной фильтровальной бумаге при комнатной температуре) семена сразу после их оттаивания провалились. Не помогли и стимуляторы роста. Дальнейшую работу проводили *in vitro* — в сте-



Электронные микрофотографии семян смолевки узколистной — извлеченных из плодов современных растений (а) и пролежавших в ископаемой норе в мерзлоте более 32 тыс. лет (б).

рильных условиях, на искусственных питательных средах, в закрытых пробирках. Так можно индуцировать прорастание семян, затрудненное по тем или иным причинам, а также вызвать неорганизованное размножение клеток (образование каллуса). Размороженные семена после предварительной стерилизации помещали на агаризованные питательные среды, содержащие минеральные соли, сахарозу, витамины и различные фитогормоны. Таким образом восполнялось отсутствие эндосперма и запаса питательных веществ самого зародыша, необходимых ему на начальных стадиях развития. Прорастание шло при температуре 24°C.

В одной из ископаемых нор (ее возраст, определенный радиоуглеродным методом, — около 32 800 лет) Колымской низменности нашли много семян разных видов растений. В культуре удалось добиться разрастания семядоли у единичного семени осоки, а у семян смолевки узколистной (*Silene stenophylla*) проросли зародышевые корешки, на которых образовался каллус [4]. Позже в исследовании целой серии ископаемых нор (возраст одной из них — 27 700 лет), расположенных на одной глубине, способность к прорастанию обнаружили у семян щавеля арктического (*Rumex arcticus*) и растений рода *Arctous*. Последние нуждались в скарификации (нарушении целостности оболочки) и в стратификации (выдерживании при низких положительных температурах).

Семена в ископаемых норах сохраняются по-разному, лучше всего — в камерах, расположенных в песчаных прослоях. Семя щавеля арктического, извлеченное из одной такой норы, после освобождения от твердого околоплодника



Прорастание щавеля арктического *in vitro* на стадии семядольного листа.



Образование каллуса *in vitro* на семядолях у щавеля арктического.

Таблица

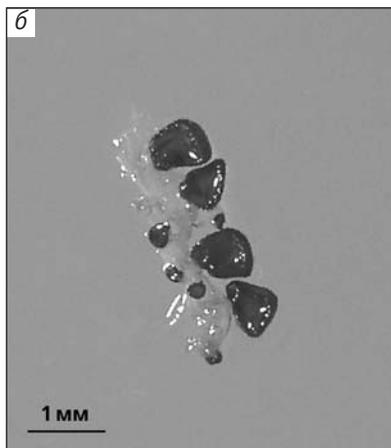
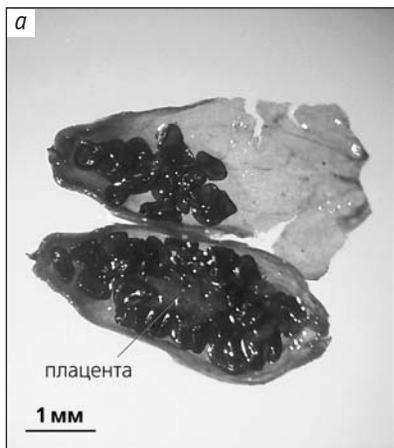
Остатки растений, найденные в ископаемых породах берингийского суслика в отложениях ледового комплекса Колымской низменности (определение проведено С.В.Максимовичем)

Растения	Местообитание		Найденные фрагменты
	редколесье	тундра	
Пионеры влажных местообитаний			
<i>Equisetum fluviatile</i>	+	–	вегетативные органы
<i>Arctophila fulva</i>	+	+	семена
<i>Rumex aquaticus</i>	+	+	семена
<i>R. arcticus</i>	+	+	семена
<i>R. sibiricus</i>	+	+	семена
<i>Ranunculus repens</i>	+	+	семена
Пионеры сухих местообитаний			
<i>Arnica intermedia</i>	+	+	семена
<i>Artemisia gmelinii</i>	+	–	вегетативные органы
<i>A. tilesii</i>	+	+	вегетативные органы
<i>Tanacetum vulgare</i>	+	–	вегетативные органы
<i>Taraxacum lateritium</i>	+	+	семена
<i>T. macilentum</i>	+	+	семена
<i>Tripleurospermum bookeri</i>	+	+	семена
<i>Draba cinerea</i>	+	+	семена, створки стручочков
<i>D. pilosa</i>	+	+	семена, створки стручочков
<i>Sisymbrium polymorpbum</i>	+	–	семена, стручки
<i>Cerastium maximum</i>	+	+	семена
<i>Chenopodium album</i>	+	+	семена
<i>Ch. prostratum</i>	+	+	семена
<i>Corispermum elongatum</i>	+	–	вегетативные органы
<i>Equisetum arvense</i>	+	–	вегетативные органы
<i>E. pratense</i>	+	–	вегетативные органы
<i>Chamaenerion angustifolium</i>	+	+	вегетативные органы
<i>Ch. latifolium</i>	+	+	вегетативные органы
<i>Plantago canescens</i>	+	–	семена, коробочки
<i>Hordeum jubatum</i>	+	–	семена, членики колоса
<i>Potentilla stipularis</i>	+	+	фрагменты вегетативных органов
Растения плакорных лиственничных редколесий (некоторые встречаются в тундре)			
Сосудистые растения			
<i>Cnidium cnidiifolium</i>	+	–	семена
<i>Betula divaricata</i>	+	–	вегетативные органы
<i>Duschekia fruticosa</i>	+	–	пыльники
<i>Myosotis asiatica</i>	+	+	семена
<i>Rhodiola rosea</i>	+	+	семена
<i>Empetrum androgynum</i>	+	+	семена, вегетативные органы
<i>Arctous alpina</i>	+	+	семена
<i>Vaccinium uliginosum</i>	+	+	листья
<i>V. vitis-idaea</i>	+	–	листья
<i>Astragalus alpinus</i>	+	+	семена
<i>Hedysarum arcticum</i>	+	+	членики бобов с семенами
<i>Gentianopsis barbata</i>	+	–	коробочки с семенами
<i>Luzula multiflora</i>	+	+	семена
<i>Larix cajanderi</i>	+	–	древесина, листовые кольчатки, хвоя
<i>Pinus pumila</i>	+	–	древесина, хвоя
<i>Alopecurus alpinus</i>	+	+	семена
<i>Arctagrostis latifolia</i>	+	+	семена, вегетативные органы
<i>Bromopsis pumelliana</i>	+	–	семена
<i>Festuca altaica</i>	+	+	семена
<i>Poa alpigena</i>	+	+	фрагменты метелки
<i>P. sibirica</i>	+	+	семена
<i>Potentilla nivea</i>	+	+	семена
<i>Salix glauca</i>	+	+	листья, коробочки
<i>S. pulchra</i>	+	+	листья, коробочки
Мхи			
<i>Aulacomnium palustre</i>	+	+	вегетативные органы
<i>Aulacomnium palustre</i> ssp. <i>imbricatum</i>	+	+	вегетативные органы

<i>Aulacomnium turgidum</i>	+	+	вегетативные органы
<i>Bryum arcticum</i>	+	+	вегетативные органы
<i>Cinclidium latifolium</i>	+	+	вегетативные органы
<i>Hylocomium splendens</i>	+	+	вегетативные органы
<i>Meesia triquetra</i>	+	+	вегетативные органы
<i>Polytrichum hyperboreum</i>	+	+	вегетативные органы
<i>Polytrichum jensenii</i>	+	+	вегетативные органы
Лишайники			
<i>Cetraria cucullata</i>	+	+	вегетативные органы
<i>Cetraria laevigata</i>	+	+	вегетативные органы
<i>Peltigera apthibosa</i>	+	+	вегетативные органы
Растения пойм и заболоченных долин лесотундры (некоторые встречаются в тундре)			
<i>Betula exilis</i>	+	+	листья, древесина
<i>Carex appendiculata</i>	+	+	семена
<i>C. atherodes</i>	+	–	семена
<i>C. bonanzensis</i>	+	–	семена
<i>C. concolor</i>	+	+	семена
<i>C. juncella</i>	+	–	семена
<i>C. lugens</i>	+	+	семена
<i>C. misandra</i>	+	+	семена
<i>C. pallida</i>	+	–	семена
<i>C. saxatilis</i>	+	+	семена
<i>C. vesicata</i>	+	–	семена
<i>Calamagrostis purpurea</i>	+	+	семена
<i>Elymus jacutensis</i>	+	+	семена
<i>Hordeum brevisubulatum</i>	+	+	целый колос
<i>Puccinella hauptiana</i>	+	+	семена
<i>Polemonium acutiflorum</i>	+	+	семена, коробочки и их фрагменты
<i>Bistorta vivipara</i>	+	+	стеблевые луковички
<i>Rubus chamaemorus</i>	+	+	фрагменты стеблей
<i>Sanguisorba officinalis</i>	+	+	семена
<i>Salix krylovii</i>	+	+	листья
<i>Pedicularis gymnostachya</i>	+	+	семена
<i>P. kolyomensis</i>	+	–	семена
Степные растения			
<i>Allium strictum</i>	+	+	семена
<i>Eritrichium sericeum</i>	+	–	фрагменты вегетативных органов
<i>Dianthus versicolor</i>	+	–	семена
<i>Eremogone tschuktschorum</i>	+	+	семена
<i>Lychnis sibirica</i>	+	+	семена, коробочки
<i>Silene repens</i>	+	+	семена
<i>S. stenophylla</i>	+	+	семена, коробочки
<i>Dracocephalum palmatum</i>	+	+	семена
<i>Papaver nudicaule</i>	+	–	семена
<i>Calamagrostis purpurascens</i>	+	+	семена
<i>Elytrigia villosa</i>	+	–	семена
<i>Festuca lenensis</i>	+	+	семена
<i>Poa attenuata</i>	+	+	семена
<i>P. botryoides</i>	+	+	семена
<i>Androsace septentrionalis</i>	+	+	семена
Растения горных и равнинных тундр			
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> ssp. <i>minus</i>	–	+	листья
<i>Papaver polare</i>	–	+	семена
<i>Puccinella distans</i> ssp. <i>borealis</i>	–	+	семена
<i>Dryas octopetala</i> ssp. <i>subincisa</i>	–	+	листья и их фрагменты
<i>Salix polaris</i>	–	+	листья, древесина

проросло в культуре до стадии образования семядольных листьев. Дальнейшее развитие прекратилось из-за деградации апикальной меристемы побега. Однако появившиеся листья после рассечения сформировали каллус. По радиоуглеродной датировке, семенам смолевки узколистной из

этой камеры около 31 800 лет. Оказалось, что невызревшие семена, которые извлекли из незрелых плодов этого растения, найденных в ископаемой норе, часто имеют фуникулус — семяножку для прикрепления семязачатка к плаценте. Фрагменты последней культивировали на разных пи-



Содержимое вскрытого незрелого плода ископаемой смолевки: семена и плацента (а), фрагмент плаценты с семенами на различных стадиях разрастания (б).



Круглореснитчатая инфузория рода *Vorticella* (а) и ее циста (б), выделенные из ископаемой норы возраста 32 тыс. лет.

Фото А.В.Шатилович.

тательных средах, в результате чего начали образовываться зачаточные побеги. Позже на активно развивающихся побегах стали формироваться и придаточные, которые размножили также *in vitro*. Растения после укоренения переносили на специально подготовленный грунт, который по составу и химическим и питательным свойствам был сходен с отложениями ледового комплекса. Там вегетация продолжалась при поддержании температуры, влажности и светового режима, характерных для приарктических районов севера Якутии, и растения переходили к следующим фазам развития — цветению, плодоношению и формированию семян. Лабораторная всхожесть полученных созревших семян первого поколения составила 100%, и они полностью проросли при посеве в грунт [5]. Естественно, в лаборатории пробова-ли прорастить лишь незначительную часть семян, найденных в ископаемых норах. Вероятно, толщи отложений ледового комплекса содержат камеры с семенами гораздо лучшей сохранности, которые способны прорасти в современных естественных условиях.

Хорошие результаты дали первые эксперименты по проращиванию спор, содержащих-



Клональное микроразмножение смолевки узколистной, восстановленной из ткани ископаемого плода.



Зеленые мхи, выращенные из спор, находившихся в отложениях ледового комплекса возраста 37 тыс. лет.

ся в материале отложений ледового комплекса и ископаемых норах. Из мерзлых образцов отложений из разных районов севера Якутии приготовили водные суспензии. После их высева на питательные среды при комнатной температуре начали развиваться зеленые мхи (порядок Bryales) [6]. Еще большую всхожесть спор дает пылеватый материал из ископаемых нор, особенно пыль из шерсти, которую в камеры занесли суслики. При естественной влажности и комнатной температуре на исходном пылеватом субстрате выросли зеленые мхи, широко распространенные как в покрове тундростепных ландшафтов позднего плейстоцена, так и в современных тундрах.

В лаборатории криологии почв из отложений этих же мерзлых толщ и из материала ископаемых нор выделили жизнеспособных представителей практически всех основных групп простейших — различных голых амёб, гетеротрофных жгутиконосцев и инфузорий [7]. Все они мелкие и могут формировать в своем жизненном цикле криптобиотические стадии, чрезвычайно устойчивые к воздействию неблагоприятных факторов внешней среды. Так, обнаруженные жизнеспособные цисты амёб и инфузорий обладают толстой, сложно организованной защитной оболочкой, состоящей из нескольких отдельных слоев. Позднеплейстоценовые простейшие после оттаивания способны полноценно развиваться непосредственно в материале отложений при достаточном его увлажнении, естественном освещении и комнатной температуре, к тому же они не требуют специальных питательных и минеральных сред, как и бактериальных пищевых добавок.

Таким образом, толщи многолетнемерзлых отложений — среда, в которой сохраняются не только жизнеспособные микроорганизмы, но и другие представители живого мира прошедших геологических эпох.

Литература

1. Vorobyova E., Soina V., Gorlenco M. et al. The deep cold biosphere: facts and hypothesis // FEMS Microbiol. Rev. 1997. V.20. P.277—290. doi:10.1111/j.1574-6976.1997.tb00314.x
2. Занина О.Г. Ископаемые норы грызунов из мерзлых позднеплейстоценовых отложений Колымской низменности // Зоол. журн. 2005. Т.85. №6. С.133—140.
3. Губин С.В., Максимович С.В., Занина О.Г. Анализ состава семян растений из ископаемых нор сусликов лессово-ледовых отложений обнажения Зеленый Мыс как показателя местных условий обитания // Криосфера Земли. 2001. Т.5. №2. С.76—82.
4. Яшина С.Г., Губин С.В., Шабеева Э.В. и др. Жизнеспособность семян высушенных растений позднеплейстоценового возраста из вечномерзлых отложений, обнаруживаемая в культуре *in vitro* // Докл. РАН. 2002. Т.383. №5. С.714—717.
5. Yashina S., Gubin S., Maksimovich S. et al. Regeneration of whole fertile plants from 30 000-y-old fruit tissue buried in Siberian permafrost // Proc. Natl. Acad. Sci. (USA). 2012. V.109. P.4008—4013. doi:10.1073/pnas.1118386109
6. Troitsky A.V., Gubin S.V., Bobrova V.K. et al. Regeneration of three moss species from 32 000-y-old buried soil in Siberian permafrost // MOSS 2012 & 3rd International Conference on Molecular Systematics of Bryophytes. Abstracts and Program. NY, 2012. P.58.
7. Шатилович А.В., Шмакова Л.А., Гудков А.В. и др. Жизнеспособные Protozoa из вечномерзлых отложений и погребенных почв // Докл. РАН. 2005. Т.401. №5. С.715—717.



Цветущее растение смолевки узколистной, восстановленное из ткани ископаемого плода возраста 32 тыс. лет.

Фото В.А.Яшина.

логических эпох. Удивительно, что некоторые организмы после оттаивания способны жить в естественных природных условиях. А это позволяет предположить, что они участвовали в формировании и поддержании нынешнего биоразнообразия на территориях распространения многолетней мерзлоты. ■

Обвальные процессы в высокогорной зоне Кавказа в XXI веке

М.Д.Докукин, Е.А.Савернюк, С.С.Черноморец

Обвалы в горах нередко приводят к гибели людей и разрушениям хозяйственных объектов. Чаще всего повреждаются автомобильные дороги. Из 57 обвалов, зафиксированных в период с 2006 по 2012 г. в горах Северного Кавказа, более 80% заблокировали участки дорог [1]. Объемы отложений в таких случаях обычно составляют десятки и сотни (иногда десятки тысяч) кубических метров. Однако даже в XXI в. случались грандиозные обвалы с объемами отложений льда и скальных пород, превышающими 5 млн м³ и даже достигающими 100 млн м³. В 2002 г. такой обвал произошел в Геналдонском, в 2006 г. — в Харгабахском, а в 2014 г. — в Девдоракском ущелье [2–12].

В период с 2000 по 2007 г. произошел обвал в долине р.Гижгит, в 2008 г. — в долине р.Козыдон [13]. В ущелье Наратлы в период с 2003 по 2014 г. отмечались интенсивные камнепады [14]. Ранее, в XX в., были выявлены обвалы в долинах рек Баргуйдон (1958) [15] и Юсеньги (1988) [4].

На многих участках обвальные процессы случались в прошлом неоднократно. Так, в Геналдонском и в Девдоракском ущельях они повторились через 100 лет [6] и 182 года [16] соответственно. В Харгабахском



Михаил Дмитриевич Докукин, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник Высокогорного геофизического института (г.Нальчик). Научные интересы связаны с эволюцией ледниково-моренных комплексов, опасными природными процессами в высокогорье.



Елена Александровна Савернюк, инженер Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Занимается обвальными процессами, селевыми потоками, геоинформационным картографированием и оценкой природной опасности в горах.



Сергей Семенович Черноморец, кандидат географических наук, старший научный сотрудник того же университета. Область научных интересов — изучение селевых потоков, обвалов, прорывов ледниковых озер, опасных процессов на вулканах.

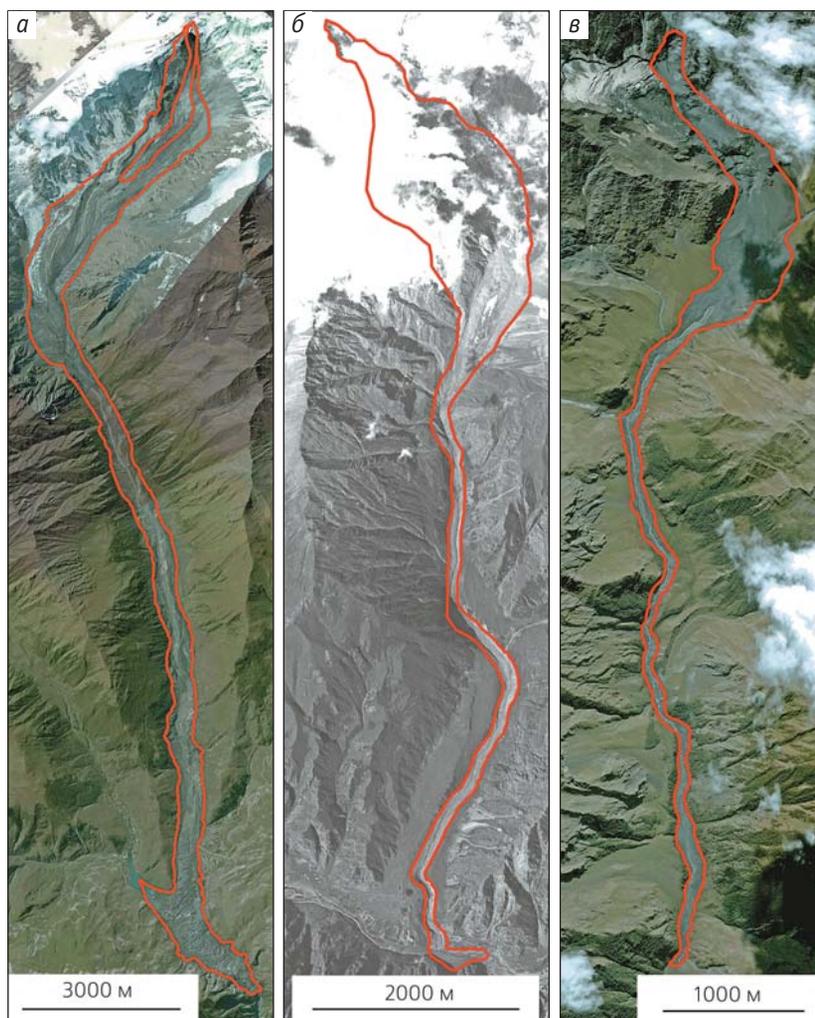
ущелье выявлены более старые генерации обвальных отложений. В 1863 г. произошел крупный обвал в ущелье Шхельды [4, 17]. Там же обнаружены глыбы более старых обвалов. В результате обвала сформировался вал Тюбеле, перегородивший долину р.Баксан [18].

Надо сказать, что только отдельные случаи обвалов зафиксированы и описаны в научных публикациях. Работ, в которых приводилась бы обобщенная характеристика таких событий, на сегодняшний день нет. Поэтому в настоящей статье мы попытаемся оценить количество, масштабы и особенности крупных обвалов, случившихся в недавнее время на территории высокогорной зоны Большого Кавказа.

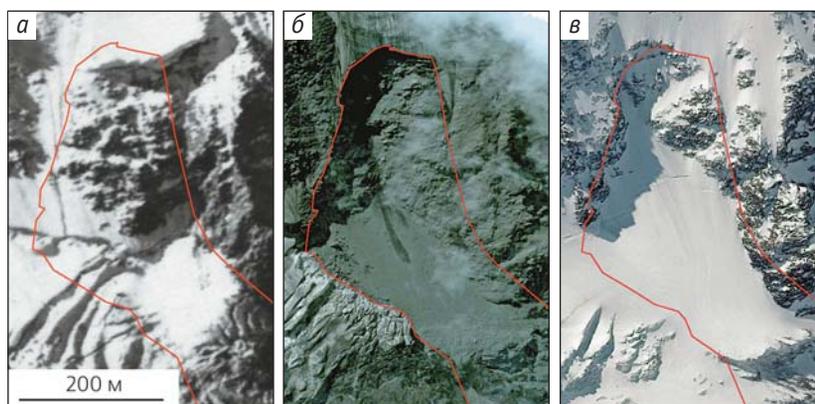
Источники данных

Информация о крупных обвалах собиралась в основном с помощью сравнительного дешифрирования разновременных космических снимков, полученных из самых разных источников. Применялись, например, фрагменты мозаик снимков с публичных интернет-ресурсов Google Earth, Bing Maps, Яндекс.Карты, Nokia, ESRI, NASA, Геопортал Роскосмоса. Использовались космические снимки, любезно предоставленные Инженерно-технологическим центром «СканЭкс» и Геопорталом МГУ, а также приобретенные при выполнении договорных работ. Изучались аэрофотоснимки второй половины XX в. и снимки, сделанные с вертолетов. Анализировались материалы собственных полевых наблюдений и различных туристических сайтов*.

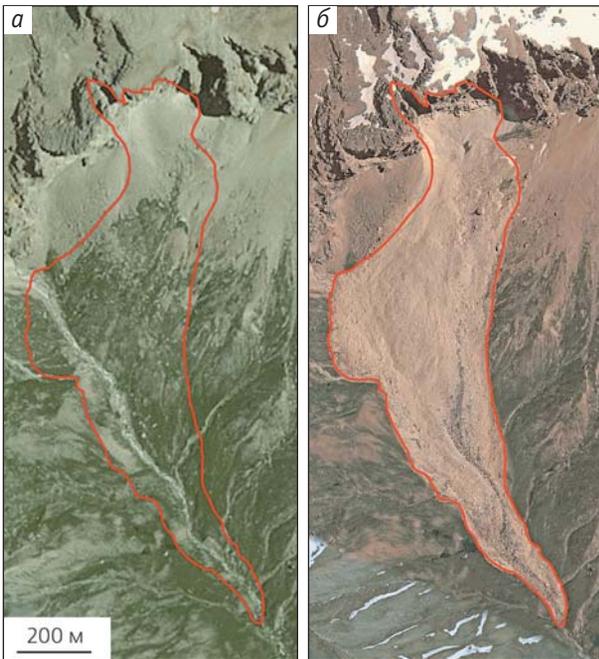
* Мы благодарны за помощь в экспедиционных работах и предоставленные материалы И.В.Галушкину, А.Г.Колычеву, Р.А.Тавасиеву, И.М.Васькову, Д.А.Петракову, Г.Гоциридзе, Э.В.Запороженко, Н.А.Каменеву, А.Н.Хоружию, В.Н.Дробышеву, З.С.Габатаеву, В.О.Тапасханову, Е.М.Богаченко и С.И.Шагину.



Крупнейшие обвалы Кавказа: *а* — в долине р.Геналдон в 2002 г. (фрагмент мозаики космоснимков Google Earth); *б* — в Девдоракском ущелье в 2014 г. (фрагмент космоснимка «SPOT 5»); *в* — в долине р.Харгабахк в 2006 г. (фрагмент мозаики космоснимков Google Earth). Здесь и далее красной линией показаны зоны поражения обвалами.



Участок отрыва Харгабахкского обвала: *а* — аэрофотоснимок 1960 г.; *б* — космический снимок «QuickBird» 2006 г. с мозаики Google Earth; *в* — космический снимок 2013 г. с Bing Maps.



Участок обвала на склоне горы Шахдаг: *а* — фрагмент мозаики космоснимков ESRI; *б* — фрагмент мозаики космоснимков Google Earth 17 июля 2009 г.

Обычно следы и отложения обвалов хорошо выявляются на снимке по светлomu фототону на темной поверхности задернованных склонов, по четким темным контурам на белой поверхнос-

ти ледников, а также по специфической форме и взаиморасположению с другими аккумулятивными формами высокогорий — каменными глетчерами, моренными массивами и отложениями селей [19]. В случае выявления обвала на снимке на соответствующие участки подбирались наиболее близкие по датам фотоматериалы, где его следы отсутствуют. Так определялась приблизительная дата события.

Места отрыва обвалов удавалось обнаружить не всегда — из-за происходивших со временем значительных изменений ландшафта либо из-за больших искажений фрагментов мозаик космоснимков. Например, в зоне отрыва Харгабахкского обвала за семь лет на месте срезанного участка ледника и ниши отрыва накопился новый массив льда. И если бы в год обвала не была сделана фотография, то чрезвычайно сложно оказалось бы выявить место отрыва, только сравнивая аэрофотоснимок 1960 г. и космический снимок 2013 г. Практически невозможно было по космическим снимкам определить ниши отрыва обвалов на вертикальных стенах Скалистого хребта и на некоторых других участках.

Случалось, что небольшие обвалы, материал которых аккумулировался в области питания ледников, впоследствии перекрывались новым фирновым слоем. Всего через несколько лет такие участки уже были неразличимы на космических снимках. Так, контуры обвала на леднике Джанкуат в 2003 г. удалось восстановить только по наземным фотографиям.

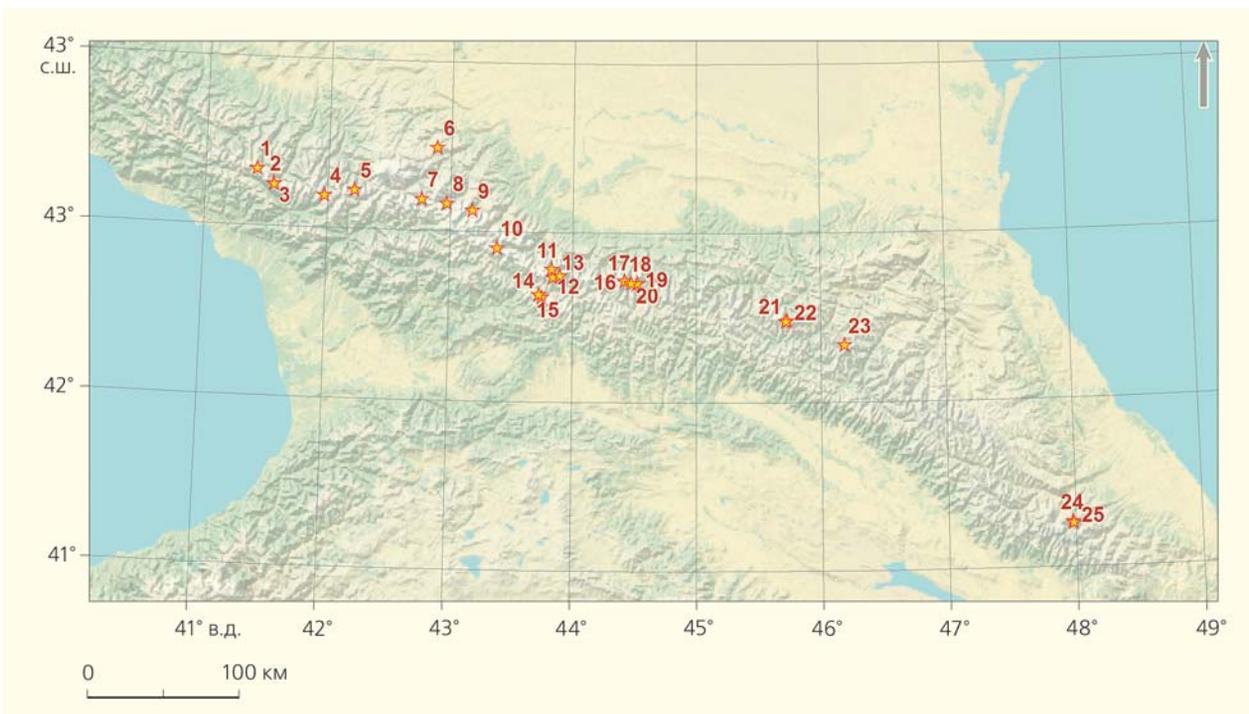


Схема расположения участков обвалов на Кавказе (номера соответствуют приведенным в таблице).

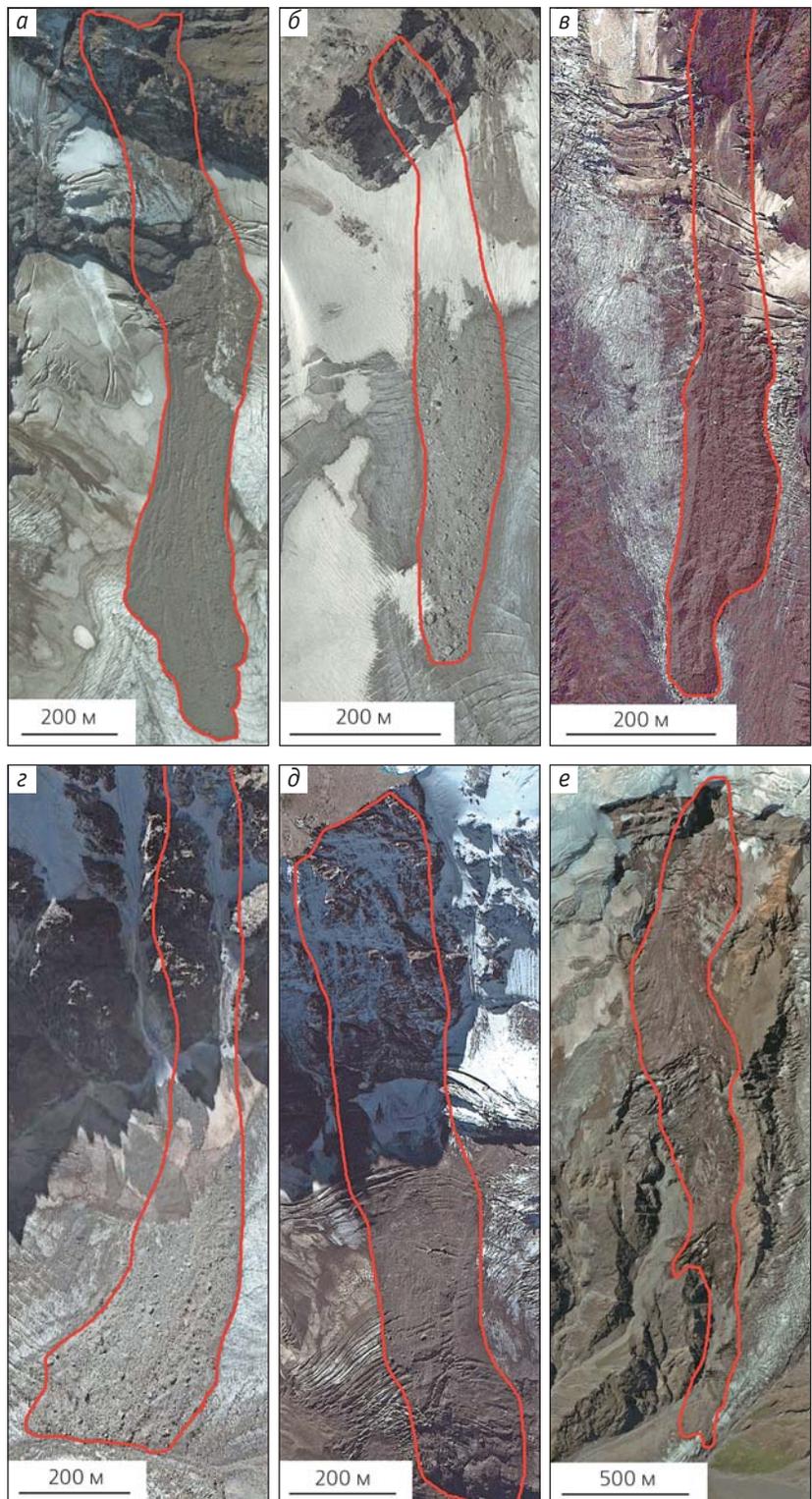
Масштабы и особенности обвалов

Нам удалось выявить и каталогизировать более 20 современных проявлений обвальных процессов на территории северокавказских республик Российской Федерации (Карачаево-Черкесии, Кабардино-Балкарии, Северной Осетии, Дагестана) и соседних государств (Абхазии, Грузии, Азербайджана).

Площадь зон поражения при обвалах изменяется от нескольких гектаров до десяти и более квадратных километров. Диапазон абсолютных высот зон отрыва составил от 2680 до 4500 м. Нижняя граница зоны поражения варьировала от 3380 до 1200 м. Минимальное превышение составило 220 м, максимальное — 3250. Крупные обвалы трансформировались в ледниковые или ледово-каменные лавины с дальностью выброса до 20 км. Примерно 75% обвалов формировались на стенках ледниковых цирков или в скальных массивах, покрытых ледниками. Значительное количество обвалов аккумулировалось на ледниках.

В 2010 г. произошел выброс обвальных масс на Девдоракском леднике. Тогда это событие не получило должного внимания, хотя могло рассматриваться как предвестник катастрофы: несколько лет спустя, в 2014 г., здесь случилась трагедия*. То же самое можно сказать и о серии небольших обвалов в августе—сентябре 2002 г. на склоне цирка ледника Колка, после которых в долине р.Геналдон произошла одна из крупнейших в мире ледниковых катастроф**.

В результате обвалов ледники нередко оказывались частично завалены слоем обломков.



* Подробнее см.: Черноморец С.С. Новый «Казбекский завал» 17 мая 2014 года // Природа. 2014. №7. С.67—72.

** Подробнее см.: Котляков В.М., Рототаева О.В. Ледниковая катастрофа на Северном Кавказе // Природа. 2003. №8. С.15—23.

Ледники, покрытые слоем обвальных отложений: а — Белалакайский (долина р.Алибек, бассейн р.Теберда); б — Чингурджар (долина р.Чиринкол, бассейн р.Кубань); в — Штулу Восточный (долина р.Карасу, бассейн р.Черек Балкарский); г — Цей (долина р.Цеядон, бассейн р.Ардон); д — Сказка (долина р.Сказдон, бассейн р.Ардон); е — Девдорак (долина р.Кабахи, бассейн р.Терек). Следы обвалов обычно определяют на снимке по темным контурам на белой поверхности ледников.

Таблица
Каталог обвалов в высокогорной зоне Кавказа в XXI веке

№	Регион	Ледник (номер), гора, долина	Долина (бассейн) реки	Координаты зоны отрыва, град.		Площадь зоны поражения, тыс. м ²	Площадь отложений, тыс. м ²
				с.ш.	в.д.		
1	Карачаево-Черкесская Республика (Россия)	Северный Аксаутский 112 (833a)	Аксаут (Малый Зеленчук)	43.3392	41.4225	16.5	10
2		Белалакайский 142 (798)	Алибек (Аманауз, Теберда)	43.2528	41.5591	257	150
3	Гулрыпшский район (Республика Абхазия)	Южный Софруджу	Джесюра (Ацгара, Кодори)	43.249	41.5618	695	—
4		Гора Гондарай	Гвандра (Кодори)	43.19499	41.9732	297	151
5	Карачаево-Черкесская Республика (Россия)	Чингурджар 287 (610)	Чиринкол (Узункол, Кубань)	43.2295	42.21905	70	60
6	Кабардино-Балкарская Республика (Россия)	Гора Науджидза	Гитче-Каштан-Су (Гижгит, Баксан)	43.4951	42.8856	105	—
7		Джанкуат 62 (503)	Джанкуат (Адыл-Су, Баксан)	43.1884	42.7665	86	—
8		Болдошке 18 (477)	Болдошке (Башиль-Аузу-Су, Чегем)	43.1653	42.9708	157	122
9		Левый склон долины Наратлы	Наратлы (Черек Безенгийский)	43.1252	43.1797	248	145
10		Штулу Восточный 119 (412)	Кара-Су (Черек Балкарский)	42.9069	43.3849	95	39
11	Республика Северная Осетия – Алания (Россия)	Ледник Четырех 4 (327)	Цеядон (Ардон)	42.7853	43.8315	440	—
12		Цейский 2 (325)	Цеядон (Ардон)	42.7382	43.8437	290	180
13		Сказка 5 (324)	Цеядон (Ардон)	42.7484	43.8976	94	39
14		Козицете 18 (317)	Козыдон (Земегондон, Мамихдон)	42.6327	43.7294	67	67
15		19 (269)	Козыдон (Земегондон, Мамихдон)	42.6186	43.7536	154	124
16		Колка*** 39 (248a)	Геналдон (Гизельдон)	42.7202	44.4226	12276	—
17		Колка 39 (248a)	Геналдон (Гизельдон)	42.7202	44.4226	748	—
18		Суатиси 62 (231)	Суатисидон (Терек)	42.7056	44.4737	2557	—
19	Край Мцхета-Мтианети (Грузия)	Девдорак 48 (241)	Амилишка (Кабахи, Терек)	42.7054	44.5261	730	—
20		Девдорак 48 (241)	Амилишка (Кабахи, Терек)	42.7029	44.5243	3727	—
21	Чеченская Республика (Россия)	41	Харгабахк (Хуландойахк, Шароаргун)	42.47796	45.72144	344	—
22		42 (119)	Харгабахк (Хуландойахк, Шароаргун)	42.4829	45.7354	1222	—
23	Республика Дагестан (Россия)	Осука (75)	Осука-Ор (Хварши, Андийское Койсу)	42.3376	46.1925	219	—
24	Гусарский район (Азербайджан)	Гора Шахдаг	Шахнабад (Кусарчай)	41.2673	47.9784	380	380
25		Гора Шахдаг	Шахнабад (Кусарчай)	41.262	47.9846	204	204

Номера ледников даны по Каталогу ледников СССР, номера, обозначенные курсивом, — по каталогу К.И.Подозерского.

Площадь зоны отложений вследствие ее прерывистости или невозможности точного определения в зоне транзита в нескольких случаях не была определена.

* Тип обвала: К — каменный, Л-К — ледово-каменный.

** Для участков обвалов №9 и №14 даны интервалы времени зафиксированной активности обвальных процессов (камнепадов).

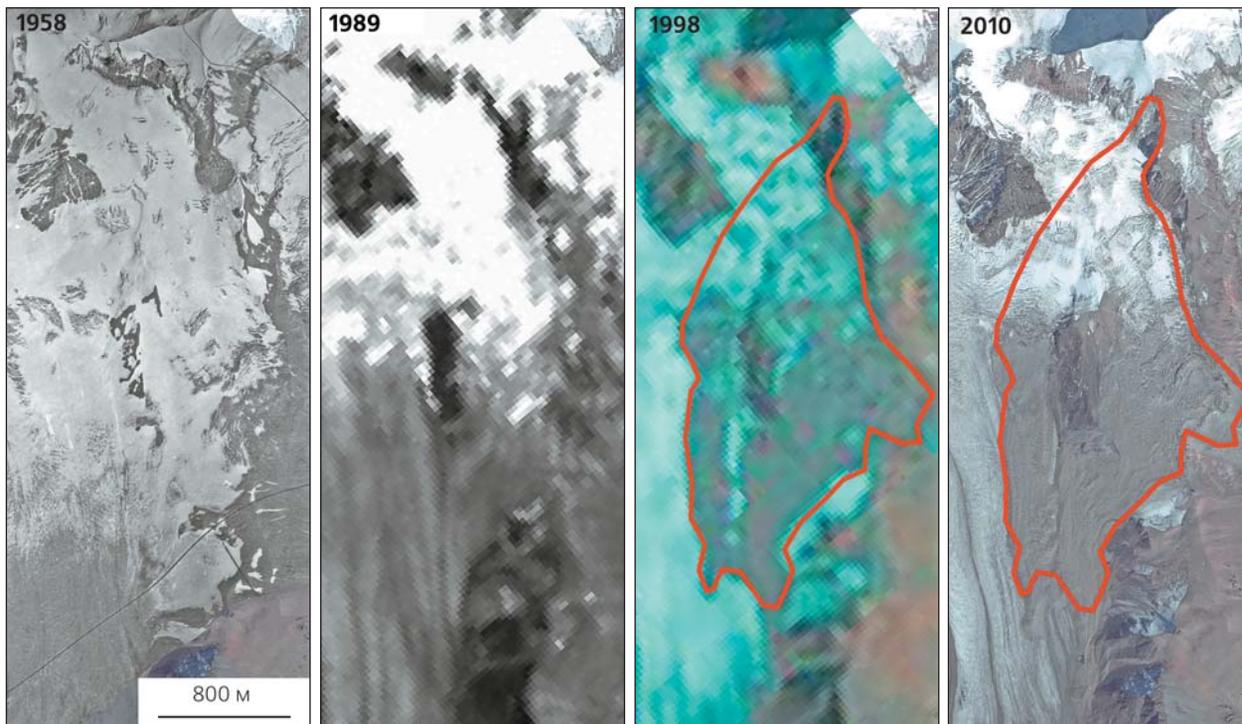
*** За обвал №16 принята серия крупных обвалов в период со 2 июля по 20 сентября 2002 г. (по данным снимков «Landsat-7» от 2 июля, 19 августа, 4 и 20 сентября 2002 г.) и обвал ледника Колка 20 сентября 2002 г.

№	Абсолютная отметка точки отрыва, м	Превышение, м	Дальность выброса, м	Средний угол наклона пути, град.	Угол наклона зоны остановки, град.	Год (период) события	Тип обвала*
1	3240	220	305	35.8	15.1	2012	К
2	3400	670	1460	24.7	6.6	2012	К
3	3730	1610	3500	24.7	3	до 2005	Л-К
4	2680	1020	2050	26.5	3.3	2004–2007	К
5	3400	340	745	24.5	8	до 2005	К
6	2750	860	2300	20.5	5.9	2000–2007	К
7	3550	390	960	22.1	15	2003	К
8	3735	1070	2301	24.9	11.6	2000	К
9	2940	940	1580	30.7	15.3	2003–2014**	К
10	3700	790	1350	30.3	14.3	2006–2009	К
11	4000	1430	2480	30.0	22	2008–2011	К
12	4050	1030	1660	31.8	7.1	2008–2011	К
13	3800	770	1065	35.9	11.3	2008–2011	К
14	3330	325	575	29.5	18.4	2010–2014**	К
15	3290	655	1350	25.9	7.1	2008	К
16	4450	3250	20575	9.0	3.7	2002	Л-К
17	4450	1370	3460	21.6	10.5	2002	Л-К
18	4300	920	3170	16.2	5.8	1989–1998	К
19	4180	1460	2625	29.1	19.7	2010	Л-К
20	4500	3180	10850	16.3	3.2	2014	Л-К
21	3700	1300	2600	26.6	11.8	до 2005	Л-К
22	3500	1820	7475	13.7	4.6	2006	Л-К
23	3850	900	1900	25.3	23.6	до 2013	К
24	3800	690	1580	23.6	9.7	2008–2009	К
25	3800	790	1500	27.8	13.6	2008–2009	К

Так, в интервале времени с 1989 по 1998 гг. произошел обвал на леднике Суатиси. На поверхности льда образовался крупный обломочный чехол площадью примерно 2,7 км². Нижний край этого чехла за 12 лет сместился вместе с ледником на расстояние 300–450 м, при этом левая ветвь

продвинулась больше, чем правая. Следовательно, в дальнейшем здесь можно ожидать наступания части ледника, покрытой обломками.

Обломочный чехол на поверхности ледника замедляет процесс абляции. Из-за обломков, попавших на поверхность ледника №19 (269) в до-



Обвальный обломочный чехол на леднике Суатиси: 1958 — аэрофотоснимок; 1989 и 1998 — космические снимки «Landsat»; 2010 — фрагмент мозаики космоснимков Bing Maps.



Обвалы на склонах гор Науджидза (а) и Шахдаг (б): фрагменты мозаик космоснимков Google Earth 21 июля 2007 г. и 3 июня 2009 г.

лине р.Козыдон в 2008 г., началось его наступание. С 2010 по 2014 г. ледник продвинулся на 12 м.

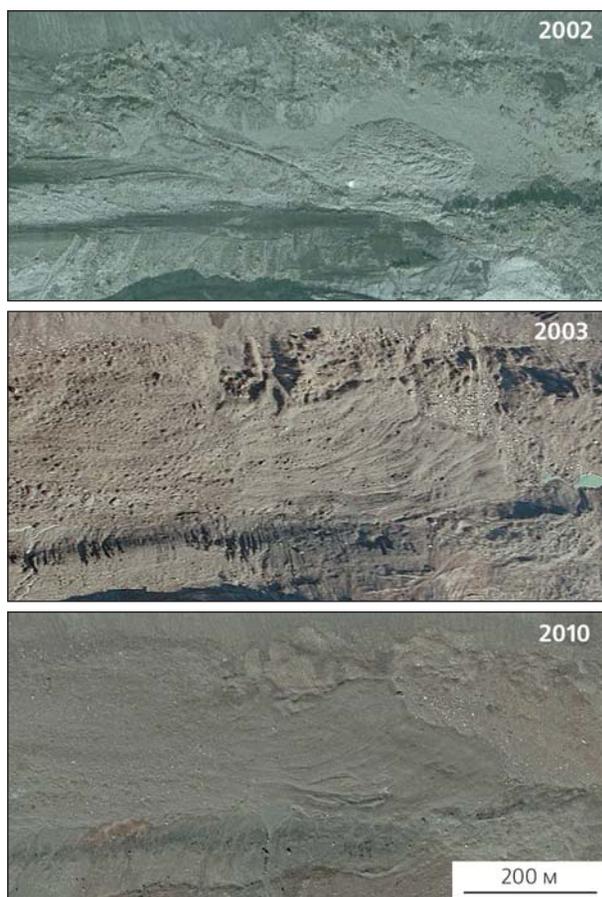
В некоторых случаях обвальные массы уносились за пределы ледников и аккумулировались на днище речных долин. В зоне транзита обвалов Джелярского ледника и ледника Четырех на отдельных наиболее крутых участках отложения обвальных масс не происходило. Часть материала Джелярского обвала попала на склон соседней долины на расстоянии 2,4 км от места отрыва.

Свежие обвалы выявлены на склонах долин, не покрытых ледниками, но поблизости от них — в долине р.Гвандра в Грузии (около ледника Гондарай Южный) и в верховьях долины р.Хварши в Дагестане (около ледника Осука).

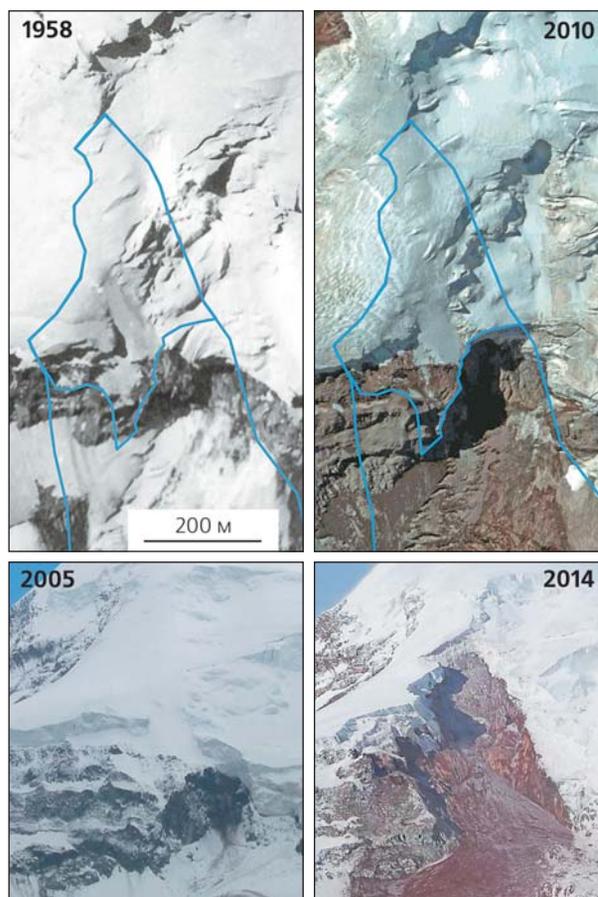
На всем протяжении южного склона Скалистого хребта выявлено три участка со свежими обвалами. Особенность обвалов с вертикальных обрывов состоит в том, что блоки коренных пород с большой силой ударяются о подножие склона, срывают целые массивы склоновых отложений и вовлекают их в обвальный процесс.

Обвалы на склонах Казбекско-Джимарайского массива

Изучение космических снимков позволило уточнить некоторые факты всем известной ледниковой катастрофы, случившейся в 2002 г. в Геналдонском ущелье. Во многих публикациях, посвя-



Днище цирка ледника Колка до и после посткатастрофического обвала, случившегося в 2002 г., на снимках Google Earth (2002, 2010) и вертолетном снимке И.В.Галушкина (2003).



Зона отрыва Девдоракского обвала 2014 г. на аэрофото-снимке (1958), на снимке Google Earth (2010), на наземной фотографии (2005) и на снимке с вертолета (2014).

щенных этой теме, упоминаются морфологические образования, названные «муравьиными кучами». Они характеризуются как «небольшие холмики мелкодисперсного грунта высотой от 0.5 до 5.0 м без ледяного ядра», занимающие около половины площади вместилища ледника Колка [8]. Существуют разные мнения об их происхождении. Предполагается, что они могли сформироваться в результате таяния остатков перемещенного льда [9], термокарста [7], неравномерного таяния многочисленных ледяных обломков, оставшихся на ложе после ухода ледника [6], или таяния крупных обломков ранее многолетнемерзлых, тектонически раздробленных горных пород из зоны обвала [2].

Сравнение разновременных космических и вертолетных снимков позволило сделать вывод, что «муравьиные кучи» — это рельеф поверхности отложений обвала, произошедшего уже после схода ледника Колка, а именно между 17 и 19 октября 2002 г. (на снимке от 25 сентября 2002 г. чехол обвальных отложений с «муравьиными кучами» еще отсутствует). Он стал самым значительным из посткатастрофических обвалов. Дальность выбро-



Отложения обвала на днище цирка ледника Колка.

Фото InfoTERRA



Отложения в зоне транзита Девдоракского обвала. 12 июня 2014 г.

Фото Е.А.Савернюк

са обломков составила 3460 м. Выделяются две генерации обвала: нижняя с меньшим количеством «муравьиных куч» и верхняя со сплошным покровом из них.

Особенность таких крупных обвалов в том, что масса обломков, летящая с большой высоты по наклонной плоскости, при выходе в основную доли-

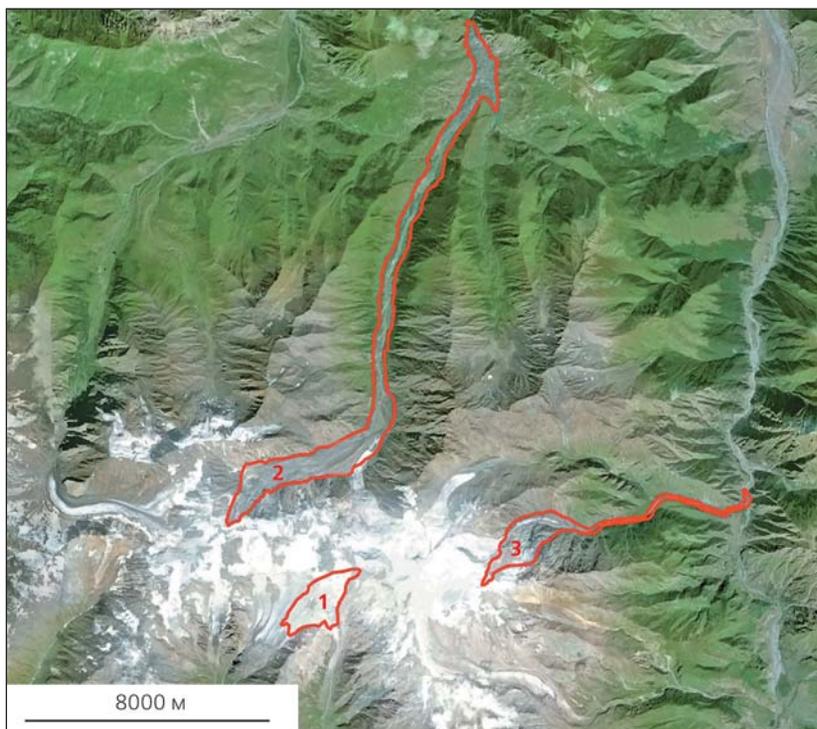
ну и крутом повороте не оказывает деформирующего воздействия на поверхность днища долины, а «скользит» по ней и продолжает движение вниз.

Еще один обвал на склоне горы Казбек произошел 17 мая 2014 г. на Девдоракском леднике [5, 11, 12]. Глазомерная оценка, которую мы провели во время маршрутного обследования с 10 по 12 июня 2014 г., показала, что в зоне транзита и аккумуляции объем отложений составляет порядка 2,5 млн м³. Путем анализа фотоматериалов определены плановые параметры ниши отрыва обвала. Площадь ее проекции составила около 80 тыс. м². Объем отложений в зоне отрыва и на начальном участке движения обвала до языка ледника и заплеска на противоположный борт еще предстоит оценить. В рельефе отложений Девдоракского обвала встречаются скопления мелкохолмистых образований, подобных «муравьиным кучам» на ложе сошедшего ледника Колка.

Наибольшая активность обвальных процессов проявилась в районе Казбекско-Джимарайского массива в конце XX — начале XXI в. И если в случае Геналдонского обвала можно утверждать, что в ближайшем будущем, пока не восстановится ледник Колка, новых катастроф не предвидится, то в отношении других участков такого сказать нельзя.

Камнепады в долинах рек Наратлы и Козыдон

Сравнение аэрофотоснимков и космоснимков долины р.Черек Безенгийский за 1957—2014 гг. показало активизацию обвальных процессов в районе его притока — р.Наратлы [14]. Современное потепление климата приводит к повышению теплового воздействия на многолетнемерзлые рыхлообломочные породы и раздробленные коренные граниты на левом склоне долины. В результате с 2003 г. по настоящее время здесь протекает непрерывный обвально-осыпной процесс. Его следствием стало образование



Зоны поражения обвальными процессами с Казбекско-Джимарайского массива: 1 — обвал на леднике Суатиси в 90-х годах XX в.; 2 — обвал ледника Колка 20 сентября 2002 г.; 3 — Девдоракский обвал 17 мая 2014 г.

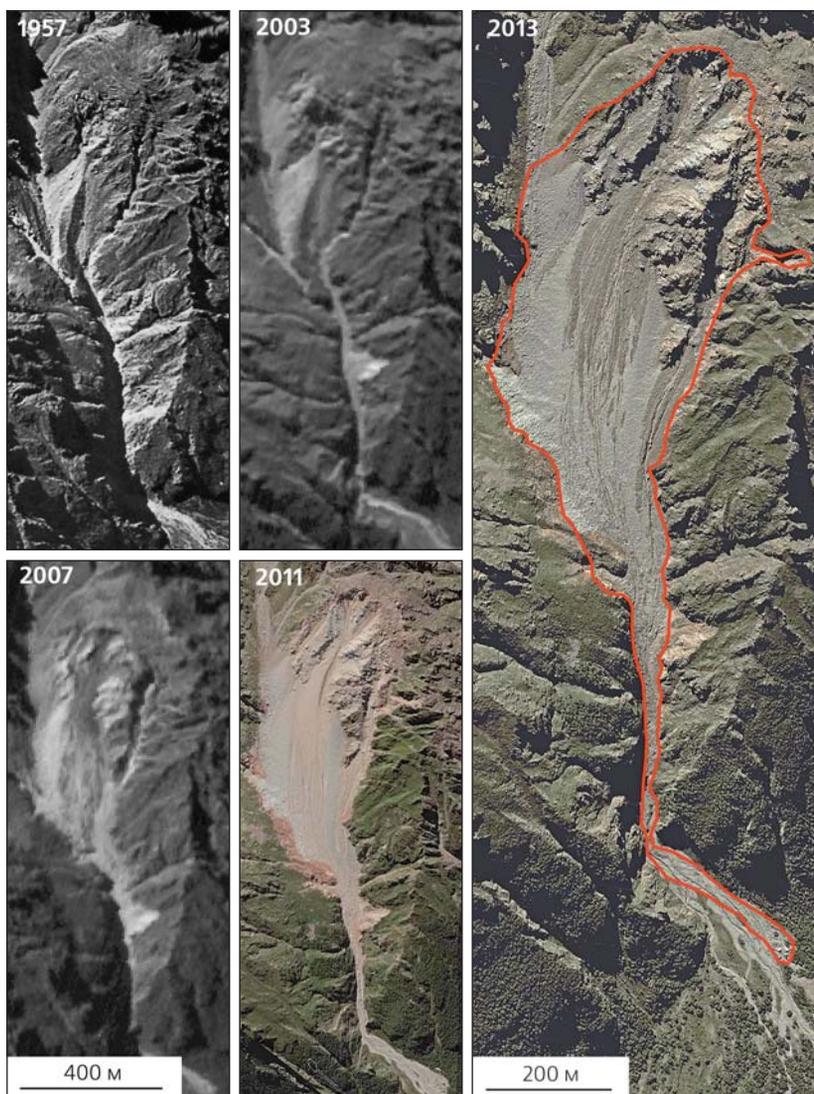
мощного конуса коллювиальных отложений протяженностью около 800 м и шириной основания около 600 м. Бровка отрыва обвалов за это время сместилась вверх по склону на расстояние 240 м с превышением около 180 м. Сравнение современного рельефа с картой показало, что мощность отложений на отдельных участках достигает 40–50 м. Дальность выброса наиболее крупных глыб достигала 1.5 км при среднем угле наклона 30.7° . Как следствие обвального процесса в этом ущелье активизировались селевые потоки, угрожающие грунтовой автодороге, которая ведет к альплагерю «Безенги».

Похожий процесс сегодня протекает в долине р.Козыдон, на правом склоне цирка ледника Козицете, где за четыре года площадь поражения обвальными процессами увеличилась в пять раз. В будущем число обвалов здесь будет только расти.

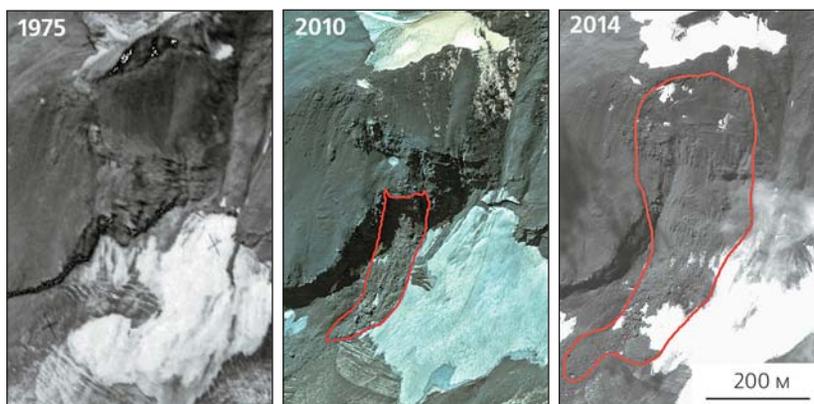
* * *

Наши исследования показали, что в XXI в. обвальные процессы в высокогорной зоне Кавказа активизировались. Произошло это, видимо, из-за потепления климата и оттаивания мерзлых пород, а также в результате эндогенных процессов — активизации вулканической деятельности в Казбек-Джидарайском массиве. Обвалы случались на южном и северном склонах Главного Кавказского хребта, а также на склонах Бокового и Скалистого хребтов Северного Кавказа. На обвалоопасных участках катастрофы часто повторяются, и это может служить основанием для организации их мониторинга, особенно если в зоне возможного поражения расположены населенные пункты, хозяйственные объекты и рекреационные комплексы.

Катастрофические обвальные процессы, такие как ледово-каменные и ледниковые лавины, проявившиеся в районе Казбекско-Джидарайского массива и в Харгабахском ущелье,



Динамика обвальных процессов в долине р.Наратлы: 1957 г. — аэрофотоснимок; 2003 и 2007 гг. — космические снимки «IRS 1C/1D»; 2011 и 2013 гг. — фрагменты мозаик космоснимков Google Earth.



Обвальные процессы на правом склоне цирка ледника Козицете в 1975 г. (аэрофотоснимок), в 2010 г. (космический снимок «WorldView-2» 22 сентября 2010 г.) и в 2014 г. (космический снимок «Pleiades-1» 17 августа 2014 г.).

до настоящего времени не включены в нормативные документы (СНиПы и СП), посвященные инженерной защите территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов [20]. В «Перечне опасных процессов» фигурируют только обвалы без участия воды. Даже в таблице зарегистрированных проявлений опасных геоло-

гических процессов отсутствуют данные о них в республиках Северного Кавказа.

Для своевременного выявления обвальной опасности необходима организация аэрокосмического мониторинга и систем оповещения об обвалах. Кроме того, важно продолжать исследования следов обвалов, происходивших в прошлом. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 14-05-00768 и 15-05-08694).

Литература

1. Разумов В.В., Разумова Н.В. Обвально-осыпные процессы на территории Северного Кавказа // Геориск. 2013. №1. С.44–52.
2. Васильков И.М. Ледово-каменные обвалы и их прогнозирование. Опыт Геналдонской катастрофы, Центральный Кавказ. Saarbrücken, 2011.
3. Докукин М.Д., Савернюк Е.А. О возможности оценки угрозы каменных лавин (на примере долины р.Харгабах, Чеченская Республика) // В мире научных открытий. Красноярск, 2010. Вып.3 (09). Ч.4. С.146–151.
4. Докукин М.Д., Савернюк Е.А. Характерные геоморфологические признаки каменных лавин // Труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 10-летию со дня создания Владикавказского научного центра РАН и Правительства РСО-А «Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа». Владикавказ, 2010. С.171–179.
5. Дробышев В.Н., Торчинов Х.-М.З., Тутубалина О.В., Хубаев Х.М. Основные топогеодезические параметры и кинематика Девдоракского обвала 17 мая 2014 года // Вестник ВНИЦ РАН. 2014. Т.14. №4. С.30–41.
6. Котляков В.М., Рототаева О.В., Осокин Н.И. Пульсирующие ледники и ледниковая катастрофа на Северном Кавказе // Вестник ВНИЦ РАН. 2004. Т.4. №3. С.65–71.
7. Никитин М.Ю., Гончаренко О.А., Галушкин И.В. Динамика и стадийность развития Геналдонского ледово-каменного потока на основе дистанционного анализа // Вестник ВНИЦ РАН. 2007. Т.7. №3. С.2–15.
8. Петраков Д.А., Тутубалина О.В., Черноморец С.С. По следам Геналдонской катастрофы: год спустя // Криосфера Земли. 2004. Т.VIII. №1. С.29–39.
9. Петраков Д.А., Дробышев В.Н., Алейников А.А. и др. Изменения в зоне Геналдонской гляциальной катастрофы в период 2002–2010 гг. // Криосфера Земли. 2013. Т.XVII. №1. С.35–46.
10. Познанин В.Л. Механизмы селевых ледниковых катастроф: Колка 2002. М., 2009.
11. Тавасиев Р.А. Катастрофические обвалы с ледника Девдорак // Вестник ВНИЦ РАН. 2015. Т.15. №1. С.50–57.
12. Черноморец С.С. Новый «Казбекский завал» 17 мая 2014 года // Природа. 2014. №7. С.67–72.
13. Тавасиев Р.А. Природная катастрофа обошлась без жертв // Северная Осетия. 2008. 9 октября. №186 (25237). С.4.
14. Докукин М.Д., Черноморец С.С., Сейнова И.Б. и др. О селях 2011 года на северном склоне Центрального Кавказа // Геориск. 2013. №2. С.30–40.
15. Докукин М.Д. О каменной лавине в районе ледника Бартуйцете (Центральный Кавказ) // Известия ВГО. 1988. Т.120. Вып.4. С.348–353.
16. Запорожченко Э.В., Черноморец С.С. История и изученность Казбекских завалов // Вестник Кавказского горного общества. 2004. №5. С.33–54.
17. Динник Н.Я. Горы и ущелья Терской области // Записки КОИРГО. 1884. Кн.13. Вып.1. С.1–48.
18. Rogozhin E.A., Gurbanov A.G., Marakbanov A.V. et al. Ancient earthquake dislocations in area of Elbrus volcano, North Caucasus // Russian Journal of Earth Sciences. 2004. V.6. №4. P.293–309.
19. Савернюк Е.А. Особенности распознавания отложений каменных лавин // Труды ВГИ. 2014. Вып.98. С.52–60.
20. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003. М., 2012.

Гул Земли и паровозный гудок

А.М.Портнов,

доктор геолого-минералогических наук

Российский государственный геологоразведочный университет им.С.Орджоникидзе
Москва

Иногда Земля начинает гудеть. Над городами и поселками раздается мощный низкий гул или скрежет. Он сходен с гудением самолета, поезда, большого океанского лайнера и неизменно наводит на людей ужас. Низкочастотный могучий рев планеты не находит научного объяснения. Этот страшный звук неизвестного происхождения рождается то ли небом, то ли преисподней. Он загадочен, вызывает панику и напоминает о гласе Божьем, Апокалипсисе и конце света.

Земля действительно гудит

Исследователь В.А.Симонов в книге «Апокалипсис наступит завтра» (М., 2006) уделил много внимания вариантам конца света, симптомами которого, по его мнению, служат мобильность твердого ядра Земли, движение масс в жидком ядре и аномально быстрое смещение магнитных полюсов. Следствием таких глубинных процессов он считает и гул Земли.

Симонов приводит наблюдение знаменитого немецкого натуралиста Александра фон Гумбольдта, описавшего грохот на море в феврале 1803 г.: «Весь экипаж судна услышал странный шум, похожий на бой барабанов и звук, словно от сильно кипящей воды... Шум длился более двух часов». В 1896 г. журнал «Nature» поместил заметку путешественника Б.Скотта, который слышал как бы грохот пушек в пустынной дельте Ганга.

Подобный грохот отмечали в XIX в. на островах Адриатики, на Гаити, в Италии и в России — в Тюменской обл. Океанографы Новой Зеландии и США в наше время с помощью гидрофонов записали громкие «стоны» Земли, исходившие из глубоководных впадин Тихого океана.

В последние годы подобные явления стали отмечаться чаще. Особенно ими был богат январь 2012 г. Тогда сильный подземный гул услышали в Бельгии, Венгрии (в Будапеште), Германии, Дании (в Копенгагене), Канаде, Польше, России (в Ростове-на-Дону), США (в Чикаго и в штате Флорида), на Украине (в Киеве и Одессе), в Чехии (Праге) и Шотландии. В Баку 28 января 2012 года жители были сильно напуганы подземным ревом, треском и скрежетом. Но землетрясения не про-

изошло. Лишь иногда дрожали стекла в окнах. Сейсмоприемники оставались в покое. Значит, глубинных подвижек не было. Звук возник на относительно малой глубине и не мог быть связан с «апокалиптическими» движениями ядра планеты. Иногда гудение Земли, очень похожее на шум поезда или самолета, сопровождается мелкофокусными землетрясениями.

Подобный гул (обычно низкочастотный, вплоть до инфразвука) многократно записывался и анализировался. Ближе всех к истине оказался Гумбольдт. По его мнению, звук походил на шум кипящей воды в момент, когда происходило парообразование и пар отрывался от жидкости.

Гул священной горы Кайлас

Где и как может возникать такой звук?.. В списке районов я не упомянул еще одно место, где присутствует загадочный гул, — священную гору в Гималаях под названием Кайлас (Кайлаш). Высота ее относительно небольшая. Но.. она неоднократно измерялась, и результаты странным образом колебались от 6638 до 6890 м. Казалось, что гора то подпрыгивала, то проседала. Паломники считают высоту Кайласа мистической — 6666 м. Неоднозначные определения высот имеются и у гималайских восьмитысячников. Вероятно, здесь имеет место глубинная «усадка» пластичных глинистых толщ.

Вид горы Кайлас с самолета необычен: кажется, что на овальном блюде стоит гигантская четырехгранная пирамида, грани которой ориентированы по странам света. Ни один альпинист не поднялся на Кайлас, хотя попыток было много. По разным причинам все возвращались, до вершины не дошел никто. Возможно, на спортсменов отрицательно действовал инфразвук. Вокруг пирамиды идет священная тропа Кора длиной 53 км, которую ритуально проходят паломники. В пещерах близ тропы можно услышать звучание недр. Оно записано, и ровный низкий гул в пещере Духов легко найти в Интернете.

Опытный гималайский путешественник и заслуженный врач РФ профессор Э.Мулдашев так и не смог поверить, что Кайлас — создание природы. Эмоциональный человек, полный фантастических идей, он и сейчас в своих книгах пишет, что здесь высятся гигантская древняя рукотворная пи-



Гора Кайлас, имеющая форму пирамиды, стоит на «блюдце» из разломов, окружающих вершину.



Пирамидальная вершина Кайласа, сложенная горизонтальными слоями глинистых сланцев и песчаников.

рамида. Однако на фотографиях отчетливо видно геологическое строение горы: от подошвы до вершины горизонтально залегают осадочные породы. Внизу мощная толща глинистых сланцев, затем — пласт песчаников и снова — сланцы. Кайлас кольцом окружают разломы, вертикальные плоскости движения которых оставили на склонах гигантские отполированные «зеркала скольжения» высотой до 800 м. Разломы и слои пород образуют на грани пирамиды фигуру, похожую на свастику. Внизу по зоне разломов и проложена тропа Кора.

Гряда Гималаев очень молода, она поднялась всего 8—10 млн лет назад. Вершина Кайлас стоит в центре гряды на фундаменте из богатых водой зеленовато-серых глинистых сланцев. Они на десятки километров вдавлены по



Космический снимок Гималаев с положением горы Кайлас (слева) и ее пирамидальная вершина.

разломам под основание гор. Из разломов вдоль тропы бьют горячие гейзеры. Геологическая модель местности проста. Здесь-то и кроется, на мой взгляд, разгадка причины гудения на горе Кайлас и, возможно, на всей Земле.

Глубинные процессы и изотопный состав воды

Известно, что вода состоит из различных изотопов кислорода и водорода. Они легко разделяются при кипении, причем тяжелые изотопы ^{18}O и ^2H (дейтерий) остаются в воде, а легкие ^{16}O и ^1H переходят в пар, дождь, снег и лед. Минералы земной коры обычно обогащены тяжелыми изотопами ($d^{18}\text{O} = 5-20\%$), что указывает на их кристаллизацию из нагретой воды.

Но в последние годы обнаружены глубинные метаморфические минералы (измененные за счет

глинистых осадочных пород), обогащенные легкими изотопами. К ним, в частности, относятся корунд-гранат-биотитовые глубоко метаморфизованные гнейсы чупинской свиты архея, в которых установлены значения $\delta^{18}\text{O}$ от -4 до -26% , а δD достигает -216% [1–3]. Минимальные значения отмечались в гранате и корунде Хитострова (Северная Карелия), а также в рутиле, силлиманите, титаногематите и других метаморфических минералах из кристаллических сланцев Юго-Западного Забайкалья. Аналогичные аномалии обнаружены также в минералах метаморфических толщ Антарктиды, Новой Зеландии, Центрального Китая. Все эти минералы отличаются высокой плотностью и образуются при перекристаллизации водосодержащих глин на глубине в десятки километров.

Геологи, установившие легкие изотопы в метаморфических минералах, обычно считают, что глины десятки и сотни миллионов лет назад пропитались дождями прошлых эпох или талыми во-



Метаморфические минералы, возникающие при изменении глин: крестообразный двойник ставролита (слева) и голубой дистен.

дами древнейших ледников и сохранили эту «легкую» воду [1–4]. Но, по моему мнению, изотопный состав такого подвижного вещества, как вода, в течение долгого геологического времени не может оставаться неизменным.

На глубине 15–20 км легкие водосодержащие минералы глин (плотностью 1.8–2.6 г/см³) превращаются в тяжелые метаморфические минералы (плотностью 3.0–5.2 г/см³). При этом возникают локальные градиенты давлений. Вокруг новообразованных минералов с высокой плотностью создаются области пониженного давления, и в глинистом субстрате с низкой плотностью образуются зоны усадки и пониженного давления, т.е. возникают условия для концентрации вскипающего флюида (пара). Новые метаморфические минералы вырастают в глинистой капсуле, как в яйце, пропитанном паром с легкими изотопами [5].

Е.А.Козловский, министр геологии СССР (1975–1989), председатель Межведомственного научного совета ГКНТ СССР по проблемам изучения недр Земли и сверхглубокого бурения (1974–1989), организатор бурения глубочайшей (12 262 м) Кольской скважины, отмечал, что во всех глубоких скважинах мира установлены непредсказуемые изменения теплового потока, связанные с фильтрацией водяного пара. При этом микрофоны передавали с глубины странные звуки, которые «желтой прессой» интерпретировались как «шум ада» и «вопли грешников».

Возможно также, что за счет усадки глин, роста кристаллов и давления пара горы способны менять свою высоту. Это явление не изучалось, но современные лазерные методы измерений способны его установить. Форма пирамиды Кайласа не случайна. Гора похожа на молодой белый гриб, проткнувший землю. Такие структуры протыкания, ограненные разломами, в Гималаях мо-

гут объясняться мощным сжатием земной коры Индийским субконтинентом, неудержимо ползущим на север.

Рев пара на благо человечества

Движение континентов и уменьшение давления при переходе мощных пластов глин в тяжелые минералы вызывают в недрах сильное парообразование и подземный гул. Насколько он силен? В звуковых способностях пара убедился английский инженер Г.Стефенсон, построивший скоростной паровоз «Ракета». В 1830 г. под него попал член английского парламента В.Гескинсон. Он стал первой жертвой железнодорожного транспорта. Лocomотиву был нужен звуковой сигнал. Стефенсон разработал мощный паровой гудок в виде высокой расширяющейся трубы, который установил на паровозе с библейским названием «Самсон».

Труба издавала такой чудовищный низкочастотный рев, что ее пришлось впоследствии заменить паровым свистком. Но он тоже вызывал ужас, хотя и помог спасти сотни и тысячи людей. Оказалось, что сжатый пар, вырываясь из котла, создает при расширении грозный рев. Однако и свисток оказался крайне расточительным. Было подсчитано, что 65 тыс. паровозов США только в 1924 г., гудя по полчаса в сутки, выбросили в воздух 50 млн т воды и сожгли 5 млн т угля!

Итак, оценивая рев Земли как возможный индикатор апокалипсиса, мы приходим к выводу, что этот гул означает только подземный круговорот воды в природе и не более страшен, чем иерихонская труба XIX в., установленная на паровозе «Самсон». Человечество, как ребенок, боится неизвестного. Нас пугает шум невидимого пара в недрах Земли, но восхищает грозный грохот танков на брусчатке Красной площади. ■

Литература

1. *Высоцкий С.В., Игнатъев А.В., Яковенко В.В. и др.* Аномально легкий изотопный состав кислорода минералов корундоносных образований Северной Карелии // Докл. АН. 2008. Т.423. №1. С.85–88.
2. *Высоцкий С.В., Игнатъев А.В., Левицкий В.И. и др.* Новые данные по стабильным изотопам минералов корундоносных образований Северной Карелии (Россия) // Докл. АН. 2011. Т.439. №1. С.95–98.
3. *Яковенко В.В.* Изотопно-геохимическая систематика корундов и их генезис. Автореф. дисс...канд. г.-м.н. Владивосток, 2013.
4. *Bindeman I.N., Serebryakov N.S.* Geology, petrology and O and H isotope geochemistry of remarkably ¹⁸O depleted Paleoproterozoic rocks of the Belomorian Belt, Karelia, Russia, attributed to global glaciation 2.4 Ga // Earth and Planet. Sci. Let. 2011. V.306. P.163–174.
5. *Портнов А.М., Ерофеева К.Г.* Локальный градиент давлений как возможный фактор концентрации изотопов ¹⁶O и ¹H при метаморфизме // Известия вузов. Геология и разведка. 2015. В печати.

Уникальный мамонт с берега моря Лаптевых

Харламова А.С.,

кандидат биологических наук
Институт морфологии человека РАН

Мащенко Е.Н.,

кандидат биологических наук
Палеонтологический институт им. А.А.Борисяка РАН
г. Москва

Специалисты Института морфологии человека РАН впервые в истории исследований вымерших животных изучили головной мозг шерстистого мамонта (*Mammuthus primigenius* (Blumenbach, 1799)), жившего более 35 тыс. лет назад. Статья с подробным описанием методов исследования и первыми результатами этой работы была опубликована в специализированном научном издании «Quaternary International»*. Уникальная по значимости находка останков ископаемого животного была сделана в конце лета 2010 г. на севере Усть-Янского улуса Якутии. На побережье моря Лаптевых, в Ойягосском яру, в мерзлых отложениях конца плейстоценового периода, возраст которых превышал 35 тыс. лет, члены родовой общины, принадлежащей к одному из малочисленных коренных народностей Севера России — юкагирам, нашли мумифицированный труп некрупного мамонта. У животного прекрасно сохранились хобот, уши, хвост, шкура, стопы и шерсть на части туловища и конечностях. Его обнаружили случайно во время традиционного местного промысла — сбора бивней мамонтов, вытравливающих летом из древних отложений.

С берега моря находку транспортировали для хранения в ледник общины, в пос. Юкагир, а в ноябре 2011 г. передали в Отдел изучения мамонтовой фауны Академии наук Республики Саха (Якутия). В феврале 2012 г. в Якутске состоялся международный семинар по исследованию ископаемых палеонтологических объектов, в работе которого участвовали специалисты из шести стран.

Как оказалось, найденный юкагирами мамонт — молодая самка, подросток небольшого размера. Высота ее тела не превышала 165 см, а вес приближался к 500 кг. Этот факт сам по себе уника-

лен — история палеонтологии знает лишь несколько случаев обнаружения останков неполовозрелых особей, а труп шерстистого мамонта пубертатного возраста был выявлен впервые. Согласно традиции давать имена особо значимым находкам мамонт с побережья моря Лаптевых получил имя Юка — по названию народности, к которой принадлежали его первооткрыватели.

Первые подробности изучения вымершего животного уже представлены более чем в 15 научных публикациях у нас и за рубежом, доложены на российских и международных палеонтологических конференциях в США (2012, 2013) и Греции (2014). В исследованиях на базе Академии наук Саха (Якутия) участвуют специалисты России, США, Нидерландов, Дании, Японии, Южной Кореи и ЮАР.

На начальном этапе много споров вызвал вопрос об индивидуальном возрасте животного. Палеонтологи с большой точностью определяют его по смене зубов и степени стирания пластинок, из которых состоит коронка зуба мамонтов. Дело в том, что у шерстистых мамонтов, как и у современных слонов, жевательные зубы не прорезываются все сразу, они меняются последовательно в течение жизни: смена за сменой. Чтобы точно установить смену зубов Юки, сотрудник Академии наук Якутии, доктор биологических наук Г.Г.Боесков провел компьютерную томографию черепа. С ее помощью не только определили возраст Юки (около 6—9 лет), но и обнаружили сохранившийся внутри головной мозг. Это открытие перевело находку из уникальных в единственную в своем роде. В истории исследования останков животных из вечной мерзлоты еще ни разу не удавалось обнаружить сохранившуюся в виде оформленной структуры нервную ткань. До этого внутри полости черепа лучших образцов находили только бурую неструктурированную массу (а иногда ничего не находили, мозговая коробка была пустой). Таким образом, это открытие стало первым в истории палеоневрологии. Еще более удивительным было то, что компьютерная рентгеновская томография дала возможность диффе-

* Kharlamova A., Saveliev S., Kurtova A. et al. Preserved brain of the Woolly mammoth (*Mammuthus primigenius* (Blumenbach, 1799)) from the Yakutian permafrost // *Quaternary International*. 2014. Doi: 10.1016/j.quaint.09.073



Черепная коробка с мозгом Юки в твердой оболочке (без крыши черепа).

ренцировать некоторые внутренние структуры мозга животного.

На этой стадии к работе подключились нейроанатомы во главе с известным специалистом по мозгу профессором С.В.Савельевым (Институт морфологии человека РАН). Ученые приняли решение извлечь головной мозг Юки из черепа, предварительно зафиксировав его. Поскольку это была первая подобная находка, предположить степень сохранности нервной ткани и последствия консервации стандартными гистологическими методами не представлялось возможным. Между тем в мировой практике известны методы консервации ткани человеческих мумий для дальнейших гистологических, электронно-микроскопических, биохимических и даже иммуно-гистохимических исследований. Однако эти находки были гораздо моложе Юки, геологический возраст которой приближался к 40 тыс. лет*.

В марте-феврале 2013 г. один из лучших таксидермистов Якутии, сотрудник Якутского государственного объединенного музея истории и культуры народов Севера им.Ем.Ярославского И.И.Павлов провел фиксацию мозга Юки в консервирующем растворе проточным методом. После чего в конце февраля череп вскрыли, извлекли оттуда мозг с оболочкой и отправили его в Москву.

Сохранность древнего образца, конечно, была неидеальной. Мозг мамонта оказался сжатым в результате процессов мумификации, однако не так сильно, как следовало бы ожидать, исходя из имеющихся знаний о находках мумифицированного головного мозга человека. Рисунок борозд полу-

шарий большого мозга был сглажен из-за сжатия ткани. Лучше сохранился мозжечок. Сами ткани имели коричнево-бурый цвет.

В процессе исследования правая часть большого мозга и мозжечка Юки была анатомирована: кроме того что изготовление анатомических срезов — стандартная процедура при морфологическом описании, ученых интересовала реальная сохранность тканей после фиксации и транспортировки. С этими же целями перед анатомированием провели повторную компьютерную и магнитно-резонансную томографию мозга в Москве на базе НИЦ «Курчатовский институт». Несколько образцов ткани правого полушария большого мозга, мозжечка и твердой оболочки взяли для гистологических и электронно-микроскопических исследований. Как и в случае с образцами других тканей мамонта, сохранившимися в вечной мерзлоте, никаких остатков клеток или их ядер обнаружено не было. Лучшее всего сохранились коллагеновые волокна твердой оболочки мозга, хорошо идентифицированные электронно-микроскопическим методом.

По результатам компьютерной томографии удалось дифференцировать белое и серое вещество большого мозга Юки, определить крупные проводящие тракты, гиппокамп, подкорковые структуры переднего мозга, область расположения таламических ядер, верхние и нижние холмики крыши среднего мозга и т. д. Некоторые структуры были измерены количественно, что открыло возможность для сравнения с аналогичными структурами головного мозга современных млекопитающих, в том числе африканского слона. Как оказалось, головной мозг шерстистого мамонта имеет много общего с мозгом современных слонов. И сейчас это не просто догадки, а вывод, основанный на полноценном сравнительно-анатомическом исследовании. До недавнего времени подобное детальное изучение мозга вымершего вида казалось фантастикой.

Следующий шаг — реконструкция борозд и извилин большого мозга Юки. Кора большого мозга — эволюционно наиболее молодая и индивидуально изменчивая структура. Возможно, именно она позволит найти значимые морфологические отличия между представителями таких близких в филогенетическом отношении родов, как шерстистые мамонты, азиатские и африканские слоны.

Значение находки юкагиров для науки сложно переоценить. Теперь ученые могут с большей надеждой на успех искать сохранившиеся в качестве единой анатомической структуры остатки нервной ткани из вечной мерзлоты. Уже обнаружен мумифицированный мозг первобытного бизона (*Bison priscus* Vojanus, 1827), найденного в августе 2011 г. на северо-западном берегу оз.Чукчалах примерно в 100 км от места находки мамонта Юки. Есть и другие находки крупных млекопитающих, сохранность которых допускает возможность обнаружения головного мозга древнего животного. ■

* Boeskorov G.G., Protopopov A.V., Mashchenko E.N. et al. New findings of unique preserved fossil mammals in the permafrost of Yakutia // Doklady biological sciences: proceedings of the academy of sciences of the USSR. Biological sciences sections. 2013. V.452. P.291—295.

Физика магнетизма Уильяма Гильберта

Р.Н.Щербаков,
доктор педагогических наук
Таллин (Эстония)

Во все времена госпожа история имела как своих любимчиков, так и тех (даже великих художников и поэтов, ученых и изобретателей), кого она по целому ряду причин не жаловала при жизни, а после их смерти безжалостно выбрасывала из своей памяти, подчас забывая о них на века.

Среди забытых временем оказался и выдающийся английский физик Уильям Гильберт (1541—1603), изучавший в конце XVI в. магнетизм и электричество. Его сочинение «О магните, магнитных телах и о большом магните — Земле» особого впечатления на мыслящую часть общества не произвело (за исключением Ф.Бэкона, Г.Галилея, И.Кеплера и Р.Декарта), не было оно оценено по достоинству и в будущем, не оказав в итоге заметного влияния на развитие наук.

А между тем без добытых им фактов, подчас наивных толкований и заблуждений в области понимания природы магнетизма новые открытия случились бы нескоро. Признанием этой истины и тем самым исправлением ошибки самой истории стали многократные посмертные (с 1628 по 1956 г.) переиздания его труда «О магните» и та высокая оценка, что была дана его творчеству наукой нашего времени.

От медицины к естествознанию

Родился Уильям Гильберт 24 мая 1541 г.* в небольшом городке Колчестере в графстве Эссекс в семье главного судьи и члена городского совета. Здесь он окончил среднюю классическую школу и в 18 лет поступил в колледж Святого Иоанна в Кембридже для изучения медицины, проявив себя одним из самых способных студентов. Позже он продолжил образование, но уже в Оксфорде.

В 20 лет Гильберт получил степень бакалавра, в 24 — магистра философии, а в 25 — доктора ме-



Уильям Гильберт в возрасте 48 лет. Портрет работы неизвестного художника.

Wikipedia Iconographic Collections

дицины. Тогда же он совершил путешествие по континенту. Скорее всего, там ему и была присуждена степень доктора физики. Наличие ее подтверждает надгробная доска на его могиле: «...эсквайру и доктору физики...» [1, с.327]. Следовательно, к тому времени он уже получил и необходимую подготовку по физике.

В 1570 г. Гильберт на три года приезжает в Италию, где знакомится с местными учеными: Дж.Б.Портой — создателем первой физической академии (*Academia secretorum naturae* — Академия тайн природы), изучающим оптику, магнетизм, кристаллографию, и П.Сарпи — автором ра-

* Общеизвестно, что У.Гильберт родился в 1544 г., но это противоречит надписи на алтаре в церкви Святой Троицы в Колчестере, где он был похоронен. Только родившись в 1541 г., Гильберт мог в 1603 г. умереть на 63-м году жизни.



Колледж Святого Иоанна в Кембридже, в котором, овладевая медициной, Уильям Гильберт провел свои студенческие годы.

бот по оптике, будущим другом Галилея. Возможно, как раз тогда Гильберт проводит первые самостоятельные исследования, за которые удостоивается ученой степени в области физики.

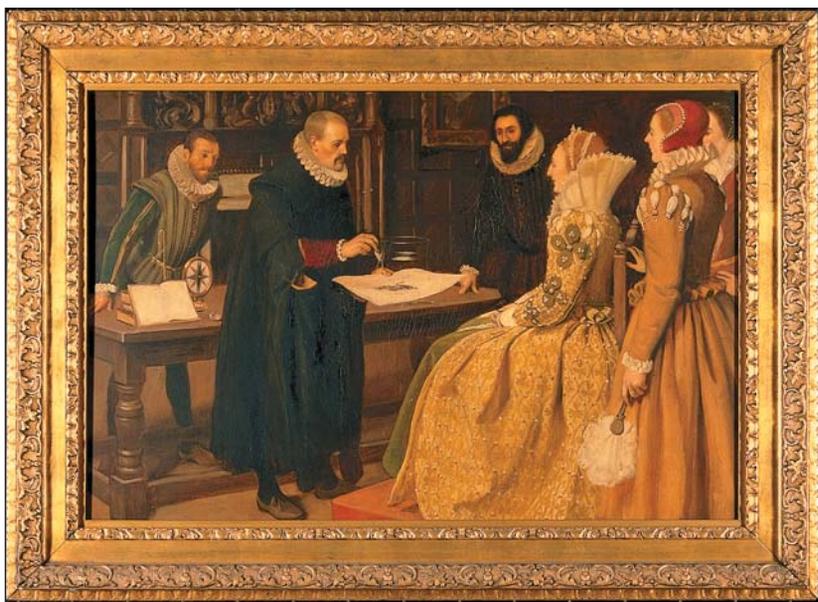
По возвращении домой он успешно занимается врачеванием, и со временем его избирают членом Королевского колледжа врачей с последующими постами инспектора, казначея, советника,

а затем и президента колледжа. Благодаря своей врачебной практике Гильберт приобретает в обществе уважение, а королева Елизавета Тюдор считает даже полезным в 1573 г. назначить его своим лейб-медиком.

С этого момента начался лондонский период жизни Гильберта. Прилежно исполняя обязанности придворного врача и легко завязывая дружеские связи, широко образованный не только в естественных науках, он скорее всего был знаком со многими знаменитостями Англии, в том числе с Ф.Бэконом и, возможно, с поэтами: уже известным, но еще не оцененным по достоинству У.Шекспиром и с Дж.Донном.

Основательно занимаясь медициной, Гильберт между тем увлекся химией, а потом и астрономией. Изучив литературу о движении планет, он становится поборником идей Н.Коперника и Дж.Бруно, со временем внося свое понимание силы притяжения между Солнцем и Землей. После смерти королевы он остается лейб-медиком, но уже при короле Якове I. Через семь месяцев жизнь ученого оборвется.

Деятельность Гильберта была в основном связана с медициной, занятия которой при-



Гильберт показывает королеве Елизавете Тюдор опыты по электричеству в 1598 г. Картина английского художника Эрнеста Боарда, 1912 г.

Wellcome Library

несли ему признание, материальное обеспечение, славу в обществе и при королевском дворе. Вместе с тем, последние 20 с лишним лет он наряду с врачебной практикой занимался важнейшими проблемами естествознания того времени, и главным образом вопросами магнетизма и электричества.

Именно свойства магнита и поведение магнитной стрелки в поле Земли поразили его воображение, существенно обогатив интеллектуальную жизнь врача. 300 лет спустя компас сыграет свою роль и в воспитании А.Эйнштейна. Но если Гильберта чудо магнетизма привело к поискам главных свойств этого явления путем постановки опытов, то Эйнштейна вместе с иными чудесами — к фундаментальным свершениям в понимании природы в целом [2].

Увлеченный магнетизмом, Гильберт обращается к литературе (от древних времен до современной ему) с ее бесчисленными мифами об удивительных свойствах магнита, знакомится с материалами о взаимодействии железа и магнита, о поведении магнитной стрелки в мореходстве. Кропотливая работа принесла ему основательные знания в этой области, в итоге настроив на будущие исследования.

Важную роль в понимании ученым специфики магнетизма и электричества сыграет его знакомство с такими книгами, как «Послание о магните» (1269) французского странника П.Перегринна, четырехтомная «Натуральная магия» (1558) Дж.Порта, которую Гильберт оценит весьма высоко, сочинение «Новый притягивающий» (1581) Р.Нормана, а также с данными наблюдений моряков, друзей Гильберта — Ф.Дрейка и Т.Кэвендиша.

По некоторым сведениям, Гильберт был неплохо осведомлен также в кузнечном деле и отдельных ремеслах своего времени. Сочетание опыта работы с веществом, приобретенного им при занятиях химией, с практическими навыками ремесленника позволило ему впоследствии эффективно решать конкретные задачи изготовления отдельных элементов приборов, нужных для постановки задуманных опытов.

Для будущих исследований ученого ценным было и то, что в силу своего характера он обладал обаянием, легко сходилась с людьми, независимо от того, были ли они членами королевской семьи или моряками-пиратами. А главное, это позволяло ему находить общий язык с естествоиспытателями, обсуждать

с ними волновавшие его отдельные вопросы науки и проблемы философии бытия в целом.

С каким багажом Гильберт приступил к своим исследованиям по магнетизму и электричеству? Он уже имел представление об особенностях работы в области физики, владел общими навыками практической работы с веществами и их компонентами, накопил немалые знания о свойствах обеих форм материи, был информирован о состоянии дел в науке и, таким образом, был готов к собственным экспериментам.

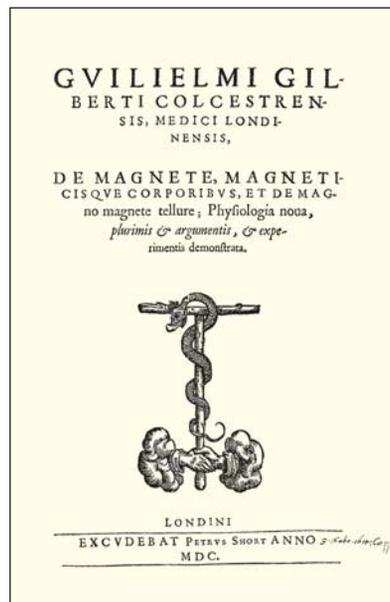
Позднее, прослышав о занятиях своего врача, королева посетила его лабораторию, хотя, вероятно, ее особо не интересовало, что ее современник закладывал основы экспериментального метода и науки о магнетизме и электричестве, причем за собственные деньги. А между тем еще при ее жизни усилия Гильберта как физика-экспериментатора привели его к выдающимся успехам в создании опытной базы физики магнетизма.

«И опыт, сын ошибок трудных...»

После того как Гильберт закончил свои 18-летние исследования, он в 1600 г. издал сочинение «О магните, магнитных телах и о большом магните — Земле», в котором не только проанализировал заслуги иных ученых и философов в этой области, но и представил проделанные им опыты, выводы, обобщения. В труде можно найти и предвидения, и не осознанные им ошибки в понимании магнетизма. В предисловии к книге он подчеркнул: *Знаю, как трудно придать старому новый вид, потускневшему — блеск, темному — ясность, надоевшему — прелесть, сомнительному — достоверность, но гораздо труднее закрепить и утвердить, вопреки общему мнению, авторитет за тем, что является новым и неслыханным. Мы, однако, об этом и не беспокоимся: ведь мы решили изложить нашу философию для немногих* [1, с.9].

С уважением упоминая своих многочисленных предшественников в изучении магнетизма, Гильберт не забывает при этом высмеивать «различные мнения и пустословие» о магните: *будто, если положить его под голову спящей женщины так, чтобы она об этом не знала, он сбрасывает с постели прелюбодейку. Или — будто магнит своим дымом и чадом приносит пользу ворам...* и т.д. [1, с.28].

В книге по мере изложения исторические факты о магните



Титульный лист лондонского издания «О магните» (1600).

Wikipedia General Collections

теряют актуальность и вытесняются исследованиями самого Гильберта, причем большая их часть посвящена опытам с магнитами, взаимодействию с железом с последующим выводом, что Земля — это природный магнит. Высказаны гипотезы о роли магнетизма в природе в целом и т.д. И только шестая часть труда рассказывает об электрических свойствах тел.

Так, Гильберт утверждал, что *есть два рода тел, притягивающих тела посредством движений, воспринимаемых нашими чувствами: тела электрические и магнитные. Электрические тела производят возбуждение естественными истечениями из влаги, а магнитные — формальными действиями или, скорее, первичными силами* [1, с.103]. При этом *электрическое движение есть движение сгущивания материи, магнитное же — располагающее и сообразующее* [1, с.97].

Ученый предлагал благородным мужам и философам, ищущим знания не только в книгах, но и в вещах, свое объяснение свойств магнита. При этом он подчеркивал достигнутую им убедительность полученных в итоге выводов *посредством истинных доказательств и опытов, прямо воспринимаемых нашими чувствами* [1, с.8], а также обоснованность введения им таких понятий, как «магнитная ось», «магнитные полюсы», «магнитные меридианы», «электрическая сила» и др.

Опираясь на них, Гильберт сформулировал теорию магнитных явлений, по которой у магнита есть два неразделимых полюса, разноименные полюсы притягиваются, одноименные отталкиваются. Если магнит распилить на две части, то у каждой из половинок образуется своя пара полюсов. Проводя опыт взаимодействия железного шара с магнитной стрелкой, он пришел к выводу, что Земля — это магнит, но ошибся в том, что

ее магнитные полюсы точно совпадают с географическими.

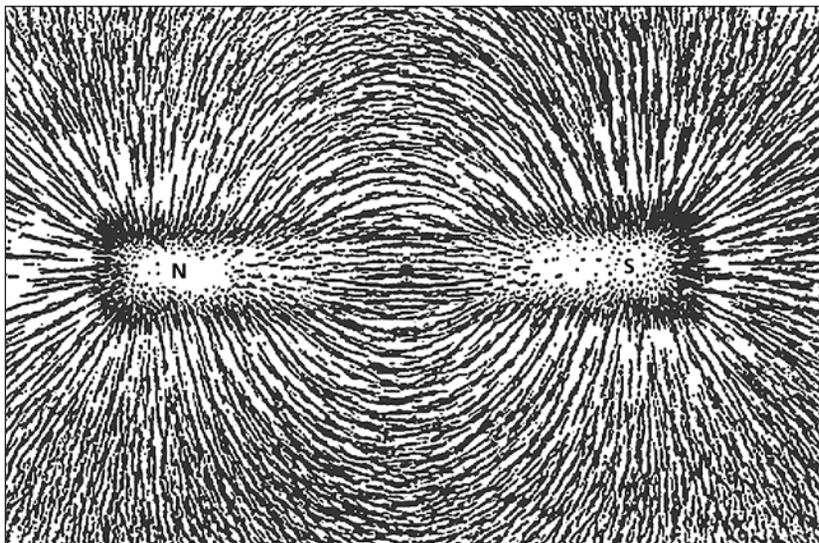
На основе последующих экспериментов с шаровым магнитом ученый замечает: *Мы открыли первичную существенную форму шаров... опираясь... на разные доказательства и на этот весьма точный чертеж магнитных сил, изливающихся из формы* [1, с.267], и в итоге он близко подходит к представлению о магнитном поле, тем самым предвосхищая более четкое представление о нем своего выдающегося и более удачливого в науке соотечественника М.Фарадея. Далее в труде мы читаем: *Хотя эта форма... не воспринимается нашими чувствами и... нашим разумом, она все же теперь ясно и очевидно предстает перед нашим взором благодаря этому формальному действию, которое исходит от нее подобно тому, как свет исходит от источника света* [1, с.267]. По мнению современных ученых, «представление о поле является настолько общим в физике, что работа Гильберта заслуживает большого признания уже за одно это понятие» [3, с.111].

Приближая затем магнит сверху и снизу к насыпанному на лист бумаги стальным опилкам и наблюдая за их поведением в разных точках, Гильберт наглядно продемонстрировал распределение магнитного поля в пространстве, окружающем полюса магнита. После этих экспериментов прошло уже более 400 лет, а школьники всего мира по сей день посредством гильбертовых опытов постигают начальные представления о полевой форме материи.

Вместе с тем Гильберт-врач не забывал о его лечебных свойствах. Анализируя рецепты излечения болезней магнитом, он чаще отрицает их пользу. Ученый подчеркивает тот вред, который наносят те, кто пишет об этом: *своими неясными соображениями они сковывают умы занимающихся наукой и здраво спорят о пустяках, основываясь в своей философии на качествах, неправильно принятых или допущенных* [1, с.65].

Гильберт обнаруживает, кстати, и явление магнитной индукции: брусок железа вблизи магнита тоже приобретает его свойства. Силу магнита можно увеличить с помощью железной арматуры. От действия магнита можно и загородиться перегородками железа, погружение же в воду не влияет заметным образом на притяжение к нему. Ученый заметил также, что удары по магнитам могут ослабить их действие.

Далее исследователь отметил, что *магнит от продолжительного пребывания в огне те-*



Картина силовых линий магнитного поля, создаваемого постоянным магнитом в форме стержня. Рисунок образован железными опилками на листе бумаги.

ряет присущую ему и врожденную силу притяжения и всякие другие магнитные силы. Причем, огонь разрушает магнитные силы в камне... потому, что стремительная сила пламени, разрушая материю, искажает форму целого... [1, с.105]. Тем самым им была создана опытная основа для будущих исследований.

Однако если бы книга «О магните» была вовремя переведена на французский язык, то с ней в нужный момент (т.е. в конце XIX и начале XX в.) смогли бы познакомиться П.Кюри, П.Вейс и П.Ланжевен. Возможно, тогда к своим открытиям магнитных свойств тел они пришли бы с заметно меньшими усилиями и затратами душевной энергии и много раньше, чем это имело место [4].

Из сочинения следует, что Гильберт соглашался с точкой зрения о наличии у магнита души, не считая такое ни слишком нелепым, ни проявлением буйного помешательства. Ведь магнит возбуждается, направляется и приводится во вращение той силой, которая... очень сходна с душой. Способность приводить в движение самого себя, по-видимому, указывает на присутствие души [1, с.107].

Важнейшим достижением в исследовании магнетизма стало открытие им земного магнетизма. Убежденный в том, что эксперименты могут послужить созданию основ натуральной философии Земли и науки о магнетизме, ученый, используя простейшие приспособления, проводит целую серию опытов и в итоге предлагает на обозрение философов новое неслыханное мнение о Земле [1, с.71].

Анализируя изменение поведения компаса в разных точках Земли, Гильберт выдвигает гипотезу о нашей планете как о природном магните. Для проверки этой идеи он применил модель земного шара, названную *terrella* — «землица» (т.е. малую копию Земли, выточенную из природного магнита), и прибор — *versorium*, представлявший собой намагниченную стрелку, свободно вращающуюся на малой подставке с острием.

Перемещая стрелку над всеми точками поверхности магнитного шара, он исследовал его магнитное поле, которое оказалось похожим на то, что имеется над Землей. На экваторе, т.е. на равных расстояниях от полюсов, стрелка принимала горизонтальное положение по отношению к поверхности шара, но чем ближе к полюсам, тем больше наклонялась она к поверхности, принимая над ними вертикальное положение.

Гильберту удалось представить, а затем и начертить магнитные меридианы, параллели и экватор. Исследовав посредством магнитной стрелки и «землицы» магнитное наклонение на разных широтах, он смог построить на бумаге прототип силовых линий магнитного поля земного шара, предсказав в итоге, что магнитное наклонение должно возрастать при приближении к полярным районам планеты.

Наблюдая действие «землицы» на стрелку, Гильберт обнаружил то минимальное расстояние, когда притяжение исчезало, и сделал вывод, что «землица» окружена «сферой магнитной мощи», сходной с атмосферой. Этому представлению суждена была впоследствии важная роль в формировании понятия магнитного поля земного шара и разработке методов его графического отображения.

Гильберт посчитал важным подчеркнуть: *...магнитные тела во всех опытах связываются с Землей. <...> Следовательно, магнитная мощь существует в Земле, так же как и в землице, которая является частью Земли, однородна с ней по природе, с внешней стороны шаровидна, так что она соответствует шаровидной фигуре Земли и в основных опытах согласуется с земным шаром* [1, с.272, 273]. Но если в изучении магнитов Гильберт имел предшественников, то в исследовании электрических явлений ученый был одним из первых. Он обнаружил, что кроме янтаря при натирании электризуются и другие тела. Наэлектризованные алмаз, сапфир, рубин, опал и др. притягивают металлы, дерево, камни, воду и все, что подвластно нашим чувствам [1, с.81]. Вскоре он ввел в практику термин «электризация».

Чтобы установить, каким образом происходит это притяжение и каковы те вещества, что притягивают таким образом тела, Гильберт придумал прообраз электроскопа: *Сделай себе из любого металла стрелку длиной в три или четыре дюйма, достаточно подвижную на своей игле, наподобие магнитного указателя. К одному концу ее приложи янтарь... стрелка немедленно поворачивается* [1, с.81].

Гильберту удалось обнаружить эффект влияния пламени на заряженные тела. Более того, опережая время, он связал нагревание с тепловым движением частиц самого тела. Пытаясь при этом разумно объяснить природу электрического притяжения, ученый предлагает следующее: *Ввиду того что материя может воздействовать лишь путем соприкосновения, а эти электрические тела... не прикасаются к другим, необходимо признать, что одно тело выпускает в сторону другого нечто такое, что приходит в близкое соприкосновение со вторым телом и является началом, возбуждающим его* [1, с.92]. Такова новая его идея взаимодействия тел через электрическое поле.

Таким образом, Гильберт в ходе исследований четко разграничил электрические и магнитные явления, изучил свойства магнитов и их взаимодействие с телами, предугадал наличие магнитного поля у магнитов, пришел к выводу, что Земля — это магнит с выраженными полюсами и провел определение ее поля. Все это свидетельствует о применении им поистине современного подхода к физическим явлениям. Существенен его вклад и в исследование электрических явлений: расширение круга тел, электризирующихся при их натирании, первые эксперименты с прототипом электро-

скопа по измерению проявлений электрического притяжения и электрической силы и предугадывание наличия у таких тел электрического поля.

Оценки труда Гильберта

В эпоху Гильберта на обложке изданного сочинения вначале указывалось его название и только под ним имя автора. Если же мы обратим внимание на оформление книги «О магните», то здесь имя предваряет название сочинения. По-видимому, это означает, что автор весьма высоко оценивал научное значение своего труда и потому, нарушив традицию, пренебрег общепринятым правилом. И не напрасно, ибо, в отличие от предшественников, судивших о магнетизме и электричестве на уровне слухов и мифов, Гильберт их свойства проверял в реальных опытах. В его творчестве главным был экспериментальный метод, позволявший ему получать объективные данные, что особо ценили лишь немногие — редкие в те времена ученые и философы, которые уже начинали понимать суть научного подхода.

В предисловии к его труду Э.Райт* — один из таких редких понимающих — заметит: «...пусть выходит в свет... твоя философия магнита... извлеченная... из мрака и густого тумана, созданного праздными и слабыми философами, твоими немалыми непрерывными трудами, стараниями, беднями, искусством, издержками в течение стольких лет с помощью... множества искусно произведенных опытов» [1, с.17].

Гильберт оказался тем первым ученым Англии, заслуги которого в науке признали и высоко оценили за рубежом. Прежде всего Галилей, Кеплер и Декарт. Правда, они не соглашались с рядом положений его экспериментальной философии и были правы. Например, Галилею не нравилось отсутствие в исследовании количественного подхода, а Декарту представлялось недостаточным теоретическое обоснование заключений.

В 1600 г. Галилей заинтересовался работой Гильберта и вскоре сам занялся изучением магнитных явлений. Уже в своем «Диалоге» он считает необходимым не только пропагандировать великий труд Гильберта, но и высказать свою точку зрения на эту проблему. Устами Сальвиати Галилей заметит: «Моими товарищами будут все те, кто внимательно прочтет его книгу и ознакомится с его опытами» [5, с.493]. А далее он еще раз подчеркнет: «Я воздаю величайшую хвалу и завидую этому автору, так как ему пришло на ум столь поразительное представление о вещи, бывшей

в руках у бесконечного числа других людей возвышенного ума, но никем не подмеченной; он кажется мне достойным величайшей похвалы также и за много сделанных им новых и достоверных наблюдений...» [5, с.499].

Действительно, книга Гильберта уникальна. Она содержит все известные на то время факты о магнетизме и электричестве. В ходе анализа это все было просеяно им через «сито» достоверности, позволившее отделить правдивое от мифического. Посредством опытов автор выявил строго научные факты о двух проявлениях материи, обобщил их и пришел к выводу о глобальности магнитной силы во Вселенной.

Согласно Дж.Берналу, Гильберт не ограничивался экспериментами, но извлекал из них новые научные идеи. Одной из них, «...больше всего поразившей воображение общественности, была мысль о том, что именно магнитное свойство притяжения удерживает планеты в их орбитах. Это обеспечило первое правдоподобное и лишнее всякого мистического оттенка объяснение устройства небес» [6, с.238].

В свое время эта идея настолько поразила воображение И.Кеплера и Р.Гюка, что они посчитали ее истинным открытием в понимании силы, связывающей Солнце с планетами. В «Кратком изложении коперниканской астрономии» (1620) Кеплер предположил, что магнитная сила присутствует во всем небесным телам. Поэтому Солнце увлекает в своем движении планеты, тоже природные магниты.

Гипотеза позднее заинтересовала и самого И.Ньютона. Однако при расчетах он вскоре отказался от нее как от несостоятельной, предпочтя ей гравитацию: «Сила тяжести иного рода, нежели сила магнитная... при удалении от магнита она [магнитная сила. — Р.Щ.] убывает не обратно пропорционально квадратам расстояний, а ближе к кубам, поскольку я мог судить по некоторым грубым опытам» [7, с.518].

Не владея математикой, Гильберт тем не менее стремится строить свое учение по ее примеру: *Подобно тому как геометрия восходит от очень малых и легких оснований к величайшему и труднейшему... так и наше учение и наука о магните показывают... некоторые не очень редкие явления, вслед за ними обнаруживают более замечательные, наконец — в порядке очереди — раскрываются величайшие и сокровенные тайны земного шара и познаются их причины...* [1, с.8].

К сожалению, серьезных ученых в ту эпоху были единицы, и они не сразу смогли ощутить и понять всю мощь его прорыва в понимании магнитных и электрических явлений. И тем не менее Бэкон, Галилей, Кеплер и Декарт, достойно оценив вклад Гильберта в науку, через анализ его заблуждений успешно продолжили его изыскания в этих важных для будущей науки и практики областях научного знания.

* Эдвард Райт (1561—1615) — английский математик и картограф, поклонник творчества Гильберта. Для целей картографии определял интеграл секанса с помощью численных методов, о чем он сообщил в 1599 г. в книге «Некоторые ошибки в навигации». Автор карты мира.

От заблуждений к новым прозрениям

Все содержание труда «О магните» несет на себе отпечаток эпохи со всеми ее редкими успехами и многочисленными наивными суждениями о природе. И неудивительно, что Гильберт впитал в себя ее дыхание. По замечанию историка науки Ф.Даннемана, «даже величайшие новаторы остаются во многих отношениях детьми своего времени, как мы это уже видели на примерах Галилея, Гильберта и Кеплера» [8, с.291].

Особенности эпохи сказались на манере Гильберта-исследователя в том, что уже сама постановка им опытов носила эмпирический характер. Отсутствие планомерности и методологической определенности в их проведении, изначальное отсутствие количественных измерений как логического вывода из уже проведенных наблюдений не позволяли ему достаточно конкретно и точно формулировать результаты.

Наука со временем обнажает неясности, неточности и недоработки в толковании опытных фактов и теоретических обобщений, и тогда становятся очевидными ошибки и заблуждения прошлых поколений ученых. Не избежал всего этого в своем творчестве и Гильберт. Слабые стороны его работ были обусловлены как особенностями и идеологией точных наук и культуры той эпохи, так и стилем мышления его личности.

В отсутствии у Гильберта количественного подхода Галилей видел источник его ошибок: «Я хотел бы, чтобы он был немного больше математиком <...> лучше осведомлен в геометрии: практика в геометрии сделала бы его менее решительным в признании убедительными доказательствами тех доводов, которые он выставляет как истинные причины правильности наблюдаемых им явлений» [5, с.499].

Действительно, Гильберт пытался делать выводы о самой природе магнетизма и электричества. Но не имея нужных количественных и собственно теоретических данных для общих выводов, ученый тем не менее по инерции был вынужден обращаться к расхожим для того времени схоластическим идеям. Одна из таких идей сводилась к признанию существенного различия между материей и ее формой.

Так, согласно его выводам, электрические явления создаются материей, а магнитные обусловлены формой тел: *Во всех существующих в мире телах предполагаются две причины, или два начала, из которых образовались самые тела — материя и форма. Электрические движения получают силу от материи, а магнитные — от главной формы; они сильно отличаются друг от друга и не похожи друг на друга* [1, с.87].

Известно, что Гильберт подготовил еще одно сочинение, изданное под заглавием «Новая философия нашего подлунного мира» уже его братом через полвека после смерти ученого. Рукопись

прочитал Бэкон, который понял, что работа не выходит за рамки средневековых представлений и, значит, не представляет ценности. Этот труд Гильберта, возможно, предшествовал книге «О магните» — поэтому был несовершенным.

Но вспомним, в какую эпоху творил ученый. Представления об электричестве и магнетизме были полны мистики. Роль авторитетов в толковании тайн природы ценилась превыше всего. Под опытом понимали лишь наблюдение, а сам эксперимент считался необязательным и в лучшем случае — чисто качественным. Поэтому уже само применение эксперимента в роли главного судьи в споре между наукой и ненаукой стало подвигом Гильберта.

Именно подвигом, ибо при нехватке опытных данных и их математической оценки ученый достиг выдающихся успехов в осмыслении выводов лишь благодаря интуиции. Спустя столетия Эйнштейн подчеркнет, что единственным способом постижения законов природы «...является интуиция, которая помогает увидеть порядок, кроющийся за внешними проявлениями различных процессов» [2, с.154].

Как правило, заблуждения, связанные с теми или иными проблемами науки, стимулируя деятельность, приводят подчас к более объективному осмыслению проблем. Об этом догадывался Бэкон, отмечавший, что «...истина все же скорее возникает из заблуждения, чем из неясности» [9, т.2, с.117]. По отношению к гильбертовым заблуждениям Бэкон не ошибался в принципе.

Был ли забыт Гильберт?

Со временем книга исчезла из памяти современников, и о ней забыли надолго. Если кто и вспоминал, то не относил ее к актуальным научным трудам. Гильберт понимал, что в его время философией и наукой занимаются лишь немногие и поэтому особо не надеялся на признание. К тому же свое сочинение он написал, как это было принято, на латыни, что также заметно сузило круг его читателей.

Важной причиной пренебрежения трудом Гильберта, посвященного основам электростатики и магнитостатики, стало отсутствие у общества в XVII и XVIII вв. потребностей в опытных и теоретических знаниях об этих явлениях. Такие знания были еще далеки от практических запросов техники и самой жизни, оставаясь на уровне обычного любопытства к ярким и во многом таинственным эффектам.

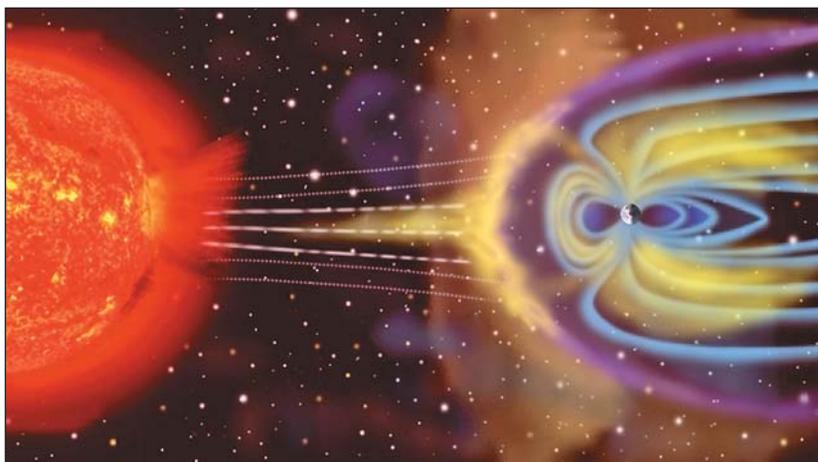
Что же касается отношения к Гильберту, то оно было непростым по причине пропаганды им учения Коперника. Вот как сказано о нем в труде: *Николай Коперник (среди новых ученых наиболее достойный славы) первый приступил к объяснению видимых явлений движущихся тел с помо-*

щью новых гипотез [1, с.276]. И если Гильберт избежал каких-либо наветов со стороны церкви, то объяснялось это лишь его скрытностью. К тому же отсутствие в ходе проведения опытов математических расчетов делало его в глазах ученых старомодным исследователем природы [1]. Но, в отличие от них, Гильберт подошел к явлениям электричества и магнетизма непредвзято, сообразно их неповторимым качествам, и таким образом избежал механического их толкования. Его прозрение в понимании электромагнетизма, разумеется, не могло быть оценено современниками.

Но даже те немногие, кто знакомился с сочинением Гильберта, со временем разделились на воспринимавших с энтузиазмом его идею о магнитной природе силы, связывающей Солнце с планетами (таких тогда насчитывались единицы), и тех, кто категорически отвергал ее. Из-за господства религиозных взглядов на мир последних было большинство. Из-за них время на целых три века и похоронило работу Гильберта.

Существовала также явная или скрытая конкуренция среди первых ученых и философов, не позволявшая им искренне и без оговорок признавать лидерство соперников в решении актуальных научных проблем. Уже Бэкон стал замалчивать и даже искажать достижения Гильберта в развитии эксперимента в целом и тем более результаты его применения при изучении магнитных и электрических явлений.

Признавая достоинство работы Гильберта в том, что она основана «...на тщательнейших и обстоятельных экспериментальных данных» [9, т.1, с.194], Бэкон, однако, упрекает автора в пренебрежении общими выводами: «Никто не отыщет удачно природу вещей в самой вещи — изыскание должно быть расширено до более общего» [9, т.2, с.36]



Деформация магнитосферы Земли звездным ветром. Магнитосфера — область вокруг нашей планеты, где действуют магнитные силы. Вопрос о происхождении магнитного поля еще окончательно не решен. Большинство исследователей сходятся в том, что наличием магнитного поля Земля хотя бы отчасти обязана своему ядру.
<http://sec.gsfc.nasa.gov/popscise.jpg>

и в том, что он все же взялся за создание науки о магните.

Точно так же Декарт, хотя и читал труд Гильберта «О магните», а идею импульса, скорее всего, заимствовал у него, не считал себя обязанным данному источнику. Более того, на вопрос о том, как он оценивает опыты Гильберта, Декарт заметил, что вопросы Гильберта к проделанным им опытам были не настолько совершенны, чтобы на их основе можно было делать достаточно правильные выводы и заключения [10].

И только Галилей в оценке своего английского коллеги остался на высоте, неоднократно подчеркивая успехи гения Гильберта в изучении магнитных явлений: «Идти к великим изобретениям, исходя из самых ничтожных начал, и видеть, что под первой и ребяческой внешностью может скрываться удивительное искусство, — это дело недюжинных умов, а под силу лишь мысли сверхчеловека» [5, с.500].

Теоретические предположения Гильберта действительно не были организующим началом в постановке опытов. После их проведения становилось ясно, что исходные предположения не соответствуют уровню опытов. Это не позволяло ученому делать обобщающие выводы относительно магнетизма. А если они у него и появлялись, то часто оказывались произвольными, далекими от истины суждениями, по мере ошибочности сходными с суждениями предшественников.

Ученый не имел возможности отыскивать колликативные соотношения и не надеялся свести электричество и магнетизм к более простому виду движения — механическому. Он стремился к накоплению наибольшего числа достоверных экспериментальных фактов и последующему объяснению своеобразия электрических и магнитных явлений. Иными словами, эксперимент в его творчестве играл главную роль.

В отличие от рационально-математической линии в изучении природы, присущей Г.Галилею, Р.Декарту, Э.Торричелли и др. и принесшей им выдающиеся результаты, существовала и эмпирико-экспериментальная. Ее проводили в жизнь У.Гильберт, Р.Бойль и Р.Гук, но эта линия в силу своей ограниченности была лишена того будущего, без коего наука не мыслила своего истинного могущества.

И тем не менее, забытый гений Гильберта с развитием науки о магнетизме и электричестве был извлечен из небытия истории в знак признательности за выдающиеся эксперименталь-

ные исследования в этой области и за его попытки обосновать введение в научный обиход таких понятий, как магнитное поле и магнетизм Земли.

После Гильберта

Одиноким по жизни, Уильям Гильберт скончался в 1603 г. от чумы во время эпидемии и был похоронен в Колчестере, вблизи Лондона, в церкви Святой Троицы. На специальной надписи на стене алтаря среди прочего можно прочитать: «Он умер в 1603 году, в последний день ноября, на 63-м году жизни». Не имея наследников, Гильберт свою библиотеку, приборы и коллекцию минералов завещал колледжу. К сожалению, все это погибло в 1666 г. во время Большого лондонского пожара.

Уже вскоре после смерти ученого английский поэт Дж.Драйден, друг Шекспира, в присущей эмоциональным натурам форме пророчески написал: «Гильберт будет жить до тех пор, пока магнит будет притягивать» [1, с.360]. Объективная же оценка полученных Гильбертом экспериментальных фактов, его идей и выводов, его заблуждений и ошибок в физике магнетизма появится много позже.

Его главное воздействие на последующее развитие науки видится в том, что если Бэкон высказал лишь необходимость опытного подхода в познании природы, то Гильберт, исследуя посредством реальных опытов свойства магнетизма, убеждал ученых в успешности этого метода, способствуя таким образом развитию экспериментальной философии с претворившими ее в жизнь экспериментаторами XVII в.

Эмпирико-экспериментальный подход к природе и рационализм мышления вдохновили в 1660 г. основателей Лондонского королевского научного общества, в число которых вошли математик И.Барроу — учитель И.Ньютона, химик и физик Р.Бойль, математик Дж.Валлис, физик Р.Гук, архитектор Кр.Рен и др. (причем, наиболее талантливыми последователями Гильберта в эксперименте были Бойль и Гук).

В уставе общества, подготовленном Гуком, подчеркивалось, что общество ставит своей задачей совершенствовать познание явлений природы и полезных человеку искусств, мануфактур, механической практики, машин и изобретений с помощью экспериментов. В этом направлении Гук сделал немало как для постановки самих опытов, так и популяризации экспериментального естествознания в целом [11].

После Гильберта метафизическую теорию магнетизма предложил Декарт (1644). В целом же, поскольку магнетизм в обществе XVII в. не имел практического применения кроме навигации, поиски нужного для него математического аппарата протекали довольно вяло. Лишь в конце века математика будет применена Ньютоном при про-



Мемориальная доска на алтарной стене в церкви Святой Троицы в Колчестере с эпитафией Гильберту.

Wikipedia General Collections

верке им гипотезы Гильберта о действии магнитной силы в Солнечной системе.

Физика магнетизма в научных работах и учебниках первой половины XVIII в. еще оперировала гильбертовским коренным различием между электричеством и магнетизмом с его магнитной атмосферой, потоками и вихрями. И лишь теория магнетизма Ф.У.Т.Эпинуса (1757) и приложение Ш.Кулоном (1788) своего закона к взаимодействию полюсов магнита стали попытками примирить это различие.

В начале XIX в. зарождается макроскопическая электродинамика. Г.Эрстед (1820) обнаружил магнитное действие тока, а М.Фарадей (1831) открыл закон электромагнитной индукции и предложил термин «магнитное поле» (1845), предсказанное Гильбертом. Было доказано на опытах, что электричество и магнетизм взаимосвязаны, а при определенных условиях могут порождать друг друга.

Ученых продолжала занимать и природа земного магнетизма. Так, Э.Галлей (1702) взамен модели Земли Гильберта допускал существование двух магнитов, смещенных на некоторый угол

между собой. Л.Эйлер (1756) выдвинул гипотезу о существовании одного, но эксцентричного магнита, а Ж.Био (1816) предположил, что в центре планеты находится магнитный диполь. Споры о магнетизме Земли продолжались...

Особо следует отметить работу К.Ф.Гаусса «Общая теория земного магнетизма» (1839). Подчеркивая, что «...в современном изложении учения о магнетизме столько неясного, ничего не говорящего, нелогичного...» [12, с.270], он предложит метод определения напряженности магнитного поля и математическую теорию земного магнетизма, которая еще не была физической теорией, объясняющей его природу.

В 1860—1965 гг. Дж.К.Максвелл создал теорию электромагнитного поля, в которой им была предложена взаимосвязь переменных электрического и магнитного полей. Так электричество и магнетизм, считавшиеся Гильбертом отдельными явлениями, усилиями ученых за 260 с лишним лет приобрели довольно приличный с позиций науки вид, слившись в итоге в теорию электромагнетизма.

В 1881 г. в системы единиц СГС и СГСМ была введена единица измерения магнитодвижущей силы — один Гильберт ($1 \text{ Гб} \approx 0.796 \text{ А}$). Ученые Англии во главе с У.Томсоном (бароном Кельвиным) организовали клуб Гильберта. Силами этого клуба было проведено изучение творчества ученого, выполнен перевод его сочинения на английский язык, опубликован ряд статей и книг о жизни, и прежде всего о научном творчестве Гильберта.

Пройдет еще столетие, и под понятием «магнетизм» будут понимать совсем разное: особую форму взаимодействия между токами, токами и магнитами и собственно взаимодействие магнитов; раздел физики, изучающий это взаимодействие; а также те вещества, в коих оно проявляется. Экспериментальные факты и сама логика понимания и изложения явления магнетизма в тесной взаимосвязи с электричеством составят существо

классической электродинамики. И наконец, квантовая механика со временем породит квантовую электродинамику, позволившую осмыслить магнетизм на более глубоком уже квантовом уровне. На современном этапе развития науки ученые, изучающие магнитные явления, определяют магнетизм в самом общем виде как особую форму материального взаимодействия между движущимися электрически заряженными частицами [13].

Одновременно с поисками природы магнетизма сконструированы специальные источники сильных и сверхсильных магнитных полей — электромагниты, о которых Гильберт мог лишь мечтать. Именно в них воплотилось единство электричества и магнетизма. Первым для изучения физических свойств тел их применил П.Л.Капица (1924—1927).

Параллельно исследовался магнетизм Земли. Если Гильберт только пришел к открытию магнитного поля, то последующие поколения ученых, в частности геофизиков, научились измерять его основные характеристики. Например, было выяснено, что напряженность поля у поверхности Земли колеблется примерно от 0.347 Э на магнитном экваторе до 0.66 у магнитных полюсов.

Смещение магнитных полюсов Земли впервые было зарегистрировано в 1885 г., причем скорость дрейфа северного полюса магнитного поля возросла с 10 км/год в 1970 г. до 60 км/год в 2004 г. Таким образом первоначальные и во многом наивные представления Гильберта о земном магнетизме со временем обросли массой фактов, имеющих уже количественный и по сути своей более глубокий характер. Однако произошедшие за последние четыре столетия изменения в физике магнетизма никоим образом не умаляют заслуг Гильберта перед самой наукой, ибо обнаруженные им факты о магнитных и электрических явлениях в целом послужили той важной основой, на которой произросла единая наука об электромагнетизме, поражающая наше воображение своей внутренней красотой и полезностью. ■

Литература

1. Гильберт В. О магните, магнитных телах и о большом магните — Земле. М., 1956.
2. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т.IV. М., 1967.
3. Липсон Г. Великие эксперименты в физике. М., 1972.
4. Витковски Н. Сентиментальная история науки. М., 2007.
5. Галилео Г. Избранные труды. Т.1. М., 1964.
6. Бернал Дж. Наука в истории общества. М., 1956.
7. Ньютон И. Математические начала натуральной философии. М., 1989.
8. Даннеман Ф. История естествознания. Т.II. М.; Л., 1935.
9. Бэкон Ф. Сочинения в двух томах. М., 1971—1972.
10. Декарт Р. Сочинения в 2 т. Т.1. М., 1989.
11. Щербаков Р.Н. Великий экспериментатор. К 375-летию со дня рождения Роберта Гука // Вестник РАН. 2010. №7. С.623—627.
12. Гаусс К.Ф. Избранные труды по земному магнетизму. М., 1952.
13. Вонсовский С.В. Магнетизм // Физическая энциклопедия. Т.2. М., 1990. С.357—360.

Создание хромосомной теории наследственности

К 100-летию публикации монографии «Механизм менделевской наследственности»

Е.Б.Музрукова,

доктор биологических наук

Р.А.Фандо,

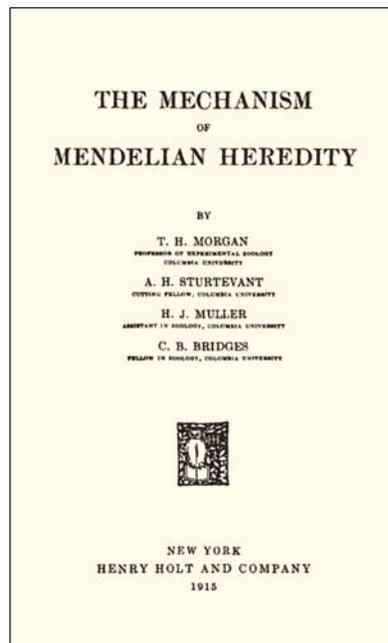
кандидат биологических наук

Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН
Москва

История формирования современной генетики теснейшим образом связана с именем Томаса Ханта Моргана, американского биолога с поразительной широтой научных интересов. Задача нашей статьи — не только рассказать о творческой деятельности всемирно известного ученого, но и проанализировать эволюцию его мировоззрения в связи с развитием науки.

Экспериментатор-эмбриолог

Начало научной карьеры создателя хромосомной теории наследственности было связано вовсе не с генетикой, а с эмбриологией. Блестящий экспериментатор, он стал и теоретиком новой генетики. Приверженность Моргана к экспериментальным методам исследования оформилась еще в студенческие годы в университете Джона Хопкинса, в который он поступил в 1886 г. Свою научную деятельность Морган начал под руководством известного морфолога У.К.Брукса, прекрасного ученого и педагога. Тяжело больной человек, сердечник, читавший лекции полулежа в кресле, Брукс был любимым преподавателем своих учеников: Э.Вильсона, Дж.Гаррисона, Е.Конклина и Т.Моргана. Умение Брукса находить интересные темы исследований в полной мере передалось его ученикам, составившим впоследствии



Титульный лист книги «Механизм менделевской наследственности».

гордость американской биологии. Морган одну из первых своих монографий («Evolution and Adaptation», 1903) посвятил своему учителю [1].

Наиболее существенным фактором, кроме интересной работы, в эти годы было общение с коллегами, многие из которых стали его близкими друзьями. Особенно дружил Морган с Г.Дришем — немецким эмбриологом и философом. Их переписка длилась всю жизнь, и в каждой европейской поездке Морган выкраивал неделю, чтобы провести ее с другом, которого он очень ценил как естествоиспытателя и глубокого мыслителя [2]. На формирование его личности и на его дальнейшую научную деятельность огромное влияние оказала поездка в Неаполь на морскую биологическую станцию в 1894 г. Италия осталась любовью всей жизни Моргана. Интересно, что во

время борьбы Италии за независимость отец Моргана был консулом США в Мессине и был знаком с Гарибальди.

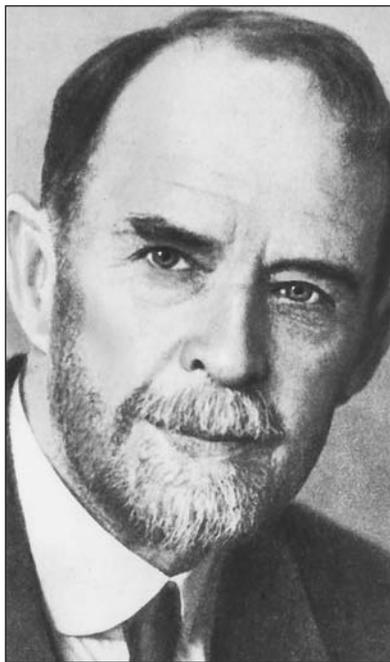
В 1891 г. Моргана пригласили на работу в женский колледж в городке Брин Мор (штат Пенсильвания). Этот колледж, организованный в 1885 г., был одним из самых престижных учебных заведений для женщин-учителей, именно здесь впервые американкам стали присваивать ученые степени. В Брин Море Морган заведовал зоологическим отделением до 1904 г. Тогда он занялся экспериментальной эмбриологией (своей первой специализацией), в том числе изучением у животных процес-

сов регенерации (восстановления утраченных участков тела). Первая статья Моргана о регенерации земляных червей вышла в 1897 г., а в 1901-м — его фундаментальный труд «Regeneration». В нем ученый впервые обратил внимание на то, что этот процесс относится ко многим важнейшим проблемам эмбриологии. Годы работы в области экспериментальной эмбриологии оказались чрезвычайно плодотворными для Моргана, о чем свидетельствуют опубликованные им в этот период 103 статьи и три монографии.

В истории биологии случай Моргана уникален. Отдав более 20 лет экспериментальной эмбриологии, добившись в ней больших успехов и став всемирно известным эмбриологом, он сумел переключиться на новую для себя генетическую проблему, создать свою школу генетиков, объединенную четкой научной программой, и добиться на новом поприще выдающихся результатов.

В начале 20-го столетия в биологии стремительно вырос интерес к теории наследственности, которую несколькими десятилетиями раньше выдвинул Г. Мендель. В 1900 г. независимо друг от друга Г. де Фриз (Голландия), К. Корренс (Германия) и Э. Чермак (Австрия) обнаружили в своих опытах открытые ранее Менделем закономерности (1900 г. считается датой переоткрытия законов Менделя). Вскоре после этого события, в 1902 г., американский биолог У. Сэттон, ученик Э. Вильсона, высказал предположение, что гипотетические «факторы наследственности» Менделя находятся в особых структурах клеточного ядра — хромосомах. Однако прямых подтверждений гипотезы Сэттона еще не было, нужны были ее экспериментальные доказательства.

Сам Морган первоначально с недоверием относился к упомянутой теории, не считая хромосомы носителями наследственной информации. Он скептически смотрел на дарвиновскую идею «постепенности изменений» в процессе образования нового вида, а также на его теорию естественного отбора. Морган предпочитал сальгационизм, т.е. скачкообразное внезапное видообразование. Идею эту он воспринял от де Фриза, побывав в 1900 г. на его экспериментальной станции в Амстердаме, где произрастали различные мутантные линии ослинника, или энотеры (*Oenothera lamarckiana*). По мнению де Фриза, в основе появления новых видов лежат резкие наследственные изменения, т.е. крупные мутации, или сальгации. Морган, восхищав-



Томас Морган (1866—1945).

ший де Фризом, решил заняться выяснением роли мутаций в формировании видовой изменчивости.

Мечте этой удалось воплотиться благодаря тому, что в 1904 г. Вильсон, заведовавший зоологическим отделом Колумбийского университета Нью-Йорка, пригласил к себе в отдел своего близкого друга Моргана. Тот, после 13 лет преподавания в колледже, принял предложение, поскольку оно позволяло целиком посвятить себя науке. Первые годы в Колумбийском университете Морган продолжал заниматься экспериментальной эмбриологией и по-прежнему увлекался морской фауной, ставшей излюбленным объектом его внимания после работы на Неаполитанской зоологической станции. На вопрос, чем он занимается, новый профессор экспериментальной зоо-

логии с присущим ему чувством юмора отвечал, что он проводит три рода экспериментов: дурацкие; чертовски дурацкие; те, что еще хуже двух первых [2, с.102].

Путь к генетике

В конце 1909 г. Морган читал вводный курс биологии. Среди его слушателей были А. Стёртевант и К. Бриджес, которых в конце 1910 г. приняли в лабораторию Моргана. Интерес Стёртеванта (в ту пору ему было 18 лет) к наследственности возник благодаря любви к лошадям. Однажды он прочел статью биометрика К. Пирсона, утверждавшего, что масть скаковых лошадей наследуется по правилам Менделя. Стёртевант тщательно изучил этот вопрос и ответил своей статьей, опровергающей точку зрения Пирсона. Работа, напечатанная в «Biological Bulletin», попала на глаза Моргану, и он был поражен эрудицией своего студента. По воспоминаниям Г. Мёллера, Стёртевант в группе Моргана добровольно возложил на себя обязанности неофициального референта и «толкователя» научной литературы для всей группы. Кроме того, в лаборатории ему была предоставлена инициатива в выборе и разработке темы исследования [3, с.314].

Бриджеса, школьного товарища Стёртеванта, первоначально приняли в лабораторию Моргана мойщиком посуды (ему был необходим заработок) и поручили технический надзор над дрозофилой (работу с ней Морган начал в 1908 г.). Впоследствии Бриджес стал выдающимся цитологом. Мёлле-

ра формально зачислили в лабораторию в 1912 г. До этого он работал ассистентом в Корнельском медицинском колледже, хотя еще с 1910 г. был тесно связан с группой Моргана. Эти три человека, самые близкие ученики Моргана, получили свои научные степени под его руководством (Стёртевант в 1914 г., Мёллер и Бриджес в 1916-м).

Лаборатория Моргана, которую в университете прозвали «fly-room» (мушинная комната), размещалась на одном из верхних этажей. В маленькой комнатке, размером в 35 м², помещалось восемь рабочих мест, там же варили корм для мух и разводили их. С левой стороны находился небольшой кабинет, который занимал сам Морган и его многолетняя ассистентка Эдит Уоллес. Именно в этой комнате стоял большой вращающийся стол, за которым она сделала много прекрасных иллюстраций к публикациям группы [4, с.685]. Кроме трех любимых учеников Моргана в лаборатории в разное время работали и другие исследователи, внесшие свой вклад в изучение генетики дрозофилы: Ч.Зелени, Ф.Пэйн, Ч.Метц, Ф.Шрадер, Д.Лэнсвилд, А.Вайнштейн, Л.Денн, а также О.Мор из Норвегии и Ф.Добжанский из России.

Морган, душа «дрозофильной группы», заражал всех неустанной деятельностью, вдумчивостью и смелостью. Несмотря на свое аристократическое происхождение, он был лишен какой бы то ни было заносчивости или снобизма. Простота и живость характера Моргана, его блестящее остроумие наряду с пронизательностью в нахождении выхода из трудных ситуаций, привлекали молодежь к незаурядной личности своего лидера.

Первоначально работу дрозофильной группы Морган финансировал за счет личных средств, но такое положение дел не могло долго продолжаться. В 1920 г. он обратился в фонд Карнеги за финансовой поддержкой и получил ее в размере 11000 долл. Большая часть полученных денег уходила на зарплату Стёртеванта, Бриджеса и лаборантки Уоллес. До 1934 г. поддержка фонда была относительно стабильной и регулярной. По воспоминаниям Стёртеванта, если Морган имел в избытке собственные деньги, он с удовольствием и щедро раздавал их направо и налево, многие студенты пользовались его поддержкой. Но при этом он был невероятно экономным, когда дело касалось официальных грантов. Морган тщательно соблюдал бюджет, все статьи расходов, и был невероятно горд, если в конце года какая-то часть бюджетных денег оставалась нетронутой.

Работа группы в период с 1910 г. по 1915-й шла по трем основным направлениям. Прежде всего, это — составление хромосомных карт с изображением линейного расположения различных генов по длине хромосомы. Другой областью интересов стало рассмотрение некоторых положений и понятий теории Менделя на новом уровне с привлечением данных цитогенетических исследований. Это стало возможным благодаря откры-

тию группой Моргана множественного аллеломорфизма, летальных генов и генов-модификаторов. Третье направление — разработка проблемы определения пола — было заложено Бриджесом, который в 1914 г. описал явление нерасхождения хромосом. В результате появилось окончательное цитологическое доказательство роли хромосом в наследственности и дало в дальнейшем новую интерпретацию определения пола. Данные, полученные в рамках каждого из этих направлений, вносили коррективы в основные положения менделизма.

Первым, кто на практике применил теоретический вывод о линейном расположении генов в хромосоме, был Стёртевант. Положения и правила составления хромосомных карт он разработал совместно с Морганом еще в 1911 г. Результаты этой работы отразились в статье 1913 г., где Стёртевант поместил первую генетическую карту X-хромосомы дрозофилы [5]. Благодаря открытиям школы Моргана в генетике появился целый ряд новых понятий, прежде всего, понятие кроссинговера. С его помощью Морган в 1911 г. объяснил обмен участками хромосом [6].

Несмотря на то, что Морган с самого начала придавал очень большое значение составлению хромосомных карт, он всегда подчеркивал: карты — это лишь модель, описывающая возможное строение хромосомы. Методика картирования существенно дополнилась исследованиями Мёллера, выполненными в 1914 и 1915 годах и опубликованными в его диссертации в 1916 г. [7]. Он предложил определять интенсивность интерференции (подавления кроссинговера вблизи пункта, где обмен уже произошел) количественно, путем деления фактически наблюдаемой частоты двойного кроссинговера на теоретически ожидаемую частоту. Мёллер назвал этот показатель коэффициентом коинцидентности, или совпадения.

Безусловно, огромным достижением Моргана стал выбор объекта исследований. В начале XX в. первые работы по генетике проводились на различных растениях и животных: горохе, томатах, кукурузе, мышах, оленьих хомячках, крысах, кошках, божьих коровках. Размышляя над объектом будущих генетических изысканий, Морган осознавал принципиальную разницу в проявлении признаков у организмов с разным типом онтогенеза. При детерминированном типе развитие каждого участка эмбриона предопределено, т.е. можно заранее сказать, какие органы могут образоваться из него. Напротив, при недетерминированном онтогенезе развитие каждого органа зависит от влияния окружающих его клеток и тканей. Чтобы исключить все возможные случайности в ходе образования того или иного изучаемого признака, Морган решил выбрать для своих генетических экспериментов животное с детерминированным типом онтогенеза. Им оказалась плодовая мушка дрозофила (*Drosophila*).

Моргана как опытного экспериментатора привлекали в дрозофиле короткий жизненный цикл, легкость и простота разведения. Дрозофилу можно было легко раздобыть: эти мухи водились везде, где встречались испорченные фрукты, продуктами гниения которых питаются взрослые особи и их личинки. Кроме того, в лаборатории Моргана с мухой уже работал Пейн, стажировавшийся там в 1907—1909 гг. Он изучал наследование слепоты у животных и сначала экспериментировал на рыбах, а затем перешел на дрозофилу. Морган наблюдал за этими опытами. Однако для изучения мутаций культура мух, разводимая Пейном, была не совсем удачной, поскольку оказалась генетически разнообразной. Моргану же требовались чистые линии дрозофил. Получить их помог Ф.Лутц, американский биолог, изучавший на этой мухе вопросы полового отбора у насекомых.

Найденный Морганом объект исследования, до сих пор остающийся в генетике классическим, послужил причиной быстрого и успешного развития этой науки. Появление дрозофилы в лаборатории Моргана — это детективная история, хорошо описанная Г.Алленом, первым научным биографом Моргана [1, p.155].

Итоги работы дрозофильной группы

Монография «Механизм менделевской наследственности», вышедшая 100 лет назад [8], сыграла огромную роль в популяризации хромосомной теории наследственности в США и Европе, в формировании во всем мире исследовательских кол-

лективов, работающих с дрозофилой по генетической проблематике. Книга Моргана и его учеников привела к выдающимся открытиям, позволила изучать мутационный процесс на количественной основе.

На фронтисписе книги, посвященной Вильсону, выдающемуся цитологу XX в., изображена первая карта хромосом дрозофилы, которую составил Стёртевант. Предисловие Моргана показывает, в какой степени авторы были убеждены в физической реальности менделевских факторов и их связи с хромосомами. Отвечая на возможные возражения, Морган писал: «Нас часто спрашивают: почему вы все время говорите о хромосомах? Наш ответ состоит в том, что именно хромосомы заключают в себе механизм менделевских закономерностей, и с тех пор, как накапливается все больше точной информации о том, что хромосомы являются носителями менделевских факторов, было бы глупо закрывать глаза на эту очевидную реальность. Более того, как биологи мы интересуемся наследственностью не как математическими формулами, а как проблемой, связанной с клеткой, яйцом и сперматозоидом» [8, p.8, 9].

Книга, состоящая из 269 страниц, включала девять глав и приложения. В первой главе рассказано о группах сцепления в хромосомах; во второй — о типах менделевской наследственности; в третьей — о типах сцепления, механизме кроссинговера, о гипотезах редупликации; в четвертой — о наследовании пола; в пятой — о хромосомах как носителях наследственного материала; в шестой анализируется соответствие между распределением хромосом и генетическими факторами; в седьмой говорится о множественных факторах; в восьмой обсуждается значение определения «множественный фактор»; в девятой представлена сама гипотеза.

Хотя термин «ген» в монографии «Механизм менделевской наследственности» еще не употреблялся (только «фактор»), в ней в первоначальном виде изложена научная программа школы Моргана. В этой книге показано, что менделевские закономерности справедливы не только для дрозофилы, но и для других видов животных и растений. Результаты, полученные группой Моргана, позволили решить многие накопившиеся генетические проблемы, например, объяснить феномены сцепления и неполного сцепления, отклонения от менделевских закономерностей. Тем самым была заложена осно-



Альфред Стёртевант (1891—1970).

ва для дальнейших генетических исследований по изучению физиологической основы генной активности, отношения мутационного процесса к естественному отбору, дифференциальной активности генов в течение эмбриогенеза.

Однако к 1915 г. точных данных о функциях продуктов генной активности не существовало. Для Моргана процесс наследования, сам феномен наследственности всегда был биологическим феноменом, а не специфическим взаимоотношением определенных химических субстанций. «Часто говорят, что наша теория наследственности остается спекулятивной до тех пор, пока мы ничего не знаем о реакциях, трансформирующих яйцо во взрослый организм. Не может быть сомнений в величайшей важности изучения механизма развития. Усилия многих экспериментальных эмбриологов многие годы были направлены на достижение этой цели. Возможно, полученная информация поможет нам в лучшем понимании факториальной теории (хромосомной теории), но мы не можем утверждать, что знание химии всех пигментов и гормонов животных и растений приблизит нас к пониманию химического строения факторов наследственности, чья активность, в конечном счете, и продуцирует эти вещества» [8, p.226, 227]. Эта цитата помогает понять, почему Морган, осознавая всю важность функционального аспекта генной активности, сосредоточил внимание на наследовании и структуре наследственного вещества (отношения генов в хромосоме, взаимодействие между хромосомами).

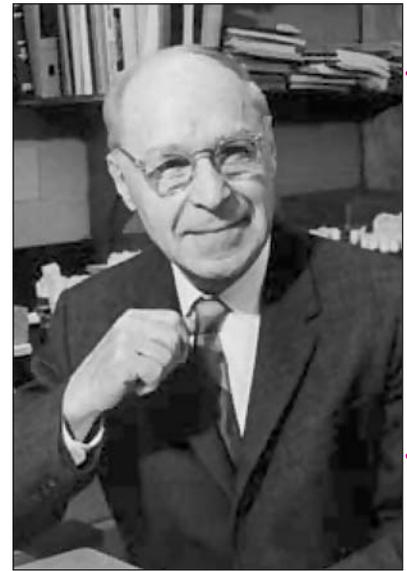
В то время имелись веские основания для такого подхода и, может быть, гениальность Моргана как раз и проявилась в способности к самоограничению при выборе темы исследования. Гипотезы, касающиеся структуры хромосом и расположения генов, могли быть подтверждены экспериментально, а изучение биохимических свойств генов или их действия в онтогенезе были в то время недоступны. Основные положения хромосомной теории, изложенные в «Механизме менделевской наследственности», сводились к следующему:

— все гены принадлежат к той или иной группе сцепления. Их число для каждого вида растений и животных постоянно и равно числу пар хромосом, характерному для каждого вида;

— каждая группа сцепления представляет совокупность генов, расположенных в соответствующей хромосоме в линейном порядке;



Кельвин Бриджес (1889—1938).



Герман Мёллер (1890—1967).

— гены, расположенные в одинаковых местах гомологичных хромосом, аллеломорфны друг к другу, и поэтому при наследовании обнаруживают менделевское расщепление. Соответственно гены, находящиеся в негомологичных хромосомах, обнаруживают при наследовании независимое комбинирование;

— неаллеломорфные гены, расположенные в одной и той же хромосоме, обнаруживают сцепление, т.е. наследуются совместно. Однако степень этого сцепления колеблется, в зависимости от расстояния генов друг от друга в пределах хромосомы. Чем больше это расстояние, тем чаще наблюдается нарушение сцепления;

— нарушение сцепления происходит путем кроссинговера — обмена участками гомологичных хромосом. Степень сцепления и, следовательно, частота кроссинговера зависят лишь от расстояния между конкретными генами.

Таким образом, принципиальная точка зрения, которую Морган и его ученики отстаивали уже в первые годы своей совместной работы, состояла в представлении о гене (факторе) как биологической единице.

Развитие идей

Исследования Моргана и его школы в американской историко-научной литературе, как правило, рассматриваются в качестве классического примера научной революции Т.Куна. Морган и его ученики предложили новую теоретическую концепцию, приложимую к проблемам генетики и обладающую высокой объяснительной способностью. Эта концепция четко определила, что такое доминантность и рецессивность, сцепление, му-

тации, рекомбинации и т.д. Говоря иными словами, в эти понятия был внесен биологический смысл. Концепция Моргана открыла новые направления исследования — картирование мутаций, их искусственное получение, типы экспериментальных скрещиваний, природу определения пола, расположение генов в хромосомах. Распространение идей Моргана и его школы в короткий срок создало во всем мире сообщество единомышленников, и эти идеи через некоторое время получили статус «нормальной науки» по Куну.

Следует отметить, что в случае хромосомной теории существовал и новый методологический подход к объекту исследования. Хотя Морган пользовался уже существовавшими понятиями (генотип, сцепление, аллели и т.д.), введенными в науку корифеями менделизма У.Бэтсоном и В.Иогансеном, в хромосомной теории эти понятия звучали совершенно по-новому. Наполненные реальным содержанием, они позволили рационально описывать генетическую передачу наследственной информации. Теоретическое обоснование строения хромосомы, явлений сцепления и кроссинговера впервые в истории генетики дало возможность целенаправленной проверки различных гипотез. Сочетание цитологического анализа с гибридологическими скрещиваниями позволило прийти к углубленному изучению наследственной основы организма.



Г.Мёллер (сидит второй слева) среди сотрудников лаборатории в Институте генетики, 1933 г. Тогда он переехал в Ленинград вместе с семьей и привез с собой коллекцию дрозофил и оборудование, необходимое для работы с ними. В 1934 г. институт переехал в Москву, где Мёллер руководил лабораторией до 1938 г. Впервые в СССР американский генетик побывал в 1922 г. — в Институте экспериментальной биологии Н.К.Кольцова. Тогда и начался контакт отечественных биологов с самой передовой генетикой, с моргановской группой.

Смене методологии способствовал еще один важный момент. Эмбриологические исследования на протяжении долгого времени заставляли Моргана воспринимать наследственность как ее передачу от родителей к потомкам и как трансляцию определенной генетической информации в признаки взрослого организма. В 1910 г., в своей первой публикации по наследованию признаков дрозофилы, сцепленных с полом, Морган писал: «Мы пытаемся рассматривать проблему наследственности идентично проблеме развития. Слово наследственность обозначает свойства зародышевых клеток, которые находят свое выражение в развивающемся и развившемся организме» [9, р.449]. Однако через 16 лет, в 1926 г. в монографии «Теория гена» («The Theory of the Gene») Морган полностью отделил передачу наследственных свойств от изучения их развития (эмбриологии). Термин «наследственность», многозначный еще в начале XX в., неотделимый от эмбриологии и эволюции в работах первых менделистов, стал означать только материальные субстанции (гены), передающиеся от одной генерации к другой.

Такое драматическое изменение в фундаментальном определении собственных воззрений Морган смог сделать, опираясь на генетические эксперименты. Изменение это было действительно драматическим, если учесть, что Морган всегда понимал тесную связь наследственности и развития. Тем не менее, он отверг и многолетнюю биологическую традицию, и свои собственные эмбриологические исследования. Благодаря этому, в работах его школы «наследственность» утратила свой интегративный смысл, и сфера ее применения ограничилась изучением передачи признаков (1915–1926). Именно в эти годы школа Моргана создает «архитектонику» классической генетики и свою научную программу.

Научный мир неоднозначно воспринял теорию хромосомной наследственности Томаса Моргана. Первые работы его школы, опубликованные с 1911 по 1914 г., резко критиковались корифеями менделизма Бэтсоном и Иогансенем, с недоверием воспринимавших цитологические доказательства наследственности. Таким образом, в самом начале менделевское учение развивалось независимо от учения о хромосомах, часто даже противопоставлялось ему.

В лабораторию Моргана приезжали ученые из различ-

ных стран, чтобы лично убедиться в результатах научных экспериментов, проводимых дрозофильной группой. Бэгсон, считавшийся лидером английской генетической школы, посетил Колумбийский университет в 1921 г. Ознакомившись с экспериментальными материалами моргановской группы, он был вынужден согласиться с основными выводами хромосомной теории и признать новую генетику. Лидерство в генетических исследованиях переходило от Европы к Америке.

В 1921 г. у Моргана побывал и один из лидеров российской генетической науки, Н.И.Вавилов. Основной причиной его визита в США была закупка семян зерновых культур для пополнения семенного фонда, который понес значительный урон после засух и плохих урожаев на территории РСФСР. У Вавилова было множество профессиональных вопросов к основателю американской генетики. Например, ему представлялось маловероятным расположение генов в хромосомах в виде бус. Морган предложил русскому ученому самому убедиться в этом, посвятив несколько дней демонстрации опытных материалов, и заметил, что согласится с любой другой предложенной гипотезой, способной объяснить результаты проведенных экспериментов.

Люди, хорошо знавшие основателя хромосомной теории, вспоминали, что Морган был очень корректный спорщик — всегда очень доброжелательный, готовый помочь любому в решении как научных, так и бытовых проблем. Вавилов, изучив предложенные ему экспериментальные материалы, пришел к тем же выводам, что и Морган. Исследования этой группы американских генетиков, по мнению Вавилова, связали в единое целое данные цитологии и генетики. По возвращению домой, Вавилов стал активно пропагандировать успехи дрозофильной генетики. С 1922 г. в России, с отставанием от американцев на целых 15 лет, начали изучать генетику дрозофилы.

Развитие хромосомной теории в России шло успешно и плодотворно. Работы отечественных генетиков значительно расширили представления Моргана о природе наследственности и привели к пониманию сложного строения гена. В 1920-х годах ведущие позиции в биологии заняла гипотеза о гене как неделимой единице. Однако эксперименты отечественных ученых позволили по-иному взглянуть на ген как сложную по строению и функционированию структуру.

Прийти к пониманию дробимости гена помогло изучение явлений *аллеломорфизма*, под которым понимали различные изменения одной и той же точки хромосомы, т.е. одного и того же гена. В то время в биологической среде господствовало мнение, что *аллеломорфы*, образующие серии, расположены в идентичных точках. Исследования отечественных генетиков смогли изменить эти воззрения.

Объектом для изучения мутаций генов была все та же *Drosophila melanogaster*. Наиболее удачными для ученых оказались гены *scute*, обуславливающие редукцию щетинок на многих частях тела мухи. Выбором именно этих генов для анализа послужило их морфологическое проявление, заметное для наблюдений. Признаки *scute* весьма удобны для сравнения, так как образование и редукция щетинок приурочены к различным частям тела мухи и легко поддаются количественному учету. Мутация *scute*¹, открытая в 1920 г. Пейном, определяла редукцию щетинок на некоторых участках тела мухи. Полученная в лаборатории новая мутация *scute*² отличалась от уже известной *scute*¹. Анализом строения хромосом новых мутантных особей были обнаружены нехватки в половой хромосоме самцов.

Появилась возможность экспериментально получать новые мутации гена *scute*. И действительно, после открытия *scute*² в специальном опыте рентгенизации в поисках новой мутации была найдена Н.П.Дубининым *scute*³. Новый аллеломорф повлек исчезновение щетинок за первой парой ног, оказался полулетальным для самцов и летальным для самок (получить самок гомозиготных по *scute*³ не удавалось). Вскоре обнаружили новые аллеломорфы: *scute*⁴ (И.И.Агол), *scute*⁵ (А.Е.Гайсинович), *scute*⁶ (А.С.Серебровский), *scute*⁷ (Дубинин), *scute*⁸ (Б.Н.Сидоров), *scute*⁹ (С.Г.Левит), *scute*¹⁰ и *scute*¹¹ (Дубинин), *scute*¹² (Н.И.Шапиро), *scute*^{13,14,15,16,17} (Дубинин). Появление нескольких разновидностей этого гена послужило материалом для создания метафорической модели «лестницы аллеломорфов», предложенной Серебровским.

Причиной возникновения новых мутантных генов стали транслокации — перенос какого-либо участка хромосомы в другое место той же хромосомы или на другую хромосому. Описанные транслокации затрагивали участки внутри генов, и поэтому получили название *трансгенаций*. На их основе ученые предположили неоднородность (дробимость) гена. Так выяснилось, что ген состоит из отдельных участков. Трансгенация же может охватить и один участок, и несколько, и даже весь ген целиком. «Все это позволяет сказать, что хотя в хромосоме мы должны признать отдельные участки, в высокой степени специфичные по своему действию (гены), но мы не можем признать за ними морфологической самостоятельности... Приведенные факты и соображения позволяют говорить о непрерывности хромосомы, где один ген непосредственно переходит в другой...» [10, с.64].

Сразу после своего появления теория дробимости гена вызвала резкую критику. В статьях А.Стёртеванта и Дж.Шульца, Р.Гольдшмидта опровергались взгляды на сложное строение гена. Биологам очень тяжело было отказаться от всеми признанного постулата «ген не дробим». Только с появлением молекулярных методов стало воз-

можным подтвердить основные постулаты теории сложного строения гена. После открытия полинуклеотидной природы молекулы ДНК было доказано, что ген действительно дробим на составляющие его части, располагающиеся в нем в линейном порядке.

Признание выдающихся открытий Моргана не заставило себя долго ждать. Его избирают членом Лондонского королевского общества (1919), Национальной академии наук США (1909), Американской ассоциации развития науки, Генетического общества Америки и Американского философского общества. За вклад в развитие биологической науки его награждают медалью Дарвина (1924) и медалью Лондонского королевского общества (1939). В разные годы Морган был президентом Общества экспериментальной биологии и медицины (1910–1912), президентом Американской ассоциации содействия науке (1930). Благодаря усилиям российских биологов в 1923 г. Моргана избирают иностранным членом-корреспондентом Академии наук СССР, а в 1932 г. — почетным иностранным членом Академии наук СССР. В 1932 г. он возглавляет Шестой Международный конгресс по генетике в Итаке. Самым значительным назначением для ученого стало его избрание Президентом Национальной Академии наук США (он оставался на этом посту с 1927 по 1931 гг.).

В 1933 г. Морган получил Нобелевскую премию по физиологии и медицине «за открытия, связанные с ролью хромосом в наследственности». Нобелевский комитет дважды номинировал его за эти открытия (в 1919 г. и в 1922 г.), но, по традиции, Нобелевская премия по физиологии и медицине вручается лишь лицам, имеющим степень доктора медицины. К началу 30-х годов приложимость хромосомной теории к генетике человека была уже очевидна, так же, как и ее значение для медицины. В июне 1933 г. Морган получил по-

четную степень доктора медицины Цюрихского университета, а 20 октября Нобелевский комитет вынес решение о присуждении Моргану Нобелевской премии. В знак признания помощи Стёртеванта и Бриджеса в проведении работ на дрозофиле, лауреат все полученные деньги разделил между ними и своими собственными детьми, не оставив себе ничего и отказался от поездки в Швецию для получения Нобелевской премии. Морган посетил церемонию награждения в 1934 г. и произнес триумфальную лекцию, в которой поднял вопрос о важности изучения наследственности человека. В продолжение речи ученый высказал предположение, что открытие сцепления с полом может когда-нибудь оказаться полезным для диагностики генетических заболеваний, и оказался абсолютно прав.

Современным исследователям работы школы Моргана дают уникальную возможность проанализировать влияние, взаимодействие и взаимопроникновение идей различных генетических школ Европы и США, их развитие и переход на новый уровень исследования. Поэтому так важно вспомнить столетний юбилей выхода в свет первой коллективной монографии дрозофильной группы «Механизм менделевской наследственности», где были изложены главные идеи школы Моргана и основы ее научной программы. После выхода этой книги в 1915 г. начался новый этап в развитии мировой генетики как научной дисциплины на основе хромосомной теории наследственности. В это время возникает целый ряд новых специализированных журналов, создаются новые генетические лаборатории и общества. Предложенная Морганом модель внутреннего строения хромосом стимулировала развитие не только генетики, занявшей в начале XXI в. лидирующие позиции среди активно развивающихся наук, но и новых дисциплин: молекулярной биологии, геномики, геномной инженерии. ■

Литература

1. Allen G.E. Thomas Hunt Morgan. The Man and His Science. Princeton, 1978.
2. Музрукова Е.Б. Т.Х.Морган и генетика. Научная программа школы Т.Х.Моргана в контексте развития биологии XX столетия. М., 2002.
3. Мёллер Г. Результаты десятилетних исследований с *Drosophila* // Успехи экспериментальной биологии. 1923. №3.
4. Science as a way of knowing. III — GENETICS. Baltimore, 1985.
5. Sturtevant A. The Linear Arrangement of Six Sex-linked Factors in *Drosophila*, as shown by their Mode Association // J. of Exp. Zoology. 1913. №14. P.43–59.
6. Морган Т.Х. Избранные работы по генетике. М.; Л., 1937.
7. Muller H.I. The Mechanism of Crossing-over // Amer. Nat. 1916. №50. P.193–221.
8. Morgan T.H., Sturtevant A., Muller H., Bridges C. The Mechanism of Mendelian Heredity. NY, 1915.
9. Morgan T.H. Chromosomes and Heredity // American Nat. 1910. № 44. P. 445–510.
10. Дубинин Н.П. Исследование явления ступенчатого аллеломорфизма у *Drosophila melanogaster* // Журн. экспериментальной биологии. 1929. Сер.А. Т.5. Вып.2. С.53–84.

Новости науки

Физика

Шаг к разгадке тайны шаровой молнии

Китайские ученые впервые зарегистрировали спектр свечения шаровой молнии и сняли на видео пленку ее появления и эволюцию. Результаты этой работы, опубликованной в «Physical Review Letters», трудно переоценить. Сегодня физики полагают достаточной информацией о визуальных наблюдениях естественных шаровых молний и удачных экспериментах по созданию искусственных, но впервые им удалось с помощью научной аппаратуры исследовать возникшее в природных условиях уникальное и своеобразное явление.

Разряд, описание которого приводится в статье, произошел в июле 2012 г. Группа специалистов из Северо-Западного университета (провинция Ланьчжоу, Китай) под руководством профессора Цзяньюна Цена (Jianyong Cen) вела съемку молний в высокогорных районах Тибета. Два спектрографа, в одном из которых находилась высокоскоростная видеокамера, делавшая 3 тыс. кадров в секунду, а в другом — обычная, с функцией непрерывной съемки, были установлены на высоте 2530 м над ур.м. и направлены на небольшой склон. Светящийся шар диаметром около 5 м появился во время грозы на расстоянии 900 м от наблюдателей и передвигался в поле их зрения со скоростью около 9 м/с*. Ученым удалось запечатлеть процесс его возникновения и снять спектр свечения в диапазоне от 400 до 1000 нм.

Шаровая молния просуществовала 1.64 с, и этот интервал четко делится на три периода: рождение, стабильное существование и разрушение. Во время формирования она имела светло-фиолетовый цвет, который сменился на оранжевый на стадии постоянной интенсивности, а затем на красный — в момент разрушения. Съемка показала, что на этапе стабильности шаровая молния все же демонстрировала колебания с частотой около 100 Гц. Однако эти осцилляции, считают авторы, вызваны не внутренними, а внешними причинами. Дело в том, что на расстоянии 20 м проходили 35-киловольтные линии электропередачи, которые создают в окрестности переменные электромагнитные поля.

* Эти числа, возможно, завышены — пятиметровые шаровые молнии ранее не регистрировали.

Анализ спектра показал наличие линий излучения, характерных для железа, кремния и кальция — элементов, входящих в состав почвы. Их присутствие означает, что важную роль в свечении играет именно вещество почвы, испарившееся от удара обычной молнии. Это, в свою очередь, может служить аргументом в поддержку теории о происхождении и механизме свечения шаровой молнии, выдвинутой в 2000 г. новозеландским физиком Дж.Абрахамсоном. Исследователь объясняет энерговыделение и вызванное им свечение как результат медленного окисления частиц кремния, поднимающихся в виде облака из почвы после удара молнии. Китайские ученые отмечают: полученные сведения дают возможность делать выводы о природе только этой конкретной шаровой молнии, и вполне вероятно, что механизм Абрахамсона может быть не единственным.

Physical Review Letters. 2014. Doi:10.1103/PhysRevLett.112.035001

Астрономия

Система противодействия космическим угрозам

Ежедневно на нашу планету выпадает огромное количество тел естественного происхождения. Большая их часть (размером менее 1 м) не представляет опасности, так как полностью разрушается в атмосфере. Падения крупных тел случаются редко. На сегодня вероятность столкновения с Землей астероида размером более 1 км оценивается как одно событие в 0.53 млн. лет. Потенциально опасны для планеты (по классификации NASA) объекты, размеры которых составляют не менее 140 м в диаметре. Из 12 тыс. известных околоземных астероидов 1541 относится к этой категории. Их орбиты проходят на расстоянии менее 7.5 млн км (0.05 а.е.) от Земли. Однако многие специалисты считают, что нижнюю границу размера опасного небесного «пришельца» разумно определить в 50 м (приблизительные размеры Тунгусского метеорита). Средняя оценка энергии, выделяющейся при столкновении такого объекта, сравнима с мощностью взрыва термоядерного устройства. Правда, и эта цифра сегодня требует корректировки. Например, метеороид, взорвавшийся 15 февраля 2013 г. над Челябинском, не относился к числу «роковых», поскольку его размер оценили примерно в 17 м. Однако при более кру-

той траектории его входа в атмосферу последствия взрыва могли бы быть катастрофическими.

Главное препятствие на пути исследования проблемы астероидно-кометной опасности — дефицит данных об орбитальных свойствах объектов, обусловленный нехваткой астрономических наблюдений. Существующие в мире системы мониторинга не обладают достаточной оперативностью, чтобы заблаговременно выявить летящие к нам «недружественные» небесные тела. Для полного обзора неба с помощью имеющихся средств необходимо по крайней мере несколько суток, но за это время объект может столкнуться с Землей. В рамках проекта, поддержанного Министерством образования и науки РФ, сотрудники Института астрономии РАН разрабатывают экспериментальный образец автоматизированного комплекса для поиска опасных астероидов. Он сможет сканировать доступную небесную сферу несколько раз в течение определенного времени, обнаруживать астероиды размером от 20 м за 12 ч до столкновения (крупные тела — за большие сроки), определять их орбиты и прогнозировать вероятность столкновения с Землей.

Аппаратная часть комплекса — мультиапертурная система, состоящая из двух высокопроизводительных широкоугольных телескопов VT-78d. Оптическую схему прибора разработал сотрудник Института астрономии РАН В.Теребиж. При небольшой апертуре (25 см) поле зрения телескопа достигает 78.5 кв. град. Чем больше объектов аппарат сможет осмотреть за единицу времени, тем быстрее будет сделан обзор небесной сферы. За счет быстрого темпа мониторинг можно осуществлять несколько раз за ночь. Простота конструкции и форм оптических элементов позволяет наладить серийный выпуск такого комплекса.

© Нароенков С.А.,

кандидат физико-математических наук
Институт астрономии РАН
Москва

Химия

Конкурентная сорбция как метод дезактивации природной среды

Сотрудники лаборатории физико-химических методов анализа Института химии твердого тела УрО РАН (г.Екатеринбург) работают над созданием новой технологии сорбционной очистки воды, почвы и материалов, которая позволит защитить людей и механизмы от радиоактивного заражения, а в перспективе — реабилитировать природную среду на принципах «зеленой химии». Технология базируется на использовании гуминовых кислот (гуматов) — органических соединений, возникающих при разложении растительных и животных остатков. Эти вещества присутствуют в природе повсюду — в почве, донных отложениях и поверхностных водах. К их фундаментальным свойствам

относят способность существовать в растворах в форме ионов, макромолекул, коллоидов и осадков, образовывать прочные комплексы с ионами металлов и органическими экотоксикантами. Причина этого — в особенностях химического строения гуминовых кислот, что позволяет рассматривать их как перспективный класс природных соединений, используемых для очистки материалов и рекультивации водных и почвенных сред.

В лаборатории физико-химических методов анализа, продолжающей сорбционное направление уральской радиохимической школы, исследуют возможности гуминовых кислот эффективно связывать в воде ионы стабильных и радиоактивных элементов, а также выполнять технологические операции по дезактивации природных и техногенных объектов.

Установлено, что такую проблему, как очистка почвы и воды от цезия, урана, стронция и других радиоактивных веществ, можно решать с применением определенных сочетаний сорбентов и гуматов. При обработке, например, водных поверхностей раствором гуминовой кислоты находящиеся там радионуклиды десорбируются и оседают в более глубокие «чистые» горизонты. По сути, задачу дезактивации переносят в область донных отложений, где последующие химические операции по концентрированию токсикантов выполнять еще сложнее.

Сотрудники Института химии твердого тела УрО РАН предложили способ, повышающий эффективность процессов обеззараживания* (в 2014 г. он был защищен патентом). Суть его в том, чтобы воздействовать на загрязненную ионами радиоактивных или токсичных металлов поверхность не водным раствором дезактиватора, а смесью (суспензией) сорбента-конкурента в растворе гуминовых кислот. Гуминовые кислоты преобразуют токсичные ионы металла в нужную химическую форму, которая десорбируется из загрязненного материала и одновременно хорошо поглощается сорбентом-конкурентом.

Преимущество разрабатываемой технологии — в щадящем воздействии химических процессов на окружающую среду: при конкурентной сорбции компоненты не выбрасывают вредных токсичных веществ; конечный концентрат в сорбенте проще утилизировать, сделать компактным и хранить в специальных местах. Эксперименты, выполняемые в кооперации с екатеринбургскими компания-

* Поляков Е.В. Физикохимия гуминовых комплексов как основа «зеленой химии» // Материалы 7-й Всерос. конф. по радиохимии. Димитровград, 2012. С.343; Polyakov E, Volkov I, Remez V. Humic acid as a sorbent modifier: humic acid induced synergetic sorption behavior of Prussian blue // 17th Radiochemical Conference in the Czech Republic. Booklet of Abstracts. 2014. P.480; Поляков Е.В., Волков И.В., Хлебников Н.А. и др. Конкурентная сорбция как метод дезактивации материалов // Радиохимия. 2015. Т.57. №2. С.149—153.

ми НПП «Экосорб», ООО «БиоАгроТехнологии», радиохимики Уральского федерального университета им.Б.Н.Ельцина и радиобиологами Института экологии растений и животных УрО РАН, еще не завершены. Сейчас сотрудники лаборатории изучают теоретические вопросы физикохимии сорбции в условиях массопереноса в пористой среде, ведут поиск технологий масштабирования, чтобы от процессов в пробирке перейти к промышленным способам очистки. Отдельная задача — создание средств дезактивации, надежных, безвредных и доступных каждому человеку, каждой семье.

© Поляков Е.В.,

доктор химических наук
Институт химии твердого тела УрО РАН
Екатеринбург

Техника

Стеклометаллокомпозит для подводного аппарата

Основная проблема на пути широкомасштабного освоения Мирового океана — отсутствие высокопрочных материалов, способных придать подводной технике, работающей на глубинах 6 тыс. м и более, достаточную плавучесть. Для этих целей сегодня применяют поплавки, состоящие из легких твердых материалов или из пустотелых и заполненных жидкостью (газом) емкостей. Но они существенно увеличивают внешний объем подводных аппаратов. Например, поплавок батискафа «Триест», опустившегося 23 января 1960 г. в Марианскую впадину на глубину 10 919 м, в 20 с лишним раз превышал объем прочного корпуса. Наращивание габаритов ведет не только к увеличению затрат на создание глубоководных технических средств, но и к ухудшению их скоростных характеристик и маневренности.

Ученые и инженеры Института проблем морских технологий ДВО РАН и Дальневосточного федерального университета предложили подводный аппарат, погружающийся на предельные глубины Мирового океана без применения дополнительных объемов плавучести. Для этого судна разработан новый конструкционный материал — стеклометаллокомпозит*, защищенный 12 патентами.

* *Пикуль В.В.* Современное состояние теории оболочек и перспективы ее развития // Изв. РАН. МТТ. 2000. №2. С.153–168; *Пикуль В.В.* Перспективы создания прочных корпусов глубоководной техники из стеклометаллокомпозита // Судостроение. 2000. №4. С.14–16; *Пикуль В.В.* К созданию композиционного наноматериала на базе стекла // Перспективные материалы. 2008. №3. С.78–81.

Подобно сэндвичу, он состоит из стеклянного слоя, облицованного металлическими обшивками, которые защищают аппарат от взаимодействия с окружающей средой. Стекло подвержено разрушению за счет поверхностных микротрещин. Но если использовать его способность прочно соединяться с металлами в вязкопластическом состоянии, можно избежать этого недостатка. Специалисты института предложили заполнять пространство, ограниченное металлическими поверхностями, расплавленной стекломассой, которая при остывании надежно соединяется с обшивками и обжимается за счет разницы в коэффициентах температурного расширения слоев. Это предотвращает образование в заполнителе поверхностных микротрещин. Полученный в результате стеклометаллокомпозит приобретает высокую прочность (около 10 ГПа), на порядок превышающую прочность титановых сплавов. При этом он в полтора раза легче. Его ударная стойкость находится на уровне стальной брони. Облицовкой могут служить легкие металлы, например алюминиевые сплавы, отличающиеся высокими деформационными свойствами. Установлено, что они образуют надежную химическую связь со стеклянным слоем композита.

В Институте проблем морских технологий ДВО РАН изготовлены цилиндрические оболочки из нового материала, которые прошли проверку в барокамере по стандартной программе испытания корпусов глубоководных аппаратов, предназначенных для работы на глубине 6 тыс. м. При плотности 0.65 г/см³ они успешно выдержали давление в 80 МПа (800 атм) — разрушить оболочки не удалось.

В кооперации с сотрудниками Дальневосточного федерального университета разработаны новые конструктивные решения, позволяющие придать прочному корпусу аппарата из стеклометаллокомпозита достаточную положительную плавучесть для работы на предельных глубинах Мирового океана. При сравнительно малой массе такая техника будет стоить в 50 раз дешевле, чем изготовленная из титанового сплава.

Новый материал можно применять и в других сферах, например в нефтяной и газовой промышленности. Как показывают исследования, труба для перекачки нефти (газа) из стеклометаллокомпозита становится в 3 раза легче, в 2.6 раза дешевле и в 15 раз прочнее стандартной (из стали марки Ст45).

© Пикуль В.В.,

доктор физико-математических наук
Институт проблем морских технологий ДВО РАН
Владивосток

Рецензии Раннепермские рифы

Член-корреспондент РАН Г.С.Розенберг,
С.В.Саксонов,
доктор биологических наук,
С.А.Сенатор,
кандидат биологических наук
Институт экологии Волжского бассейна РАН
г.Тольятти

Наше внимание к рецензируемой коллективной монографии привлек один из ее активных авторов и соредактор, заведующий лабораторией геоботаники и охраны растительности Уфимского института биологии РАН, доктор биологических наук В.Б.Мартыненко. Он подарил нам экземпляр книги и предложил провести интернет-голосование в ее поддержку. Книга за месяц набрала 30145 голосов и стала победителем в номинации «Признание общест-венности» Национальной премии «Хрустальный компас»*, учрежденной Краснодарским отделением Русского географического общества.

Эта коллективная монография посвящена итогам изучения природного комплекса уникальных памятников природы Республики Башкортостан — шиханов Тратау и Юрактау. В работе участвовало 28 естествоиспытателей: геологи, почвоведы, ботаники и лесоводы.

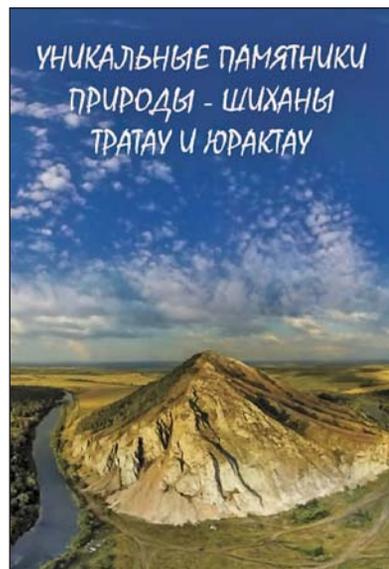
* Это первая премия в области национальной географии, экологии, сохранения и популяризации природного и историко-культурного наследия России (своеобразный отечественный географический «Оскар»). Главная цель премии — найти и поддержать тех, кто искренне считает Россию своим домом, уважает и бережет среду, в которой обитает. В премии участвуют проекты, которые помогают не только сохранить, но и воссоздать комфортную среду обитания российского человека (прежде всего, природу и культуру страны).

© Розенберг Г.С., Саксонов С.В.,
Сенатор С.А., 2015

Шиханы — остатки рифов древних морей, куполовидные или удлинённые, высокие (200—400 м), скалистые холмы с достаточно крутыми склонами. В Башкирии шиханы (четыре горы-одиночки) расположены вблизи г.Стерлитамака. Они формировались на протяжении 40—50 млн лет в те времена, когда территория современной Башкирии была покрыта морем. Подводные рифы, образованные морскими организмами, поднялись на поверхность в результате тектонических движений более 20 млн лет назад. Возраст этих уникальных геологических памятников природы — около 300 млн лет.

В Башкирии три «главных» шихана — Юрактау, Куштау и Тратау. До недавнего времени был и четвертый — Шахтау, промышленная разработка которого началась еще в середине прошлого века. Шахтау «не повезло»: он находился всего в 5 км от Стерлитамака, и его поглотило предприятие ОАО «Сода», входящее в состав «Башкирской содовой компании» (БСК). К настоящему времени от Шахтау практически ничего не осталось. Три других шихана пока в сохранности, хотя угроза повторить незавидную судьбу Шахтау довлечет и над ними (БСК, сетуя на истощение месторождения Шахтау, добывается передача оставшихся шиханов). Между Шахтау и Тратау имеются еще два небольших возвышения — Малый и Новый шиханы.

Первая глава книги посвящена геологической характеристике этих рифовых массивов:



УНИКАЛЬНЫЕ ПАМЯТНИКИ ПРИРОДЫ — ШИХАНЫ ТРАТАУ И ЮРАКТАУ
Под ред. А.И.Мелентьева,
В.Б.Мартыненко.

Уфа: Гилем; Башкирская энциклопедия, 2014. 312 с.

даны общие физико-географические данные. С разной степенью подробности (литология, палеобиота, условия захоронения рифа) описаны все четыре шихана стерлитамакской группы. Раннепермские рифовые образования известны во многих регионах Земли: в Китае, Средней Азии, в Канаде и США, но нигде они не представлены столь эффективной системой, доступной для изучения. Поэтому геологические разрезы стерлитамакских шиханов вошли во всю мировую научную литературу и отражены в Международной стратиграфической шкале. По сути шиханы можно назвать настоящим геологическим и палеонтологическим музеем под открытым небом (здесь можно увидеть окаменевших морских обитателей — кораллы, брахиоподы, губки и т.д.).

К сожалению, история геологического изучения шиханов занимает в книге всего 30 строк (с.9—10) и в основном это познавательно-экскурсионные впечатления участников различных международных геологических конгрессов и конференций, проходивших у нас в стране. Читателям было бы лучше напомнить некоторые факты. Так, И.И.Лепёхин, изучавший шиханы в 1769 г., первый увидел «ключик» горной нефти; шотландский геолог и путешественник, президент Геологического и Географического обществ Великобритании Р.Мурчисон и французский палеонтолог Э.Верней, посетившие Шахтау в 1841 г., составили его профиль, а через год палеонтолог-любитель (герой войны 1812 г.) Ф.Ф.Вангейм фон Квален опубликовал первые сведения о шиханах; первая геологическая карта гор-одиночек появилась в 1853 г. Интерес к шиханам возродился только в 1932 г. (после открытия нефти в Ишимбайском р-не Башкирии), тогда была обоснована их рифтовая природа. Возможно, наличие в монографии специальной главы по истории изучения шиханов (тем более, что в третьей главе есть очень ква-

лифицированный и подробный раздел по истории изучения флоры шиханов) сделало бы ее интересней.

Детальное изучение почвы на Тратау и Юрактау (структуры почвенного покрова, водно-физических и агрономических свойств, биологической активности почв шиханов, содержания в почвах элементов питания и токсичных веществ) приводит авторов книги к следующему выводу: «Почвы шиханов Тратау и Юрактау могут рассматриваться как своеобразные редкие представители целинных почв лесостепной зоны, для которых в настоящее время не выявлено негативного техногенного влияния Стерлитамакского промышленного узла, что предполагает сохранение статуса Тратау и Юрактау как памятников природы» (с.40).

В монографии есть две главы, написанные отдельными естествоиспытателями: о флоре сосудистых растений (А.А.Мулдашев; глава 3) и о бриофлоре (Э.З.Баишева; глава 6). Из них читатель узнает о большом значении шиханов для сохранения биоразнообразия. Флора всех четырех шиханов включает 510 видов сосудистых растений (28% флоры Республики Башкортостан). На Тратау произрастают популяции 12 реликтовых и 21 эндемичных видов высших сосудистых растений, а на Юрактау — 10 и 15 соответственно; четыре вида включены в «Красную книгу Российской Федерации». Разнообразие мохообразных значительно меньше и для двух шиханов составляет 66 видов. На Юрактау, где, помимо степей, хорошо сохранился лесной массив и осоково-сфагновое болото, листостебельных мхов в три раза больше, чем на Тратау с меньшим разнообразием экологических ниш.

В главе «Редкие и исчезающие растения, произрастающие на шиханах Тратау и Юрактау» дана подробная характеристика 17 видов, включенных в «Красную книгу Республики Башкор-

тостан» (девять из них охраняются на федеральном уровне). Авторы оценили численность редких и исчезающих видов растений, отметив самые массовые — тонконог жестколистный и ковыль перистый (50—160 тыс. экз.), лен уральский (около 70 тыс.), тимьян клоповый (30—55 тыс.), и самые малочисленные — ковыль Залесского (всего 30 растений) на Юрактау, полынь солянковидную (56) и чина Литвинова (227) на Тратау. По мнению авторов, низкая численность этих видов связана с ограниченностью подходящих местообитаний и высокой пастбищной дигрессией, особенно на Юрактау. Наверное, к этим причинам следует добавить высокую эстетическую привлекательность шиханов и, как следствие, сбор населением дикорастущих растений. Часто не принимается во внимание фактор, связанный с влиянием на растительный покров самих исследователей, особенно коллекционеров, собирающих на этих шиханах гербарии.

В целом проведенный анализ редких видов растений показал их стабильное состояние. Для некоторых из них (ковылей Коржинского и Залесского, полыни солянковидной) желательное искусственное увеличение численности популяций (размножение в Ботаническом саду и заселение семенами в местах прежнего их обитания), а можжевельник казацкий, который И.И.Лепёхин и П.С.Паллас наблюдали на Тратау еще в 70-х годах XVIII в., предлагается реинтродуцировать.

В пятой главе для семи редких видов растений (рябчика русского, тюльпана Биберштейна, астрагала Гельма, копеечника крупноцветкового, остролодочника башкирского, льна уральского и ясенца голостолбикового) дана популяционная оценка их состояния (возрастная структура, жизненность, семенная продуктивность, энергетическая эффективность популяции и т.д.). Здесь авторы ши-

роко привлекают статистические методы обработки, что нельзя не приветствовать. Обширная информация о популяционном состоянии этих видов (в таблицах в приложениях) позволяет представить механизмы изменчивости тех или иных параметров, сделать достаточно достоверные выводы. Авторы считают, что в целом «популяционное здоровье» изученных видов удовлетворительно; популяции редких видов жизнеспособны. Это говорит о слабом нарушении фитоценозов и отражает регулярность возобновления популяций.

В самой большой главе монографии («Характеристика растительности шиханов Тратау и Юрактау»), содержащей более 60 страниц, включая геоботанические таблицы в приложении, обработанные в рамках эколого-флористического подхода Браун—Бланке*, приведен список синтаксонов классификации растительности шиханов. Он включает четыре класса, пять порядков, семь союзов и 13 ассоциаций. В дальнейшем охарактеризованы семь групп сообществ (на уровне союзов): сообщества опушек, степных кустарников, луговых степей, петрофитных и гиперпетрофитных степей, осыпей и вытапываемых местообитаний.

На наш взгляд, в книге отсутствуют четкие рекомендации для сохранения биоразнообразия и охраны природы по каждой ассоциации, понятные широкому кругу пользователей и подобные той, которую в конце 70-х годов прошлого столетия разрабатывал для сенокосов и пастбищ один из официальных рецензентов данной монографии Б.М.Миркин. По-

* По системе Браун—Бланке, каждое растительное сообщество отличается экологической специфичностью, которая проявляется во флористическом наборе, уникальном для каждого конкретного типа местообитания. Виды, характерные для конкретного синтаксона, называются диагностическими.

добное «упрощение» вполне соответствует одной из целей написания этой работы — привлечь внимание специалистов, общественности и руководства республики и страны к столь удивительным природным объектам. «Эти результаты являются веским аргументом в пользу сохранения шиханов как уникального природно-культурного наследия и полностью опровергают заявления заинтересованных в их разработке лиц, которые пытаются убедить правительство РБ и РФ и население в том, что шиханы не представляют никакой ценности. <...> Цель проекта: освещение результатов детальных исследований природного комплекса уникальных палеорифов — шиханов Тратау и Юрактау для широкого круга читателей (Курсив наш. — Авт.)»**.

Глава «Дендроэкологическая характеристика шиханов Тратау и Юрактау» также насыщена информацией и хорошо скомпонована. Состояние небольших по площади лесов можно классифицировать как «здоровое», «близкое к ослабленному» или «ослабленное». При этом хорошо себя чувствуют деревья клена остролистного, несколько хуже — липы сердцелистной, еще более ослаблены деревья дуба черешчатого. Это объясняется как природными факторами (нахождение на границе ареалов распространения и стрессы, связанные с засухой и пожарами 2010 г.), так и антропогенным воздействием атмосферных загрязнителей стерлитамакского предприятия. Правда, изучение эколого-физиологических характеристик состояния ассимиляционного аппарата древесных растений позволило авторам предположить, что наблюдается феномен «развития адаптационных реакций к экстремальным условиям произрастания» (с.176).

** Из описания проекта, выдвинутого на премию «Хрустальный компас» (<http://rus-compass.ru/projects/1796/>).

К сожалению, в книге, описывающей геолого-почвенно-ботаническое состояние башкирских шиханов, не представлен их уникальный животный мир (в описании проекта, номинированного на премию «Хрустальный компас», говорится о популяциях шести видов животных из Красной книги), нет также сведений об историко-археологических находках (на шиханах и прилегающих территориях найдено множество древних артефактов) и об их этнокультурном значении.

Завершает коллективную монографию небольшая глава о состоянии охраны природных комплексов Тратау и Юрактау. Здесь особо следует отметить, что стерлитамакские шиханы, хоть и достаточно хорошо защищены республиканским, федеральным и даже международным природоохранным законодательством***, находятся под реальной угрозой исчезновения. Причина тому — шантаж содового комбината. Его руководство грозит закрытием производства в г.Стерлитамаке, если им не предоставят сырьевую базу в виде шихана Тратау или Юрактау, и в то же время не желает вкладывать свои доходы в разработку имеющихся альтернативных месторождений известняка. Опасения вызывает и возросшая рекреационная нагрузка на экосистемы шиханов. Их защитники и местное население неоднократно заявляли, что ни в коем случае не хотят закрытия градообразующего производства, но считают недопустимым решать сырьевой вопрос комбината за счет уни-

*** Стерлитамакские шиханы признаны памятниками природы; отдельные их объекты — городище «Тура-Тау», святилище «Юрак-Таусское месторождение» — охраняются как памятники культуры на федеральном уровне; в 1994 г. все они включены во Всемирный предварительный список геологических объектов по охране геологического наследия (Global Indicative List of Geological Sites).

кального природного наследия, когда есть альтернативные источники.

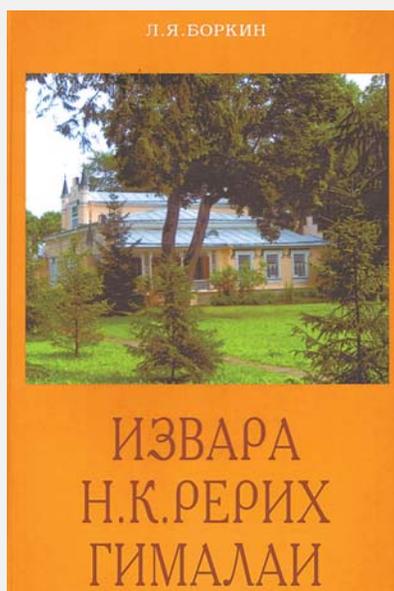
Показанное в книге сравнительно удовлетворительное состояние природных комплексов Тратау и Юрактау не должно вводить в заблуждение: пассивная охрана (только статус памятников природы) уже не обеспечивает их сохранность. Неизбежно возникает вопрос

о создании кластерного природного парка, направленного на сохранение шиханов (даже Шахтау можно использовать как геолого-палеонтологический музей под открытым небом). В реализации такого рода проекта существенную помощь может оказать и Природоохранительная комиссия РГО, основанная в 1912 г. и воссозданная через 100 лет.

Книга башкирских экологов, как и присуждение ей Национальной премии «Хрустальный компас», несомненно, будет способствовать защите этих шиханов от посягательств на их разработку. Ее необходимо широко использовать в просветительских целях для воспитания патриотического отношения к объектам природного и культурного наследия России. ■

География

Боркин Л.Я. Извара, Н.К.Рерих. Гималаи. Фотоальбом. СПб: Европейский Дом, 2014. 256 с.



В современной России имя Николая Константиновича Рериха (1874—1947) известно почти каждому. К сожалению, в сознании многих эта фигура ассоциируется прежде всего с мистицизмом, эзотеризмом и т.п. Под шквалом явно сомнительной литературы совершенно теряется важная составляющая наследия этого неординарного человека, связанная с востоковедением и географией. Книга Л.Я.Боркина, посвященная 140-летию со дня рождения Николая Константиновича и 30-летию Музея-усадьбы Н.К.Рериха в Изваре, — весомый вклад в изучение научного наследия Рериха, заставляющая читателя взглянуть на него «незатуманенным взглядом».

В книге рассмотрены жизнь и деятельность Н.К.Рериха, связанные с изучением Гималаев. По его маршрутам прошли члены двух комплексных биогеографических экспедиций, осуществленных Санкт-Петербургским союзом ученых (СПбСУ) осенью 2011 г. и весной 2013 г. Обследованы восточная часть штата Химачал-Прадеш, долина р.Кулу, Кашмирская долина и высокогорная область Ладак (Малый, или Индийский Тибет). Был получен уникальный материал для проведения анализа «Гималайского пути» Николая Константиновича, а результатом и стал фотоальбом. Он содержит 248 цветных фотографий ландшафтов, представителей флоры и фауны, объектов культурного наследия, характерных типажей местных жителей. Кроме того, воспроизведены архивные фотографии Рерихов, карандашные зарисовки и картины Николая Константиновича. Очень красочно, живым языком изложены приведенные описания.

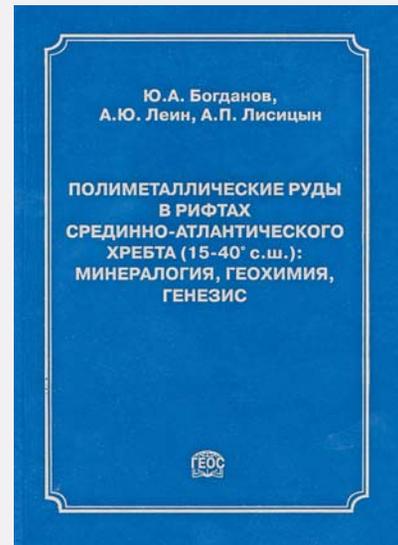
Фотоальбом состоит из 10 глав: Извара: начало пути; Н.К. Рерих и Гималаи; Весна в Кашмире; В Ладаке, стране высоких гор и монастырей; Лех — столица бывшего горного королевства; Опасный зов Каракорума; На западной окраине Тибетского нагорья; Кулу: долина 360 богов; Гималайский научно-исследовательский институт «Урусвати»; Холодные пустыни Трансгималаев.

Несомненный успех экспедиций показал, что научные общества в России способны своими силами готовить и реализовывать крупные научные междисциплинарные проекты международного значения. Изучение природы Западных Гималаев требует тщательных, многолетних исследований. Автором книги разработана долгосрочная программа примерно на семь научных экспедиций. Особый интерес представляют территории, лежащие между Гималаями и Тибетом, которые практически не изучены из-за своего пограничного положения.

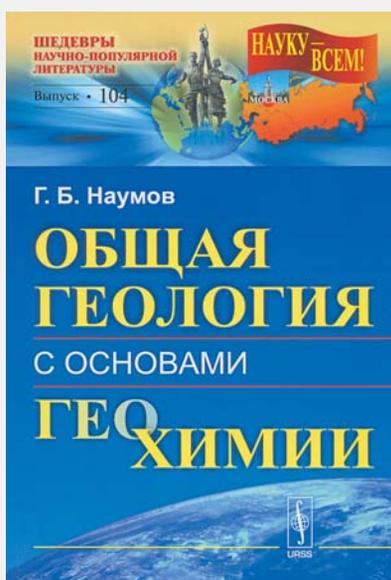
Минералогия. Геохимия

Ю.А.Богданов, А.Ю.Леин, А.П.Лисицын. ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ РУДЫ В РИФТАХ СРЕДИННО-АТЛАНТИЧЕСКОГО ХРЕБТА (15–40° с.ш.): МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ, ГЕНЕЗИС. М.: ГЕОС, 2015. 256 с.

Открытие в 1979 г. глубоководных гидротермальных полей в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов стало главной научной сенсацией второй половины XX в. в области наук о Земле. В монографии обобщены результаты минералого-геохимических исследований на гидротермальных полях, ассоциированных с базальтами (Брокен Спур, Снейк, ТАГ, Лаки Страйк, Менез Гвен) и на полях, ассоциированных с серпентинитами (Логачев, Рейнбоу, Лост Сити). Коллекции проб были собраны с помощью глубоководных обитаемых аппаратов «Мир-1 и -2», что позволило охарактеризовать руды полей в целом и выяснить точное расположение находок на рудных постройках. Ранее же пробы отбирались драгой или телегрейфером, поэтому их точное положение определить было очень трудно. В ходе изучения использовались традиционные и новые инструментальные химические, минералогические, изотопные и хромато-масс-спектрометрические методы. Выделены и охарактеризованы основные, второстепенные и акцессорные минералы руд, выявлены парагенные минеральные ассоциации и определены элементы-микропримеси и их генетические связи с основными и второстепенными минералами руд. Реконструирована геологическая жизнь гидротермальных полей в настоящем и прошлом, проанализированы общие черты гидротермального рудообразования в Мировом океане.

**Геология. Геохимия**

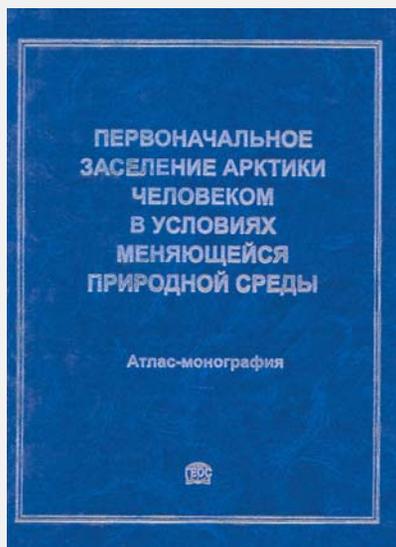
Г.Б.Наумов. ОБЩАЯ ГЕОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ ГЕОХИМИИ: УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ. М.: ЛЕНАНД, 2015. 256 с. (НАУКУ — ВСЕМ! Вып.104).



Анализ геологических процессов с системных позиций геохимического круговорота элементов позволил выявить взаимодействия живого и косного (неживого) вещества, создать учение о биосфере и ее роли в эволюции внешних оболочек нашей планеты, а для современного периода и понять значение человечества как геологической силы. Все экологические коллизии, быстро усиливающиеся в последнее время, тесно связаны с закономерностями развития этой силы, с эволюцией ноосферы, закономерно возникающей в эволюционном развитии Земли. Раздельное изучение общей геологии и геохимии затрудняет понимание органической связи между этими дисциплинами, а также не позволяет уяснить вещественный аспект геологических объектов и процессов, что особенно важно для специалистов в области экологии, имеющих дело с постоянной миграцией химических элементов в верхних частях земной коры и в отдельных ее участках. Настоящее пособие предназначено для преподавателей и студентов негеологических естественнонаучных специальностей, для которых базисные геологические данные становятся все более необходимыми в их успешной профессиональной деятельности. Знания о строении и формировании Земли, о развитии ее уникального органического мира подаются с позиций методологии В.И.Вернадского и его учения о биосфере как наиболее системного подхода к изучению природы.

География. Археология. Этнография

ПЕРВОНАЧАЛЬНОЕ ЗАСЕЛЕНИЕ АРКТИКИ ЧЕЛОВЕКОМ В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕЙСЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ: АТЛАС-МОНОГРАФИЯ // Отв. ред. В.М.Котляков, А.А.Величко, С.А.Васильев. М.: ГЕОС, 2014. 519 с.



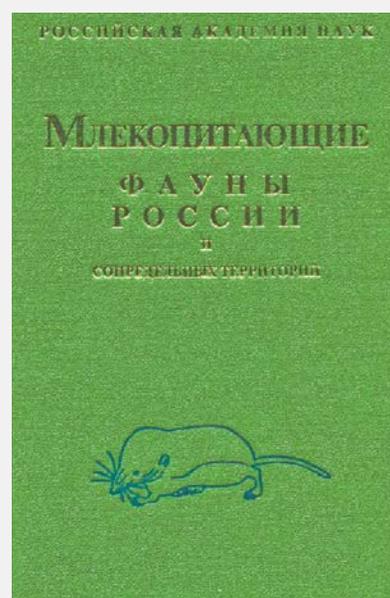
Проникновения человека в полярные и приполярные пространства и их освоение начались еще в каменном веке в Северной Евразии и завершились уже в историческое время в Гренландии, Исландии и на островах Северного Ледовитого океана. Атлас-монография, созданный в результате сотрудничества специалистов России, Норвегии, Дании, США и Канады в рамках проекта №276 «Первоначальное заселение Арктики человеком в условиях меняющейся природной среды» программы «Международный полярный год 2007—2009», дает сводку сведений о главных этапах процесса заселения. В первой части книги представлена серия региональных очерков («Фенноскандия», «Север и Северо-Восток Восточно-Европейской равнины», «Арктические острова», «Север Сибири», «Берингия», «Канадский Север», «Гренландия», «Исландия»), посвященных характеристике изменений природной среды в позднем плейстоцене и голоцене и проблемам расселения древнего человека. Здесь собраны данные по палеогеографии, антропологии, геногеографии и палеоэтнологии древних обитателей Арктики, отражающие региональные особенности освоения ими полярных областей. Во второй части впервые представлены комплексные реконструкции этапов и путей заселения человеком Севера и охарактеризованы основные особенности инициального заселения.

Зоология

Зайцев М.В., Войта Л.Л., Шефтель Б.И. МЛЕКОПИТАЮЩИЕ ФАУНЫ РОССИИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ. НАСЕКОМОЯДНЫЕ. СПб.: Наука, 2014. 391 с. (Серия «Определители по фауне России, издаваемые Зоологическим институтом РАН»).

Эта фундаментальная сводка посвящена трем семействам насекомых — ежовым, кротовым и землеройковым — и включает описание 12 родов и 47 видов. По сравнению с аналогичным изданием 1963 г. «Млекопитающие фауны СССР» текст тома коренным образом переработан, дополнен новыми сведениями и иллюстрациями. Авторами обновлены определительные таблицы, заново написаны очерки, в которых приведены характеристики таксонов, актуальные сведения по систематике, биологии и изменчивости насекомых.

Определитель служит для идентификации взрослых и полувзрослых особей, а необходимые для этого ключи составлены по внешним признакам и строению черепа. Кроме того, при характеристике таксонов указаны особенности зубной системы, описаны строение копулятивных органов самцов, а также наиболее важные признаки посткраниального скелета и других органов, отличающие ту или иную группу. Спорные моменты таксономии отражены в разделе «Замечания по систематике», а для некоторых сложных случаев приведены «Замечания по диагностике». Издание предназначено для зоологов-териологов, археозоологов, специалистов, работающих в заповедниках, охотничье-промысловых хозяйствах, санитарно-эпидемиологических и противочумных станциях, для преподавателей, аспирантов и студентов.



Правила для авторов

Журнал «Природа» публикует работы по всем разделам естествознания: результаты оригинальных экспериментальных исследований; проблемные и обзорные статьи; научные сообщения и краткие рефераты наиболее примечательных статей из научных журналов мира; рецензии; персоналии; материалы и документы по истории естественных наук. Поскольку статьи адресуются неспециалистам, желающим знать, что происходит в смежных областях науки, суть проблемы необходимо излагать ясно и просто, избегая узкопрофессиональных терминов и математически сложных выражений. Авторами могут быть специалисты, работающие в том направлении, тема которого раскрывается в статье. Без предварительной апробации научным сообществом статьи не принимаются, а принятые к публикации в «Природе» рецензируют-

ся и проходят редакционную подготовку.

Допустимый объем статьи — до 30 тыс. знаков (с пробелами). В редакцию статьи можно прислать по электронной почте прикрепленными файлами или на любом из следующих носителей: компакт-дисках CD-R или CD-RW; дисках DVD+R или DVD+RW; дисках Zip 100 Mb; на устройствах, поддерживающих USB. Для сжатых файлов необходимо представить свой архиватор. Самораспаковывающиеся архивированные файлы не принимаются.

Текст статьи, внутри которого библиографические ссылки нумеруются по мере цитирования, аннотация (на русском и английском языках), таблицы, список литературы и подписи к иллюстрациям оформляются одним файлом в формате MS с расширением doc, txt или rtf. Иллюстрации присылаются отдельными файлами. Если пере-

сылаемый материал велик по объему, следует архивировать его в формат ZIP или RAR.

Принимаются растровые изображения в форматах: EPS или TIFF — без LZW-компрессии. Цветные и полутонные изображения должны иметь разрешение не ниже 300 dpi, черно-белые (B/W, Bitmap) — не менее 800 dpi. Принимаются векторные изображения в формате COREL DRAW CDR (версии 9.0—11.0) и Adobe Illustrator EPS (версий 5.0—8.0).

Редакция высылает автору статью для согласования только в виде корректуры. Все авторские исправления необходимо выделять цветом, курсивом, полужирным шрифтом и т.д. и не трогать формулы и специальные символы (греческие буквы, математические знаки и т.п.), в которых ошибки не допущены.

Поступление статьи в редакцию подтверждает полное согласие автора с правилами журнала.

Над номером работали

Ответственный секретарь

Е.А.КУДРЯШОВА

Научные редакторы

О.О.АСТАХОВА

М.Б.БУРЗИН

Т.С.КЛЮВИТКИНА

К.Л.СОРОКИНА

Н.В.УЛЬЯНОВА

М.Е.ХАЛИЗЕВА

О.И.ШУТОВА

А.О.ЯКИМЕНКО

Выпускающий редактор

Л.П.БЕЛЯНОВА

Литературный редактор

Е.Е.ЖУКОВА

Художественный редактор

Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией

И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Перевод:

С.В.ЧУДОВ

Корректоры:

М.В.КУТКИНА

Л.М.ФЕДОРОВА

Графика, верстка:

А.В.АЛЕКСАНДРОВА

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

Учредитель:
Российская академия наук,
президиум
Адрес издателя: 117997,
Москва, Профсоюзная, 90

Адрес редакции: 119049,
Москва, Мароновский пер., 26
Тел.: (499) 238-24-56, 238-25-77
Факс: (499) 238-24-56
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 16.06.2015
Формат 60×88 1/8
Бумага офсетная. Офсетная печать
Усл. печ. л. 11,16. Уч. изд. л. 12,2
Тираж 402 экз.
Заказ 345
Цена свободная
Набрано и сверстано в редакции

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

www.ras.ru/publishing/nature.aspx

При использовании материалов ссылка на журнал «ПРИРОДА» обязательна.

в следующем номере



О животных, населявших какую-либо местность в давно прошедшие времена, обычно судят по добытым при раскопках костным останкам. Кое-какую информацию, особенно о хорошо известных видах животных, можно получить из древних рукописных источников и, конечно же, старинных изображений. Но бывало и наоборот, когда, анализируя их, ученые сначала узнавали о каком-то до того неизвестном виде животных и только потом убеждались в его существовании. Пример тому — напольные мозаики с изображениями различных птиц, обнаруженные при раскопках древнего Херсонеса Таврического в Севастополе. По оценкам специалистов, мозаики созданы в VI в., когда город пребывал под властью Византийской империи. Попытки выяснить видовую принадлежность птиц, изображенных художниками, позволили получить интересные данные о фауне птиц региона в период раннего Средневековья, а также о необычных домашних птицах, содержащихся горожанами в то время. Так, есть основания предполагать, что в VI в. в Херсонесе кроме павлинов содержали и цесарок. Свидетельство тому — пара скромно окрашенных птиц с характерной формой тела и треугольным желтым гребнем на голове. Ясно, что на мозаике изображены цесарки, и это открытие представляет чрезвычайный интерес. Дело в том, что эти птицы, издавна одомашненные в Северной Африке, были распространены в Европе в Античное время, а после распада Римской империи и вплоть до XVI в. цесарок в Европе, как было принято считать, не разводили. Однако присутствие их изображений на полу херсонесской базилики VI в. свидетельствует об обратном.

Цвелых А.Н. ПТИЦЫ ДРЕВНЕГО ХЕРСОНЕСА НА МОЗАИКАХ И ФРЕСКАХ

