

ISSN 0032-874X

# ПРИРОДА

4 17



Главный редактор  
академик, доктор физико-математических наук **А.Ф.Андреев**

Заместитель главного редактора  
доктор физико-математических наук **А.В.Бялко**

доктор биологических наук **А.С.Апт**, доктор геолого-минералогических наук **А.А.Арискин**, член-корреспондент, доктор физико-математических наук **П.И.Арсеев**, **О.О.Астахова**, доктор биологических наук **Ф.И.Атауллаханов**, член-корреспондент, доктор юридических наук **Ю.М.Батурич**, доктор биологических наук **Д.И.Берман**, доктор биологических наук **П.М.Бородин**, **М.Б.Бурзин**, доктор физико-математических наук **А.Н.Васильев**, член-корреспондент, доктор филологических наук **В.И.Васильев**, кандидат биологических наук **М.Н.Воронцова**, доктор физико-математических наук **Д.З.Вибе**, кандидат физико-математических наук, доктор биологических наук **М.С.Гельфанд**, академик, доктор физико-математических наук **С.С.Герштейн**, профессор **А.Глухов** (**A. Glukhov**, США), академик, доктор физико-математических наук **Г.С.Голицын**, доктор химических наук **И.С.Дмитриев**, кандидат биологических наук **С.В.Дробышевский**, академик, доктор физико-математических наук **Л.М.Зеленый**, академик, доктор биологических наук **Н.А.Зиновьева**, академик, доктор биологических наук **А.Л.Иванов**, профессор **Т.Йованович** (**T. Jovanović**, Сербия), доктор биологических наук **С.Л.Киселев**, кандидат географических наук **Т.С.Клювиткина**, член-корреспондент, доктор физико-математических наук **М.В.Ковальчук**, доктор биологических наук **С.С.Колесников**, **Е.А.Кудряшова**, профессор **Е.Кунин** (**E. Koonin**, США), доктор геолого-минералогических наук **А.Ю.Леин**, член-корреспондент, доктор биологических наук **В.В.Малахов**, профессор **Ш.Миталипов** (**Sh. Mitalipov**, США), доктор геолого-минералогических наук **Т.К.Пинегина**, доктор сельскохозяйственных наук **Ю.В.Плугатарь**, доктор физико-математических наук **М.В.Родкин**, академик, доктор биологических наук **Л.В.Розенштраух**, кандидат географических наук **Ф.А.Романенко**, академик, доктор физико-математических наук **А.Ю.Румянцев**, член-корреспондент, доктор биологических наук **Н.И.Санжарова**, доктор физико-математических наук **Д.Д.Соколов**, кандидат физико-математических наук **К.Л.Сорокина**, кандидат исторических наук **М.Ю.Сорокина**, **Н.В.Ульянова**, академик, доктор биологических наук **М.А.Федонкин**, академик, доктор физико-математических наук **А.Р.Хохлов**, академик, доктор физико-математических наук **А.М.Черепашук**, академик, доктор физико-математических наук **Ф.Л.Черноуцко**, член-корреспондент, доктор химических наук **В.П.Шибяев**, **О.И.Шутова**, кандидат биологических наук **А.О.Якименко**, доктор геолого-минералогических наук **А.А.Ярошевский**

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Прерванный сон гималайского медведя.  
Большехецирский заповедник. Сентябрь 2011 г.

См. в номере: **Ткаченко К.Н.** *Гималайские медведи Большого Хехцира.*

Фото автора

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Серые вороны часто кормятся у водоемов.  
Двустворчатые моллюски — один из излюбленных видов корма этих птиц. Они  
ловко раскрывают раковины, засовывая кончик клюва в щель между створками.  
Пруд в ЦПКО имени М.Горького в Москве. Март 2017 г.

См. в номере: **Зорина З.А.** *«Разумная предусмотрительность» и другие  
особенности поведения врановых.*

Фото В.Е.Шутова



«Наука»

© Российская академия наук, журнал «Природа», 2017  
ФГУП «Издательство «Наука», 2017

© Составление. Редакция журнала «Природа», 2017

**В НОМЕРЕ:****3 Ю.А.Резунков****Лазерные системы реактивной тяги**

Еще Циолковский думал о доставке энергии к космическому кораблю извне, с помощью направленного электромагнитного излучения. Создание лазеров открыло путь к реализации этой идеи. Почему подобные ракеты пока не летают?

**14 З.А.Зорина****«Разумная предусмотрительность» и другие особенности поведения врановых**

В многочисленных экспериментах врановые решают сложные тесты наравне с человекообразными обезьянами, что свидетельствует о высоком уровне когнитивных способностей этих птиц. Однако для подтверждения этого необходимы наблюдения за ними в природе, которых пока явно недостаточно. Восполнить этот дефицит могут любительские наблюдения, которые, правда, нуждаются в тщательной проверке на достоверность.

**27 К.Н.Ткаченко****Гималайские медведи Большого Хехцира**

Хребет Большой Хехцир, где расположен Большехехцирский заповедник, находится в густонаселенной местности, что накладывает отпечаток на образ жизни гималайских медведей. Они постоянно появляются в местах, освоенных человеком, в поисках корма. Основу их рациона составляет преимущественно растительная пища. Главные враги гималайского медведя в заповеднике — тигр и бурый медведь.

**37 С.М.Малхазова, В.А.Миронова****Природноочаговые болезни в России**

Природноочаговые болезни — целая группа опасных инфекций, передающихся человеку от животных. Возбудители этих заболеваний относятся к неотъемлемым компонентам экосистем, поэтому распространение болезней неизбежно зависит от различных факторов географической среды. Так как же влияет на заболеваемость людей ландшафтная структура территории?

**48 Е.Н.Черных****Археология и история: хронологический диссонанс родственных наук**

Окончание

**Заметки и наблюдения****58 В.Г.Кузнецов****Рассказывает образец осадочной породы****Апрельский факультатив****61 М.С.Гельфанд****О прокрастинации в научных исследованиях****Р.К.Расцветаева****Великаны в стране пигмеев (66)****Времена и люди****80 Т.Н.Савинова****Сто лет из жизни естественнонаучных музеев Оренбургского края (1830–1930)****91****Новости науки**

Звездообразование в газовом диске линзовидной галактики. **И.С.Прошина, А.Ю.Князев, О.К.Сильченко (91)**. Первые достоверные данные о переходе пульсаров в режим «пропеллера». **А.А.Лутовинов (92)**. Кремниевые наночастицы для нелинейных наноантенн. **Д.Г.Баранов (92)**. Бозиит — новый минерал надгруппы турмалина. **И.А.Бакшеев, В.Ю.Прокофьев, Л.Д.Зорина, А.Эртл (94)**. Подвеска с солярной символикой из Северного Приохотья. **А.И.Лебединцев (95)**.

## CONTENTS:

### 3 **Ju.A.Rezunkov**

#### **Laser Propulsion Systems**

*K.E.Tsiolkovsky proposed to supply energy for spacecraft externally, using beamed electromagnetic radiation, many years ago. Creation of a laser opened the door to the realization of this idea. Why don't such rockets fly up to now?*

### 14 **Z.A.Zorina**

#### **«Reasonable Precaution» and Other Behaviours of Corvidae**

*In numerous experiments Corvidae solve complex tests on a par with anthropoid apes, demonstrating a high level of cognitive abilities. But to prove this, observations in the wild are necessary, obviously lacking so far. Amateur observations can make good the deficit, but their reliability needs to be carefully checked, though.*

### 27 **K.N.Tkachenko**

#### **Asiatic Black Bears of the Big Khekhtsir**

*The Bol'shekbekhtsirsky Reserve is located in a densely populated area of the Big Khekhtsir Mountain Range. It affects the lifestyle of Asiatic black bears. They constantly search for food in areas cultivated by human. Their diet is mostly composed of plants. The main enemies of Asiatic black bears in the reserve are tigers and brown bears.*

### 37 **S.M.Malkhazova, V.A.Mironova**

#### **Natural-Focal Diseases in Russia**

*Natural-focal diseases are a whole group of dangerous infections passing from animals to people. These pathogenic agents are an integral component of ecosystems, that's why the spread of diseases inevitably depends on various factors of geographical environment. So how does the landscape structure of territory influence human morbidity?*

### 48 **E.N.Chernykh**

#### **Archeology and History: Chronological and Methodological Discord of Cognate Sciences**

The conclusion

### Notes and Observations

### 58 **V.G.Kuznetsov**

#### **An Example of Sedimentary Rock Tells a Story**

### April Lectures

### 61 **M.S.Gelfand**

#### **About the Procrastination in Scientific Research**

**R.K.Rastsvetaeva**

#### **Giants in the Land of Pygmies (66)**

### Times and People

### 80 **T.N.Savinova**

#### **A Hundred Years in the Life of Natural History Museums of the Orenburg Territory (1830–1930)**

### 91

### Science News

Star Formation in the Gas Disk of Lenticular Galaxy. **I.S.Proshina, A.Yu.Kniazhev, O.K.Sil'chenko** (91). The First Reliable Data on the Pulsar Transition into the «Propeller» Regime. **A.A.Lutovinov** (92). Silicon Nanoparticles for Nonlinear Nanoantennas. **D.G.Baranov** (92). Bosiite — a New Mineral from the Tourmaline Supergroup. **I.A.Bakshiev, V.Yu.Prokofiev, L.D.Zorina, A.Ertl** (94). A Pendant with Solar Symbols from the North Priokhot'e. **A.I.Lebedintsev** (95).

# Лазерные системы реактивной тяги

Ю.А.Резунков

Известно, что еще в 1914 г. российский ученый-исследователь К.Э.Циолковский впервые обосновал возможность путешествия в околоземном космическом пространстве с помощью реактивных двигателей [1]. Менее известно, что в 1924 г. он же предложил использовать энергию направленного электромагнитного излучения для создания реактивной тяги: *«Есть самый заманчивый способ приобретения скорости. Это — передача энергии снаряду извне, с Земли. Сам снаряд может не запасаться материальной частью (т.е. весомой, в виде взрывчатых веществ или горючего, энергией). Она ему передается с планеты в образе параллельного пучка электромагнитных лучей с небольшой длиной волны. Такие лучи могут направляться параллельным пучком с помощью большого параболического зеркала к летящему аэроплану и там уже давать работу, необходимую для отбрасывания частиц воздуха или запасенного «мертвого» материала для получения космической скорости еще в атмосфере [2]. Насколько удалось продвинуться по этому пути и каковы перспективы в создании лазерных систем реактивной тяги?»*

## От прошлого к планам на будущее

Прошло уже 60 лет с момента запуска первого искусственного спутника Земли с помощью ракеты-носителя «Спутник». С тех пор во многих странах (в России, США, во Франции, в Японии и Китае) построены мощные ракетные стартовые комплексы — космодромы, реализованы управляемые по-



**Юрий Александрович Резунков**, доктор технических наук, начальник лаборатории лазерно-физических исследований Научно-исследовательского института оптико-электронного приборостроения (Сосновый Бор, Ленинградская обл.). Область научных интересов — лазерная физика и оптика, лазерная техника и лазерные технологии.

**Ключевые слова:** лазер, лазерная абляция, лазерные паруса, лазерный орбитальный аппарат, лазерная плазма, лазерная реактивная тяга, ракетные двигатели, реактивная тяга.

**Key words:** laser, laser ablation, laser sails, laser orbital vehicle, laser plasma, laser propulsion, jet engine, thrust.

леты космических аппаратов на другие планеты Солнечной системы. Дальнейшее освоение ближнего космоса ориентировано на создание орбитальной инфраструктуры из пилотируемых станций, включая энергетические комплексы по преобразованию солнечной энергии и ее передаче на Землю. В плане — базы на Луне для освоения ее недр, для организации межпланетных полетов и т.п. Все эти проекты нуждаются в экономически эффективных воздушно-космических системах многократного запуска пилотируемых и беспилотных аппаратов [3].

В 90-х годах прошлого века главным проектом создания многоразовых воздушно-космических систем запуска были аппараты типа Space Shuttle и «Буран-Энергия», использующие двухступенчатую схему с параллельным расположением ракетных носителей. В качестве 1-й ступени служили два ускорителя с ракетным двигателем на твердом топливе. Вторая (орбитальная) ступень представляла собой воздушно-космический самолет (ВКС), который был рассчитан на длительную эксплуатацию. Такая система запуска позволяла увеличить

относительную долю полезной нагрузки в общей массе стартового аппарата, а также функционально разделить двигательные установки.

Одновременно анализировалась возможность создания одноступенчатого воздушно-космического самолета, который должен был бы осуществлять горизонтальный взлет и разгон до орбитальной скорости, выход на орбиту, маневрирование и сход с орбиты, вход в плотные слои атмосферы, торможение и посадку. Основная проблема здесь — чрезмерно большой расход топлива на разгон (85%), как и при запуске космических аппаратов с использованием ракет. В результате на полезную нагрузку остается очень малая доля общей массы самолета, что приводит к высокой стоимости вывода аппаратов в космос. В среднем масса полезного груза, выводимого ракетными носителями на околоземные орбиты, составляет 3–4 % от стартовой массы носителя. Для геостационарных орбит на космический аппарат по массе приходится всего 0,3–0,5% от носителя и разгонного блока.

Альтернативное направление в создании многократных реактивных систем — лазерные системы реактивной тяги, включающие космический аппарат с лазерным реактивным двигателем, источник излучения (лазер), оптическую систему управления, наведения и удержания излучения на запуске аппарата. Основное их преимущество — отсутствие мощного источника энергии на борту, что позволяет увеличить долю полезной нагрузки. Кроме того, они позволяют создать реактивную силу как в атмосферных условиях (*в воздушно-реактивном режиме*), так и в космосе (*в ракетном режиме*) с использованием гибридных воздушно-реактивных/ракетных лазерных двигателей.

Следует отметить, что столько же (а именно 60 лет) прошло и с момента создания первого лазера [4]. К настоящему времени разработаны лазеры различного типа: газовые и твердотельные, непрерывные и импульсно-периодические, генерирующие излучение в различных спектральных диапазонах — от рентгеновского до дальнего инфракрасного. Они используются как в мирных, так и в военных целях. В частности, разрабатываются проекты по созданию глобальных космических энергетических систем на базе технологии передачи энергии с помощью мощного лазерного излучения [3].

Идею использования эффекта лазерной абляции твердых материалов для формирования реактивной тяги и запуска аппаратов на околоземные орбиты впервые высказал А.Кантровиц в 1972 г. [5]. Позднее, в 80-х годах, появились подробные проекты лазерных систем реактивной тяги в исследованиях, проводимых НАСА (США). Часть этих проектов была связана с разработкой космических транспортных систем, использующих энергию мощных (порядка гигаватта!) лазеров [6, 7]. Наконец, в 2009 г. были опубликованы прогнозы,

предсказывающие интенсивное развитие технологий лазерно-реактивного движения в период до 2020–2025 гг. применительно к созданию космических систем связи, систем дистанционного зондирования Земли, развитию Интернета и малых спутников для его организации [3, 8].

Однако до сих пор все эти проекты по лазерной тяге не выходят за пределы лабораторий. Возникает естественный вопрос: почему? И есть ли перспективы у лазерных систем? На наш взгляд, именно лазерная реактивная тяга — тот самый альтернативный метод вывода объектов на околоземные орбиты, который позволит значительно ускорить освоение околоземного космического пространства и создать новый, экологически безопасный, вид воздушно-космических транспортных систем.

## Особенности реактивных двигателей

Для реактивного полета в атмосфере наиболее распространены прямоточные воздушно-реактивные двигатели\*. Они бывают трех типов: «дозвуковые» для дозвуковых и малых сверхзвуковых скоростей полета (т.е. при числе Маха  $M < 1.5–2.0$ ); сверхзвуковые — для умеренных сверхзвуковых скоростей ( $M < 5.0–7.0$ ) и гиперзвуковые — для больших сверхзвуковых скоростей ( $M > 5.0–7.0$ ).

Реактивные двигатели характеризуются рядом параметров, определяющих эффективность создания реактивной тяги. Удельный импульс реактивной струи  $I_{sp}$  (с) связан с величиной тяги  $T$  и секундным расходом топлива  $m$  в реактивной струе соотношением:  $I_{sp} = T/mg$ , где  $g$  — ускорение свободного падения. Чем выше удельный импульс, тем медленнее расходуется топливо в полете.

Цена тяги  $C_T$  определяется как отношение мощности  $W$  тепловых источников в камере сгорания (или тепловой мощности выделения энергии) к величине тяги  $T$ , создаваемой двигателем:  $C_T = W/T$  (Вт/Н). Эффективность лазерных реактивных двигателей оценивается по удельному импульсу реактивной отдачи — отношению величины тяги к средней мощности излучения  $P$ :  $C_m = T/P$  (Н/Вт). Формально  $C_m$  обратно пропорциональна цене тяги  $C_T$ .

В общем случае КПД  $\eta$  двигателя определяется как отношение кинетической мощности реактивной струи к мощности процесса выделения тепла в камере сгорания, например тепловой мощности химических реакций, протекающих при взаимодействии компонентов ракетного топлива, для химических реактивных двигателей ( $\eta = I_{sp}g/2C_T$ ) или мощности излучения для лазерных ( $\eta = C_m I_{sp}g/2$ ).

\* Прямоточный воздушно-реактивный двигатель — реактивный двигатель, в котором тяга создается исключительно за счет реактивной струи, истекающей из сопла. Необходимое для работы двигателя повышение давления создается за счет набегающего потока воздуха в камере сгорания рабочего топлива.

Космические реактивные двигатели используют «топливо» (рабочее вещество), запасаемое на борту космического аппарата. При этом для осуществления межорбитальных полетов и маневров аппарата необходимо максимально экономить топливо при обеспечении максимальной тяги. Эти требования в значительной мере противоречивы. Как видно из приведенных формул, величина  $C_m$  (тяга двигателя) и величина  $I_{sp}$  (расход рабочего вещества) обратно пропорциональны друг другу. Чтобы удовлетворить этим требованиям, нужно оптимизировать как конструкцию двигателя, так и процесс формирования реактивной тяги при сохранении наибольшего КПД двигателя.

Для ориентации и стабилизации космических аппаратов широко используются жидкостные ракетные двигатели и электрореактивные двигатели. Первые обеспечивают высокую тягу на уровне единиц килоньютон, что и обуславливает их использование для ориентации массивных аппаратов. Их КПД достигает 70% при удельном импульсе тяги до  $I_{sp} = 400-500$  с (рис.1) [7]. Например, для двигателей ориентации «Бурана» импульс тяги составляет примерно 4.5 кН·с.

Электрореактивные двигатели создают низкую тягу (это их главный недостаток), зато имеют удельный импульс в 5–10 раз больше (1000–20000 с), чем у жидкостных. КПД в данном случае достигает 65%, затраты потребляемой электрической мощности на создание тяги составляют 1–100 кВт/Н. Используются эти двигатели только в достаточно продолжительных полетах или для стабилизации пространственной ориентации космических аппаратов.

Лазерные реактивные двигатели конструктивно проще и жидкостных, и электрореактивных, а по своим реактивным характеристикам занимают промежуточное положение между ними: могут обеспечить тягу 1–1000 Н при высоком удельном импульсе порядка 1000–2000 с и затратах лазерной мощности менее 10 кВт/Н. Иными словами, в единичном импульсе лазерный двигатель может дать импульс тяги, сравнимый по величине с таковым у электрореактивного, а суммарный импульс может достигать величины, обеспечиваемой жидкостным, — удачное сочетание для орбитального маневра. Благодаря тому, что необходимая энергия подводится к двигателю с помощью лазерного излучения от внешнего источника, есть возможность увеличить полезную нагрузку аппарата. На рис.1 показано изменение характеристик лазерного реактивного двигателя при изменении мощности излучения от 100 кВт до 100 МВт.

Справедливости ради следует отметить, что современные лазеры по мощности не превышают 10 МВт [4]: создание более мощных наталкивается на определенные технические и технологические трудности. Поэтому возникает еще один вопрос: что же все-таки тормозит развитие лазерных систем реактивной тяги — отсутствие эф-

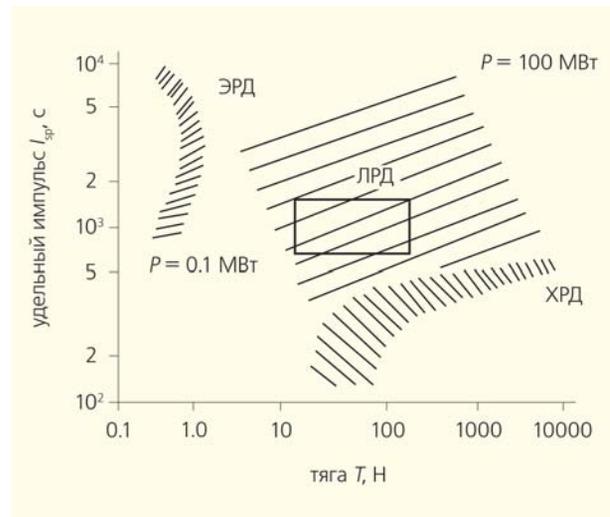


Рис.1. Сравнительные характеристики тяги различных двигателей: ЛРД — лазерный реактивный двигатель; ХРД — реактивный двигатель на химическом топливе; ЭРД — электрореактивный двигатель.

фективного лазерного реактивного двигателя или мощного лазера, обеспечивающего его необходимой энергией? Для ответа важно знать, как такие двигатели работают.

### Взаимодействие излучения с рабочим веществом

Механизмы, ответственные за возникновение лазерной тяги, включаются только при воздействии лазерного излучения на газы, жидкости или твердые материалы. Теоретические основы ее формирования в газовых средах были заложены в работах А.М.Прохорова в начале 70-х годов прошлого века [9]. В это же время Ю.П.Райзер разработал теорию взаимодействия лазерного излучения с газовой плазмой [10].

В начале 2000-х наблюдался всплеск научного интереса к лазерной тяге, что нашло свое отражение в трудах Международного симпозиума по реактивной тяге, создаваемой с помощью лучевой энергии (International Symposium on Beamed Energy Propulsion). Были рассмотрены практически все вопросы — от истории развития исследований по лазерной тяге в разных странах (в Германии, России, США, Японии) до новых разработок методов формирования реактивной тяги, оригинальных конструкций лазерных двигателей и космических аппаратов на их основе. Обобщая результаты симпозиума, можно выделить три основных механизма, ответственных за формирование лазерной тяги.

Наиболее исследована *лазерная тяга со «взрывным» механизмом формирования импульса отдачи* при импульсном лазерном пробое газовой

среды и образовании газовой плазмы в фокусе оптического концентратора лазерного двигателя [9]. При этом происходит поглощение энергии лазерного излучения газовой плазмой, сопровождаемое резким повышением давления в плазме и формированием ударных волн на ее границе с окружающим газом. В этом случае концентратор (параболическое зеркало) одновременно служит и реактивным соплом (рис.2). Реактивная тяга создается за счет взаимодействия ударной волны, возникающей в сопле, с рабочим газом и стенками сопла. Величина  $C_m$  здесь будет функцией комплексного параметра  $R_0$ , используемого в теории локального взрыва [11] в виде «динамического» радиуса области оптического пробоя. Максимальная величина  $C_m$  достигается при различных значениях  $R/R_0$ , где  $R$  — характерный геометрический параметр сопла;  $C_m = (40-50) \cdot 10^{-5}$  Н/Вт регистрировались для реактивного сопла в виде параболоида вращения в достаточно широком диапазоне энергии в импульсе

$CO_2$ -лазера [9]. Однако как в этой, так и в других работах эффективность анализировалась с учетом лишь гидродинамических эффектов, а механизмы поглощения лазерной энергии (мощности) практически не рассматривались (считается, что вся энергия лазерного импульса поглощается в области импульсного пробоя газовой среды).

Подробно исследовался практически классический механизм формирования лазерной тяги (рис.3), когда лазерное излучение фокусируется в специальную камеру (поглощения) через оптическое (или газодинамическое) окно, где поглощается плазмой непрерывного оптического разряда (газовой плазмы) в газе (см., например, [13, 14]). При этом основной осевой поток газа обдувает плазму, образованную уже непрерывным оптическим разрядом, а у пристеночного слоя течет периферийный (буферный) газ, который защищает стенки камеры двигателя от мощных конвективных тепловых потоков. Температура рабочего тела

в камере поглощения, в области ядра оптического разряда, может достигать 12 000–20 000 К, в зависимости от длины волны излучения. Лазерное излучение фокусируется в этой области, в приосевой зоне камеры, где и происходит его поглощение за счет процесса, обратного тормозному эффекту излучения. В реактивном сопле нагретый газ преобразуется в выходную реактивную струю. Это так называемый *лазерно-плазменный механизм* формирования тяги. Величина  $C_m$  в этом случае оказывается функцией эффективности поглощения газовой плазмой энергии лазерного излучения и составляет величину порядка  $(30-40) \cdot 10^{-5}$  Н/Вт.

Однако при низких давлениях рабочего газа на входе в камеру поглощения могут нарушаться условия устойчивого «горения» оптического разряда и наблюдаться движение плазмы в направлении подвода лазерного излучения, что приводит к разрушению конструкции двигателя.

*Лазерная абляционная тяга* образуется за счет испарения твердого рабочего материала под действием мощного лазерного излучения. Если на поверхность непрозрачного твердого тела (мишени) падает поток электромагнитного излучения, при достаточно высокой его ин-

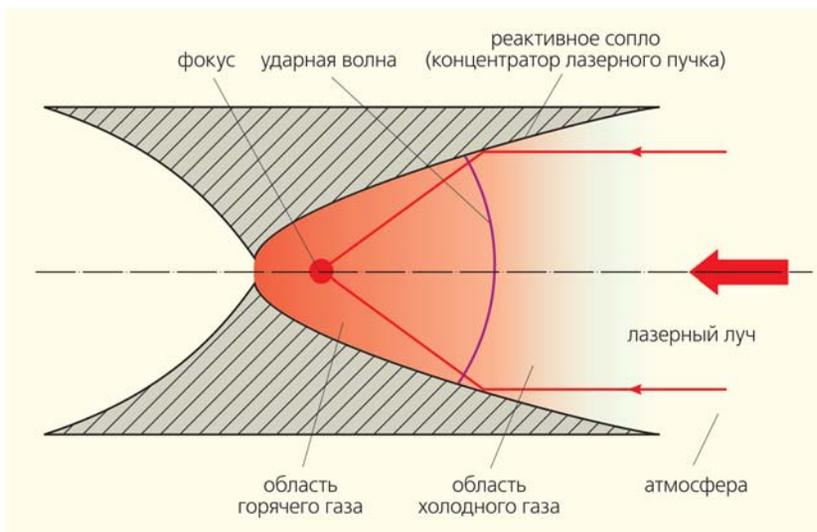


Рис.2. Принцип работы импульсно-периодического лазерного ракетного двигателя.

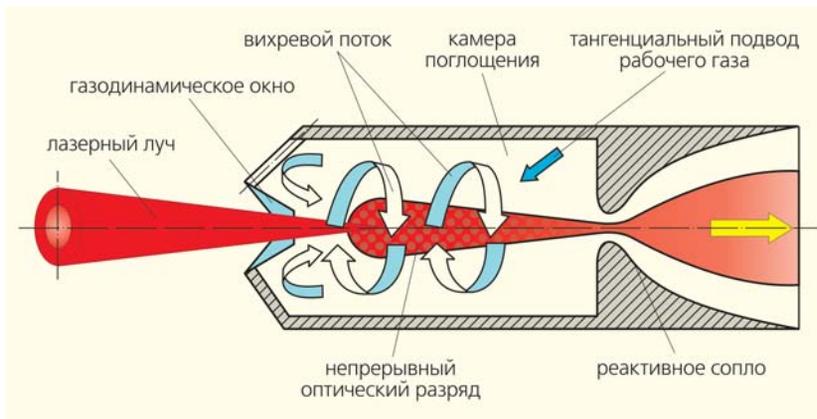


Рис.3. Лазерный реактивный двигатель на основе непрерывного оптического разряда [13].

тенсивности наступает процесс так называемого развитого поверхностного испарения мишени (рис.4). Выделение энергии в поверхностном слое вещества происходит столь быстро, что он успевает испариться прежде, чем теплопроводность и другие процессы теплопередачи отведут от нагретого слоя выделившееся тепло, и вся поглощаемая энергия излучения тратится на испарение мишени. С ее поверхности идет поток пара  $j$ , массовая плотность которого в соответствии с законом сохранения энергии равна [9]:

$$j = (1 - r)I/q,$$

где  $I$  — интенсивность излучения на поверхности мишени,  $r$  — коэффициент отражения излучения от мишени,  $q$  — удельная (на единицу массы) теплота испарения вещества мишени.

Величина удельного импульса реактивной отдачи  $C_m$  при лазерной абляции зависит как от материала мишени, так и от параметров лазерного импульса. В результате многочисленных экспериментов выяснилось, что при интенсивности излучения, превышающей порог лазерного пробоя паров материала, с хорошей точностью выполняется следующая универсальная зависимость [12]:

$$C_m = b(I\lambda\tau^{1/2})^n.$$

Здесь  $I$  — интенсивность ( $\text{Вт}/\text{см}^2$ ),  $\lambda$  — длина волны излучения (см),  $\tau$  — длительность импульса излучения (с). Коэффициент  $b$  для мишеней, например из алюминиевых сплавов, составляет 5.6, а для полимерных С-Н-материалов — 6.5; показатель  $n$  равен 0.300 для обоих типов материалов. Данное соотношение справедливо в диапазонах изменения интенсивности излучения  $3 \text{ МВт}/\text{см}^2 - 70 \text{ ТВт}/\text{см}^2$ ,  $\tau - 500 \text{ пс} - 1.5 \text{ мс}$  и  $\lambda - 0.248 - 10.6 \text{ мкм}$ . Обычно для лазерной абляционной тяги  $C_m \leq 10^{-4} \text{ Н}/\text{Вт}$ .

Наиболее перспективными оказываются комбинированные методы, когда реактивная тяга усиливается за счет дополнительных процессов, вызываемых лазерным излучением. В частности, в полимерных материалах под действием лазерного излучения инициируются химические реакции, протекающие со значительным выделением дополнительной тепловой энергии. Эксперименты с использованием полимеров СНО-химического состава показали увеличение эффективности формирования реактивной тяги до

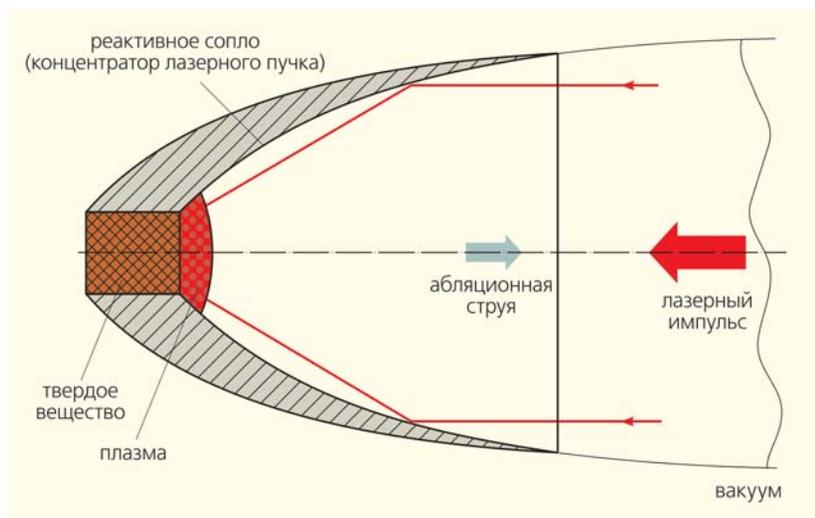


Рис.4. Схема формирования лазерной абляционной тяги [6].

$C_m \sim 10^{-3} \text{ Н}/\text{Вт}$ . При этом рабочее вещество для лазерно-химического двигателя должно быть из класса полимеров (полиформальдегид) с небольшим отрицательным кислородным балансом и достаточно высокой энергией детонации.

В качестве примера на рис.5 приведены фотографии формирования реактивной струи в лазерно-химическом реактивном двигателе с непрерывным механизмом формирования тяги под воздействием мощного  $\text{CO}_2$ -лазера (мощность 20 кВт), где в качестве дополнительного рабочего материала служил делрин, обдуваемый потоком атмосферного воздуха.

Следует отметить, что большая часть исследований по лазерной тяге проводилась в дозвуковых режимах формирования тяги в атмосферном воздухе. Попытки перейти к сверхзвуковым режимам наталкиваются на значительное усложнение как теоретического анализа (из-за расширения круга газодинамических явлений), так и постановки экспериментов по формированию лазерной тяги (здесь трудно обеспечить одновременно и эффективную передачу энергии сверхзвуковому потоку, и дальнейшее ускорение последнего).

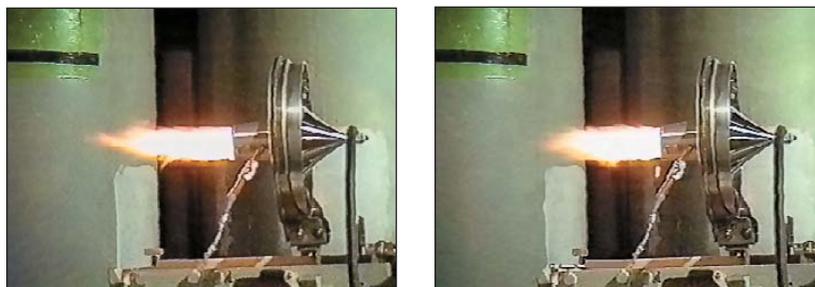


Рис.5. Различные режимы работы непрерывного лазерного двигателя на атмосферном воздухе при расходе 0.2 г/с [15].

## Аэрокосмические аппараты с лазерной тягой

Первая версия лазерного сверхзвукового прямоточного двигателя была представлена в проекте Apollo—Lightcraft (НАСА) в 80-х годах прошлого столетия [16]. Проект включал в себя разработку всех элементов лазерной аэрокосмической системы — от конструкции аппарата с лазерным реактивным двигателем до систем управления взлетом и посадкой. В компоновке аппарата частично использовались предыдущие технические решения для космического корабля Apollo. Основная проблема заключалась в том, как «пристроить» к нему лазерные реактивные двигатели. Эта программа финансировалась НАСА параллельно со Стратегической оборонной инициативой (СОИ), в которой значительный акцент делался на разработку лазеров космического базирования гигантского класса мощности. Поэтому Apollo—Lightcraft был рассчитан на использование излучения именно космических лазеров, что и определило особенности конструкции лазерного реактивного двигателя.

Управляться аппарат должен был излучением мощного (несколько гигаваат) лазера космического базирования (рис.6). Концентратор лазерного пучка в виде центрального параболического зеркала обеспечивал фокусировку излучения вблизи бокового кольцевого обтекателя. Реактивное сопло было образовано внеосевым концентратором лазерного пучка и этим обтекателем. Предполагалось использовать два механизма формирования лазерной тяги: взрывной, под действием ударных волн, и лазерно-плазменный, с формированием непрерывной реактивной струи.

Однако оба этих метода в условиях сверхзвукового потока приводят к неустойчивости лазерной тяги. Чтобы сформировать эффективную сверхзвуковую реактивную струю при взаимодействии излучения с потоком в реактивном сопле, необходимо изменить условия вклада лазерной

энергии в поток. Мы предложили комбинированный подход, основанный на формировании мощным излучением лазерной абляционной струи вблизи внутренней поверхности сопла с последующим ее взаимодействием со сверхзвуковым потоком [17]. Лазерная абляционная струя, возникающая вблизи твердой поверхности, обладает рядом свойств, которые позволяют обеспечить дополнительное ускорение сверхзвукового потока и, соответственно, дополнительную тягу. Здесь важны такие параметры струи, как давление вблизи поверхности абляционного материала и скорость потока плазменно-газовой смеси.

Расчеты показали, что эффективность формирования стационарной тяги  $C_m$  у аппарата типа Lightcraft в этом случае достигает  $10^{-3}$  Н/Вт при эффективности формирования лазерной абляционной струи, равной примерно 0.4. Для запуска аппаратов массой 100 кг на околоземные орбиты с использованием лазерных реактивных двигателей с комбинированной тягой необходимая мощность излучения оценивается в 5 МВт, а для коррекции орбиты спутника такой же массы потребуется лазер мощностью 20–30 кВт.

Первоначально концепция Apollo—Lightcraft с человеком на борту предполагала использование от 12 до 48 отдельных лазерных пучков мощностью по 100 МВт (по 5 МДж на частоте 20 Гц). Система 12 лазерных пучков должна была обеспечить полет шаттла с одним человеком на борту на геостационарную орбиту, система из 48 лазеров — вывести на орбиту до 23 т полезной нагрузки. Запуск такого аппарата можно разделить на два этапа. На первом лазер поднимает аппарат на высоту около 70 км, когда задействован режим прямоточного лазерного реактивного двигателя, на втором происходит быстрое ускорение по касательной к поверхности Земли, перпендикулярно к оси лазерного пучка в ракетном режиме с использованием дополнительного газа (водорода), запасаемого на борту. Суммарная средняя мощность такой лазерной системы должна составить от 1.2 до 4.8 ГВт.

Неудивительно, что проект не был реализован — даже сейчас он выглядит фантастическим.

После прекращения финансирования программы СОИ был разработан упрощенный вариант Apollo—Lightcraft на основе лазеров наземного базирования — Lightcraft Technology Demonstrator (LTD) [6]. LTD — это одноступенчатый воздушно-космический аппарат с гибридным механизмом формирования лазерной тяги (рис.7). Принципиальная особенность его конструкции — использование зеркала в виде внеосевого парабоида как концентратора лазерного

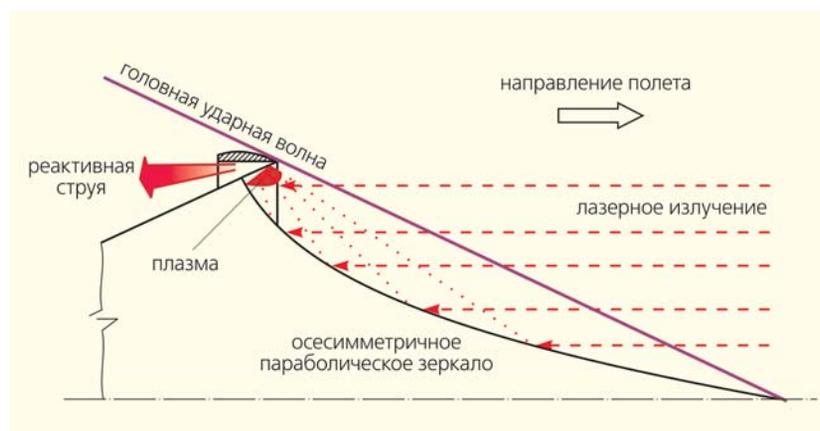


Рис.6. Схема формирования лазерной реактивной тяги аппарата Lightcraft.

пучка, когда лазерный пучок собирается в кольцевую зону с острой фокусировкой на внутренней поверхности обтекателя. Одновременно этот обтекатель служит приемником импульса давления, возникающего при взаимодействии лазерного импульса с плазмой оптического пробы, а внеосевой парабоид — реактивным соплом с внутренним телом вращения, формирующим реактивную струю. Проточный вариант работы лазерного реактивного двигателя осуществляется за счет щели между боковым и передним обтекателями аппарата. Внутри переднего обтекателя можно разместить полезную нагрузку и дополнительное рабочее топливо. На борту будет место и для специальной оптико-электронной аппаратуры, обеспечивающей управление и контроль орбиты аппарата. Предполагалось запускать LTD на орбиты высотой от 200 до 2000 км. В качестве рабочего был выбран макет массой до 120 кг с максимальным диаметром 1 м, требуемая мощность лазера, по оценкам, 25–250 МВт.

В 2000 г. впервые были проведены полетные эксперименты по запуску малого макета Lightcraft массой 100 г в атмосферных условиях на высоту до 70 м — на полигоне White Sands Missile Range (штат Нью-Мексико, США) с использованием импульсно-периодического CO<sub>2</sub>-лазера мощностью 10 кВт.

Как показали дальнейшие исследования, есть проблемы с подсветкой запускаемого аппарата лазерным пучком. Дело в том, что для формирования тяги и работы концентратора лазерного пучка необходимо постоянно подсвечивать аппарат с тыльной стороны. В этом случае реализуется либо сложная вертикальная траектория его вывода на орбиту, либо траектория по протяженной наклонной трассе в атмосфере. Однако атмосфера Земли сильно влияет как на точность подсветки аппарата, так и на эффективность доставки лазерной энергии к нему.

### Лазерные орбитальные аппараты

В 70-х и 80-х годах прошлого столетия было разработано несколько концепций и проектов по использованию излучения мощных лазеров для создания лазерных орбитальных аппаратов — Laser Orbital Transfer Vehicle (LOTV). Один из первых таких проектов-прогнозов — межорбитальный аппарат, предложенный М.Миновичем еще в 1972 г. в рамках проекта НАСА CR-134966 [18]. В нем были заложены основные элементы компоновки LOTV, которые затем полностью или частично повторяются в других проектах.

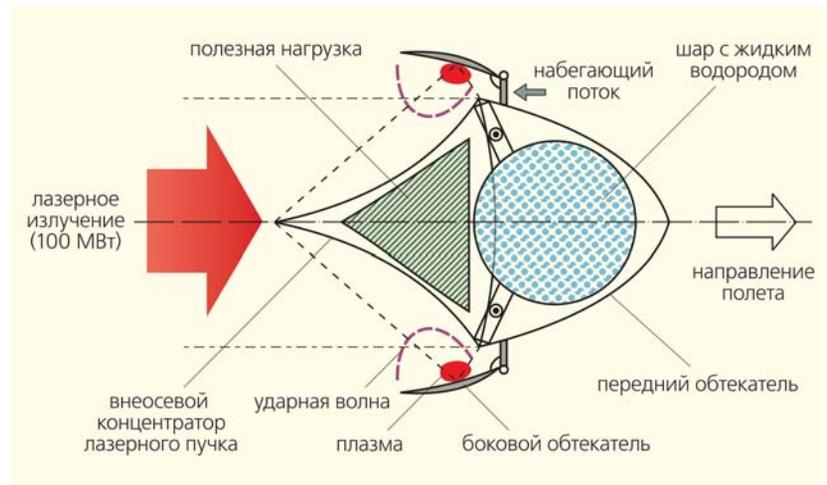


Рис. 7. Концептуальная схема аппарата LTD.

Для управления движением LOTV предлагалось установить мощный лазер на высокогорной вершине, чтобы исключить влияние атмосферы на излучение. Считалось, что для LOTV такие важные характеристики реактивной тяги, как удельный импульс  $I_{sp}$  и тяга  $T$ , не должны иметь технических ограничений, свойственных химическим ракетным двигателям, а отношение массы полезной нагрузки к общей массе аппарата ожидалось выше, что важно при перевозке грузов с орбиты на орбиту. Так как LOTV оказывается в поле видимости лазера лишь периодически, предполагалось синхронизировать работу лазера со временем наблюдения аппарата. Аналогичные проекты позднее появлялись и в других странах.

Наши расчеты показали, что лазеры мегаваттного класса мощности, созданные к настоящему времени, можно использовать для межорбитальных полетов аппаратов типа LOTV массой до 10 т при эффективности лазерных двигателей  $C_m = 10^{-3}$  Н/Вт. Создаваемая тяга будет значительно меньше силы притяжения массивного аппарата Землей, поэтому LOTV будет перемещаться с орбиты на орбиту в так называемом режиме малой тяги по спиральной траектории. Время  $T_{leo}$ , затрачиваемое на перевод аппарата с низких орбит на геостационарную, будет определять и необходимые суммарные энергетические затраты лазерной энергии. Для их характеристики обычно используют энергетическую стоимость  $C_c$  — количество лазерной энергии, затраченной на перевод единицы массы (килограмм) полезной нагрузки на геостационарную орбиту:

$$C_c = \frac{P\tau T_{leo}}{M_{payload}},$$

где  $P$  — мощность лазерного источника;  $T_{leo}$  — период обращения аппарата по низкой круговой орбите,  $t_{flight} = T\tau$ . Суммарная энергия, затраченная на перевод аппарата в предположении непрерывной работы лазера, определяется как  $Pt_{flight} = E_{sum}$ .

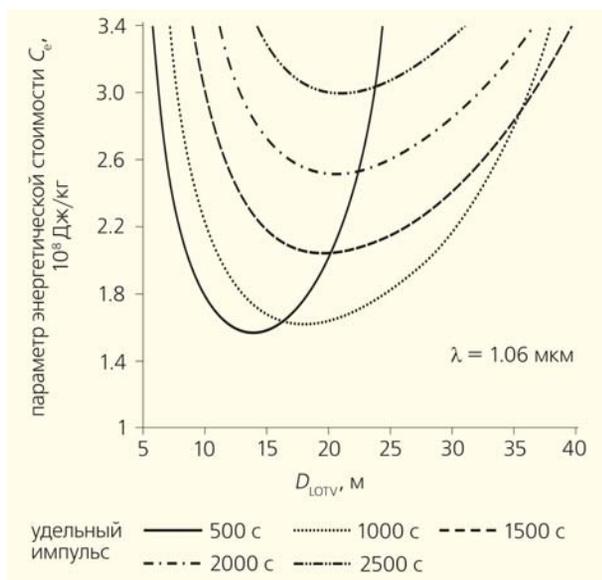


Рис.8. Зависимость удельной стоимости перевода полезной нагрузки с низкой околоземной на геостационарную орбиту от диаметра приемного коллектора ( $D_{\text{ЛОТВ}}$ ) при различных значениях удельного импульса.

Как показали расчеты,  $C_e$  зависит как от удельного импульса лазерного двигателя, так и от диаметра зеркала, устанавливаемого на борту LOTV для приема лазерной энергии и ограничивающего величину этой энергии из-за дифракционной расходимости лазерного пучка (рис.8). Минимальная энергетическая стоимость вывода 1 кг полезной нагрузки возрастает с увеличением  $I_{\text{сп}}$  и при  $I_{\text{сп}} = 10^3 \text{ с}$  составляет  $1.1 \cdot 10^8 \text{ Дж/кг}$  для длины волны излучения  $\lambda = 0.53 \text{ мкм}$  и  $1.6 \cdot 10^8 \text{ Дж/кг}$  для  $\lambda = 1.06 \text{ мкм}$ . Для сравнения: для твердотопливного межорбитального буксира IUS (Inertial Upper Stage) этот па-

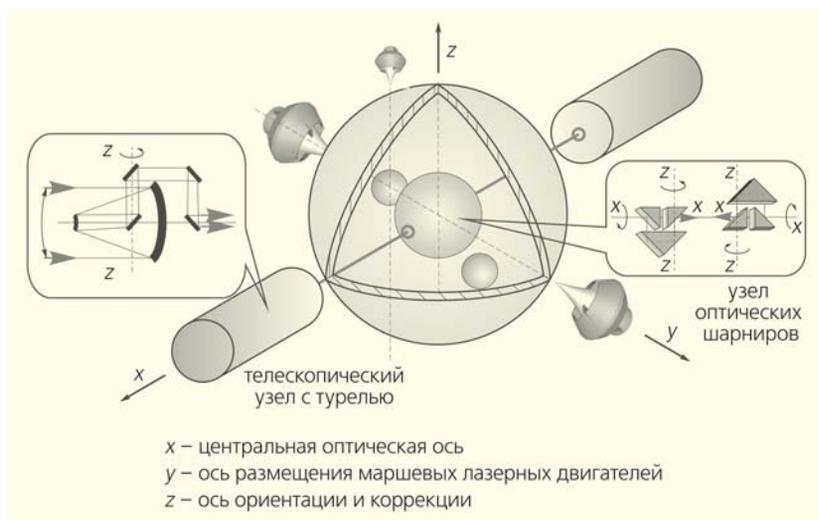


Рис.9. Блок-схема бортовой оптической системы малого космического аппарата с лазерным двигателем.

раметр составляет составляет  $5 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$ , а для жидкостного ракетного двигателя верхней ступени ракеты «Центавр» —  $2 \cdot 10^8 \text{ Дж/кг}$  [7].

На наш взгляд, с учетом современных космических технологий аппарат типа LOTV может быть создан в ближайшее время. Необходимо только соблюдать ряд принципов при конструировании двигателя и бортовой оптической системы. Нужно обеспечить независимость орбитального маневра аппарата от направления на лазерный источник излучения и согласование приемной телескопической оптической системы и двигателя с оптической системой пространственной ориентации аппарата. Для этого общая оптическая ось бортовой оптической системы аппарата фиксируется как строительная ось, относительно которой осуществляется компоновка бортовой аппаратуры. В качестве примера на рис.9 представлена блок-схема бортовой оптической системы малого аппарата с лазерной реактивной тягой [19]. Она включает два отдельных телескопических узла с турелью, расположенные симметрично относительно центра аппарата. Телескопы связаны между собой единой оптической осью ( $X$ ), относительно которой каждый разворачивается с помощью оптических шарниров. Турель, на которой расположен телескопический узел, обеспечивает угловой сектор приема лазерного излучения до  $170^\circ$  в плоскости  $XY$ . Для смены плоскости сектора обзора осуществляется поворот всей системы зеркал вокруг оси  $X$ , при этом угол поворота может достигать  $360^\circ$ .

Каждый телескопический узел принимает излучение, которое передается к двигателям через специальную систему оптических шарниров, переключаящих лазерный пучок на соответствующий лазерный двигатель в зависимости от орбитального маневра аппарата (к лучевой прочности оптических элементов могут предъявляться особые требования, так как для быстрого маневра потребуются лазерная мощность до 100 кВт).

Мини-спутник с лазерной тягой может располагаться на космических станциях или буксирах и использоваться по мере необходимости. С помощью мини-спутников могут решаться такие задачи, как удаление космического мусора, осмотр крупных станций, мониторинг околоземного пространства, обслуживание крупных пилотируемых аппаратов во время продолжительных космических миссий и т.п. Особое место занимает проблема удаления крупногабаритного мусора как с низких орбит, так и с геостационарной орбиты.

## Полеты к соседним звездам и их планетам

Для полетов к ближайшим планетам и соседним звездам современной космонавтике не хватает энергетически эффективных реактивных систем [20]; традиционные неэкономичны и «медлительны». Например, аппарату Voyager-1, запущенному в 1977 г., удалось покинуть солнечную систему лишь через 37 лет полета на скорости 17 км/с. Чтобы с такой скоростью достигнуть ближайших звезд, потребуется уже около 10 тыс. лет.

Для межзвездных полетов нужна технология, которая позволила бы преодолевать космические расстояния в пределах жизни одного поколения землян. Это требует кардинального изменения представлений как о механизмах ускорения, так и о конструкции космического аппарата: могут пригодиться даже идеи из научно-фантастической литературы.

Еще в 1896 г. в повести «Вокруг Солнца» Ж.Ле Фор и А.Графиньи предложили использовать для передвижения в космическом пространстве давление света, источник которого находится на Земле, а Циолковский в 1914 г писал: *Вследствие отсутствия тяжести в космосе можно использовать огромные легкие зеркала, дающие возможность приобретать большие приращения скорости, что позволит путешествовать по всей Солнечной системе* [1]. В 20-х годах прошлого столетия уже другой российский ученый, Ф.А.Цандер, теоретически доказал возможность применения космических парусов для межпланетных путешествий [21].

Видимо, внимание исследователей от световых парусов на некоторое время отвлекло бурное развитие ракетной техники в середине второй половины XX в. Однако только что идея межзвездных полетов с использованием излучения мощных лазеров получила неожиданную поддержку. В 2016 г. российский бизнесмен Ю.Б.Мильнер и английский физик-теоретик С.Хокинг представили проект Breakthrough Starshot, цель которого — запуск наноспутника весом 1 г к звездной системе Альфа Центавра с использованием лазерных парусов\*. Проект рассчитан на то, чтобы наноспутник смог достигнуть звезды уже через 20 лет своего полета, сделать снимки возможных планет этой системы, собрать дополнительную научную информацию и передать ее на Землю.

Этот проект опирается на ожидаемое в ближайшем будущем развитие трех принципиальных научных направлений, определяющих разработку основных компонентов системы Breakthrough: микроэлектроники (в ее компетенцию входят фотокамеры, элементы питания, системы навигации и коммуникаций зонда); нанотехнологии и метаматериалов (чтобы сделать солнечный парус толщиной в несколько сот атомов, площадью 10 м<sup>2</sup>, ве-

сом в несколько граммов); лазерных технологий (для ускорения всего устройства потребуются лазер мощностью до 50–70 ГВт). Авторы прогнозируют создание таких лазеров в ближайшие 15 лет, если удастся обеспечить фазовую синхронизацию излучения отдельных лазеров меньшей мощности. Не менее важной проблемой остаются потери излучения в атмосфере Земли, даже если лазерная установка будет располагаться на вершине горы.

Однако решение многих проблем этого проекта созвучно с разработкой лазерных систем реактивной тяги. Пункты их пересечения:

- постройка в высокогорных районах мощных лазерных излучателей;
- генерация и хранение нескольких гигаватт-часов энергии для каждого запуска;
- запуск аэрокосмического аппарата, который выведет на высокую орбиту тысячи наноаппаратов;
- использование возможностей адаптивной оптики для компенсации атмосферных искажений лазерного пучка;
- разработка методов фокусировки лазерного пучка на запускаемом аппарате и управления пучком во время межорбитальных полетов.

На пути реализации этого замысла могут возникнуть и дополнительные трудности, связанные с различными физическими и техническими ограничениями на конструкцию как зонда, так и самого лазера. Пока предвидеть их все нельзя; принципиальное ограничение — создание сверхмощного лазера гигаваттного класса, для которого еще нет ни оптических элементов, устойчивых к сверхмощному излучению, ни системы управления и фокусировки отдельных, менее мощных излучателей.

## Перспективы создания мощных лазеров

Итак, реализация проектов с лазерной тягой зависит от перспектив создания мощных лазеров трех классов: стокиловаттные лазеры подходят для низкоорбитальных спутников, коррекции их орбит и т.д., десятимегаваттные и выше — для запуска малых (до 100 кг) аппаратов на околоземные орбиты и для полетов орбитальных аппаратов массой до 10 т, десятигигаваттные и выше — для ускорения легких аппаратов до субкосмических скоростей и межпланетных полетов. В настоящее время существует широкий класс лазеров наземного и воздушного базирования мощностью 10–100–1000 кВт [22].

Тактические мощные лазерные системы (до 100 кВт) создаются в основном на основе твердотельных лазеров с диодной накачкой ( $\lambda = 1.05$  мкм) и волоконных лазеров ( $\lambda = 1.07–1.08$  мкм). Разработаны непрерывные химические лазеры мегаваттного класса мощности для контроля околоземного космического пространства. Эти лазеры имеют широкий спектр излучения в диапазонах: 2.5–3.2 мкм (HF-лазеры) и 3.5–4.2 мкм (DF-лазеры).

\* Проект «Breakthrough Starshot» ([chrdk.ru/tech/2016/4/12/](http://chrdk.ru/tech/2016/4/12/)).

С этой же целью рассматривается использование кислород-йодных химических лазеров ( $\lambda = 1,315$  мкм). Для минимизации влияния атмосферы наземный лазер должен генерировать излучение в окне прозрачности ( $\lambda = 0,5-1,5$  мкм). Сегодня такие лазерные системы разработаны и для воздушного базирования (самый известный пример — AirBorne Laser, ABL [23]), что позволяет почти исключить влияние атмосферы на доставку лазерной энергии к космическим аппаратам. Лазерный комплекс ABL мегаваттного класса имеет системы управления и высокоточной фокусировки лазерного пучка на поверхность скоростных объектов.

Сейчас отрабатывается несколько алгоритмов компенсации влияния атмосферной турбулентности и термоблужинга на эффективность доставки излучения к космическим аппаратам: от создания искусственной звезды на высоте 90 км до использования молекулярного вынужденного комбинационного рассеяния мощного лазерного пучка при его распространении в атмосфере. Можно ожидать экспериментальной отработки алгоритмов управления мощным лазерным пучком уже в 2020 г.

Таким образом, даже современные самолетные лазерные системы могли бы управлять движением космических аппаратов на низких орбитах! Для этого потребуется небольшое количество самолетов, чтобы обеспечить периодический контроль орбит аппаратов и их перевод с орбиты на орбиту.

Перспективы создания лазеров мощностью 10 МВт и выше ограничены различными технологическими проблемами, влияющими на создание высокоэффективных лазеров (обычно их КПД на уровне 10%), что требует разработки специальных активных сред и методов их накачки энергией.

Однако есть естественный и мощный источник лучевой энергии — Солнце. Существует большое количество систем преобразования солнечной энергии в электрическую с использованием полупроводниковых батарей, широко применяемых как на Земле, так и в космосе. Более того, почти одновременно с началом исследований по разработке лазеров с оптической (ламповой) накачкой возникла идея создания лазеров с солнечной накачкой [24]. Проблема заключается в отсутствии (пока) соответствующих лазерных сред, которые позволили бы получить эффективную генерацию высоконаправленного излучения из некогерентного солнечного.

Концепция газового фуллерен-кислород-йодного лазера с солнечной накачкой экспериментально подтверждена в работе [24]. Эффект генерации был получен на переходе атома йода, возбужденного в процессе взаимодействия его с кислородом в синглетном состоянии (последнее достигалось с помощью передачи оптического возбуждения от молекул фуллерена, нанесенных на поверхность лазерной кюветы). По сути это модификация классической схемы химического кис-

лород-йодного лазера, в котором изменен способ образования синглетного кислорода.

Ученые из Японского космического агентства и Университета Осаки для лазеров с солнечной накачкой использовали среды на основе Nd:YAG-кристаллов, которые преобразуют энергию солнечного излучения в лазерный пучок с эффективностью до 42%. По мнению разработчиков, такой преобразователь может стать основой перспективного японского проекта Space Solar Power Systems, цель которого — создание солнечных электростанций на геостационарной орбите. Однако для твердотельных лазеров одной из основных проблем остается отвод тепла от активных элементов, для газовой же активной среды она не столь актуальна. Более того, газовые лазеры позволяют использовать при работе большие объемы среды, что важно для получения излучения большой мощности.

В настоящее время продолжают поиски и других сред для лазеров с солнечной накачкой. Скорее всего, эти среды надо будет создавать специально.

\* \* \*

Отвечая на поставленные выше вопросы о создании лазерных систем реактивной тяги, можно утверждать, что уже разработанные мощные лазеры с оптико-электронной и силовой инфраструктурой могут быть использованы для организации орбитальных полетов малых космических аппаратов с лазерной тягой. Такие аппараты способны решать широкий круг задач мониторинга различного рода, связи и навигации, перемещения объектов и т.д. Во всех случаях требуется легкий, надежный космический аппарат, способный к сложному орбитальному маневру без больших затрат топлива и энергопитания. В ближайшем будущем лазерная тяга должна помочь справиться с рядом назревших космических проблем, вроде удаления с околоземных орбит крупномасштабного космического мусора (массой 100 кг и более). Такой мусор — это космические аппараты, отработавшие ступени ракет и их фрагменты. Все эти объекты представляют большую опасность для новых полетов.

В качестве активного метода можно привести использование специальных космических буксиров (LOTV), собирающих на орбитах крупногабаритные объекты космического мусора и увозящие их затем на орбиты хранения или для затопления на Земле. Так, в течение 10 лет можно увести с геостационарных орбит до 750 космических аппаратов.

Хотя концепция космического «буксира-коллектора» проста и понятна, для практической реализации она требует дополнительного обоснования и детальной (элементной) разработки. Тем не менее, можно уверенно рассчитывать на создание космических мини-коллекторов с реактивной тягой на мегаваттных лазерах в ближайшие 10 лет. Это утверждение подкреплено, с одной стороны, развитием техники мощных (до 1 МВт) лазеров

и оптико-электронной аппаратуры управления излучением мощных лазеров и удержанием его на скоростном объекте с достаточной точностью ( $10^{-6}$  рад), а с другой — разработками опытных проектов космических аппаратов с лазерной тягой на современной элементной базе.

При создании лазеров мощностью 10 МВт и выше для запуска мини-аппаратов массой 100 кг можно применять совмещенные лазерные системы, когда полет аппарата в плотных слоях атмосферы идет благодаря наземным лазерам, а выше, например с 30 км, — благодаря космическим лазерам с солнечной накачкой, что исключает влияние атмосферы Земли на доставку лучевой энергии. При этом космическая система, состоящая не менее чем из трех мощных лазеров, размещенных на геостационарной орбите, позволит «осветить» все орбиты около Земли.

Использование десятимегаваттных лазеров может оказаться перспективным и для создания

гиперзвуковых воздушно-космических самолетов, летающих со скоростями более 10 М. Для этого пригодятся комбинированные методы формирования лазерной тяги: предложенный нами вариант ускорения сверхзвукового потока в реактивном сопле за счет формирования в нем лазерной абляционной струи вписывается в гиперзвуковую реактивную систему.

В то же время развитие лазерных систем реактивной тяги в ближайшее время будет зависеть не только от прогресса в области лазерной техники, но и от национальных интересов передовых стран в освоении космического пространства [3]. В частности, от темпов развития и использования околоземного космического пространства для гражданских и оборонных целей, от технологической и политической борьбы за геостационарную орбиту, от планов освоения Луны и создания на ней баз для подготовки межпланетных миссий. ■

## Литература

1. Циолковский К.Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами. Калуга, 1914.
2. Циолковский К.Э. Космический корабль // Труды по ракетной технике. М., 1947.
3. Космонавтика XXI века. Попытка прогноза развития до 2101 года / Под ред. Б.Е.Чертока. М., 2010.
4. The laser at 50 // Physics World. 2010. V.23. №5. P.16–62.
5. Kantrowitz A. Propulsion to orbit by ground-based lasers // Aeronautics & Astronautics. 1972. V.10. №5. P.74–76.
6. Myrabo L.N., Ing D. The future of flight. N.Y., 1985.
7. Космические двигатели: состояние и перспективы / Под ред. Л.Кейвни.; Пер. с англ. М., 1988.
8. Myrabo L.N., Lewis J.S. Lightcraft Flight Handbook. Hypersonic Flight Transport for an Era Beyond Oil. Burlington, 2009.
9. Бункин Ф.В., Прохоров А.М. Использование лазерного источника энергии для создания реактивной тяги // УФН. 1976. Т.119. Вып.3. С.425–446.
10. Райзер Ю.П. Лазерная искра и распространение зарядов. М., 1974.
11. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. М., 1967.
12. Phipps C.R., Birkan M.A., Bohm M. et al. Review: laser-ablation propulsion // Journal of Propulsion and Power. 2010. V.26. №4. P.609–637.
13. Дрегаллин Н.Ф., Черенков Н.С., Самтаров А.Г. и др. Экспериментальное и теоретическое исследование характеристик лазерного ракетного двигателя на основе непрерывного оптического разряда // Изв. вузов. Авиационная техника. 2010. №4. С.39–45.
14. Komurasaki K., Arakawa Y., Hosoda S. et al. Fundamental researches on laser powered propulsion // 33rd Plasma dynamics and Lasers Conference. 20–23 May 2002, Maui, Hawaii. Conference papers AIAA 2002-2200.
15. Rachuk V.S., Guterman V.Yu., Ivanov V. et al. Experimental investigations of laser propulsion by using gas-dynamic laser beamed energy propulsions // AIP Conference Proceeding (Nara, Japan). 2005. V.830. P.48–57.
16. Apollo-Lightcraft Project. NASA/USRA Advised Design Project. Marshall Space Flight Center, Huntsville, Alabama (USA). June 12–16, 1989.
17. Резунков Ю.А., Шмидт А.А. Формирование лазерной реактивной тяги в сверхзвуковом режиме // ЖТФ. 2013. Т.83. Вып.12. С.33–41.
18. Minovitch M.A. Performance analysis of laser-propelled interorbital transfer vehicle. NASA-CE- 134966 / Final report N76-19419/1975.
19. Егоров М.С., Носатенко П.Я., Резунков Ю.А. Оптическая система мини-спутника с лазерной реактивной тягой // Оптический журнал. 2014. Т.81. №9. С.55–61.
20. Коротеев А.С. Новый этап развития ракетно-космической техники // Труды МФТИ. 2011. Т.3. №4. С.40–44.
21. Цандер Ф.А. Перелеты на другие планеты // Техника и жизнь. 1924. №13.
22. High-Power Lasers: Handbook / Ed. H.Injeyan, G.D.Goodno. N.Y., 2010.
23. Sprangle Ph., Hafizi B., Ting A., Fischer R. High-power lasers for directed-energy // Applied Optics. 2015. V.54. №31. P.F201–F209.
24. Данилов О.Б., Жевлаков А.П., Юрьев М.С. Кислород-йодные лазеры с оптической (солнечной) накачкой // Оптика и спектроскопия. 2014. Т.117. №1. С.151–158.

# **«Разумная предусмотрительность» и другие особенности поведения врановых**

**З.А.Зорина**





Фото Т.А.Обозовой



**Зоя Александровна Зорина**, доктор биологических наук, заведующая лабораторией физиологии и генетики поведения биологического факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова. Область научных интересов — элементарное мышление животных, в том числе способность к обобщению и символизации у врановых птиц. Член бюро рабочей группы по изучению врановых птиц; член оргкомитета Московского этологического семинара.

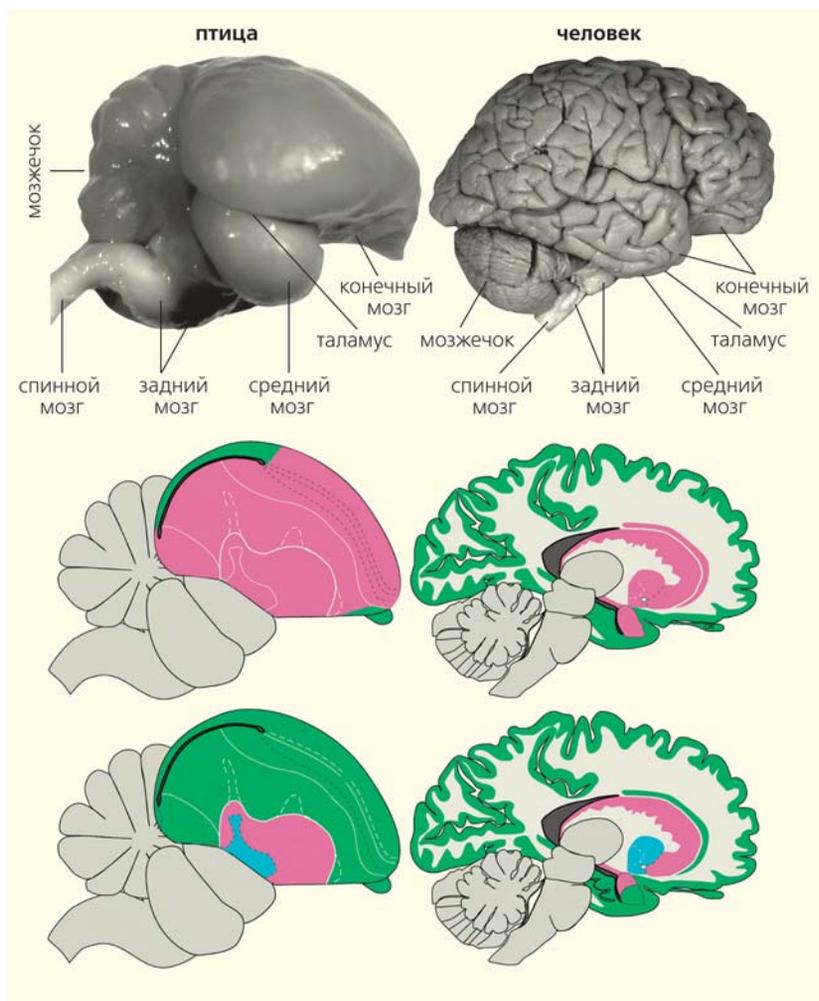
**Ключевые слова:** врановые птицы, рассудочная деятельность, когнитивные способности, индивидуальная пластичность поведения.

**Key words:** corvids, reasoning, cognition, individual behavioral flexibility.

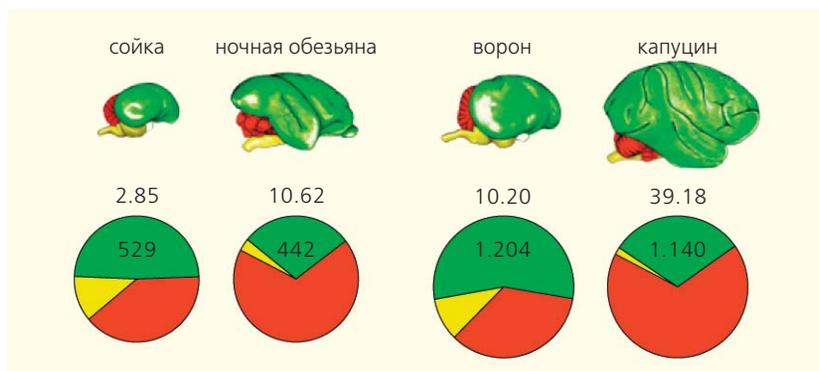
Еще в 1970-х годах Л.В.Крушинский отмечал, что хотя птицы имеют совершенно особый, непохожий на млекопитающих мозг, его эволюция обеспечила уровень его когнитивных способностей, сопоставимый с высшими представителями этого класса [1]. Постепенно эта революционная для своего времени гипотеза получила подтверждение в работах наших коллег. В настоящее время широко распространена близкая по смыслу гипотеза, которую независимо от Крушинского развивают британские ученые Н.Эмери (N.Emery) и Н.Клейтон (N.Clayton) [2–5].

Как известно, у высших млекопитающих (в том числе и человека) в переработке и запоминании, а также в принятии решений ведущую роль играет новая кора головного мозга, или неокортекс. Поскольку у птиц его нет, принято было считать их мозг примитивным, а когнитивные способности — ограниченными. К тому же о высшей нервной деятельности птиц долгое время судили по опытам на голубях (древнему виду с примитивным мозгом) и полагали, что все птицы способны лишь к условно-рефлекторным реакциям. Это хорошо вписывалось в распространенное в прошлом веке представление, что животные способны только к обучению, а к рассудочной деятельности — нет. Однако к концу XX в. накопилось значительное число работ, которые противоречили обоим этим представлениям. В частности американские исследователи из Рокфеллеровского университета показали, что в целом по своим функциям мозг птиц во всем аналогичен мозгу млекопитающих, а его филогенетически молодые отделы являются гомологами новой коры [6, 7]. Наряду с этим было установлено, что по ряду нейроморфологических особенностей мозга высшие птицы сопоставимы с приматами [8].

«Репутация» птиц менялась и по мере того, как множились экспериментальные доказательства наличия у животных зачатков мышления, а изучение птиц начали проводить на других видах, не столь примитивных и древних, как голуби. Основным объектом таких экспериментов стали птицы семейства врановых (Corvidae), мозг которых по ряду показателей теперь считают сходным с мозгом высших приматов [8]. Недавно опубликованы результаты исследований, авторы которых сравнили мозг птиц с примерно равным по массе мозгом млекопитающих и установили, что у птиц плотность нейронов в соответствующих областях головного мозга зна-



Фотографии и схемы мозга птиц (зебровой амадины) и млекопитающих (человека) [7]. На схемах гомологичные структуры в мозге птиц и млекопитающих показаны одинаковыми цветами: в среднем ряду отражены принятые до недавнего времени представления об устройстве мозга, в нижнем — современные представления.



Сравнение мозга врановых (сойки и вёрона) и млекопитающих (ночной обезьяны и капуцина) по количеству нейронов (в млн, указано на диаграммах) [9]. Зеленый цвет соответствует конечному мозгу, красный — мозжечку, желтый — остальным отделам головного мозга. Интересно, что в мозге этих умных птиц количество нейронов сравнимо или превышает число нейронов приматов, хотя мозг последних гораздо больше (под схемами указана масса конечного мозга в граммах).

чительно выше [9]. Более того, у врановых (у сойки и вёрона) количество нейронов в переднем мозге равно или даже больше, чем у приматов (ночной обезьяны и капуцина), мозг которых почти в четыре раза крупнее [9].

Поведение животных, как известно, определяют три основных фактора: инстинкты, обучение и рассудочная деятельность. Соотношение их вклада в реальное приспособительное поведение может быть разным у разных особей и в разных ситуациях. О высоком уровне когнитивных способностей врановых свидетельствуют многочисленные эксперименты, причем по решению некоторых наиболее сложных тестов эти птицы сопоставимы с человекообразными обезьянами и превосходят других млекопитающих [4, 5, 10–16]. В лабораторных условиях врановые способны:

- экстренно решать новые задачи при первом же их предъявлении;
- применять оптимальные стратегии пространственного поведения в новой ситуации;
- использовать орудия и даже их изготавливать;
- обобщать полученную информацию и накопленный опыт, формировать на этой основе такие понятия, как «сходство», «больше», «число», и оперировать ими в новых ситуациях;
- усваивать символы и оперировать ими в новых ситуациях;
- выявлять аналогии в структуре сложных стимулов;
- выполнять транзитивные умозаключения.

Наряду с экспериментальным изучением когнитивных способностей врановых ведутся наблюдения за их поведением и в природе. Важность получения таких данных отмечал в свое время Крушинский, который считал, что они могут стимулировать лабораторные исследования высших когнитивных функций [1]. Так, накопление наблюдений о проявлениях сообразительности в поведении

собак и ворон позволило ему разработать методики изучения мышления в лабораторном эксперименте и применить их для сравнительной оценки способностей животных разных видов. Подводя итог таким исследованиям, Крушинский писал, что «изучение рассудочной деятельности в условиях свободного поведения приводило в основном к тому, что складывалось лишь впечатление о наличии у собак рассудка. Однако лабораторные эксперименты, которые были разработаны в результате этих впечатлений, их подтвердили. Они подтвердили и то, что сами наблюдения были правильными. А это значит, что они имеют определенное научное значение» [1, с.52].

На основе наблюдений в природе складывается представление о репертуаре врожденных форм поведения (фиксированных комплексов действий, видовых стереотипов) каждого вида и его индивидуальной вариабельности, которая может отражать как генетическую изменчивость, так и результаты научения, в том числе и социального, путем подражания. Однако данных о вкладе высших когнитивных функций в естественное поведение врановых пока недостаточно. Существует дефицит и в характеристике даже столь распространенного вида, как серая ворона (*Corvus corone cornix*), не описаны многие стороны ее поведенческого репертуара и степень его индивидуально-разнообразия.

Восполнение этого дефицита — проблема сложная и далекая от разрешения. О ее трудоемкости можно судить, например, по истории изучения поведения антропоидов. Потребовалось несколько десятилетий работы Дж.Гудолл [17], а затем и многих других приматологов, которые наблюдали обыкновенных шимпанзе (*Pan troglodytes*) в естественных условиях, прежде чем появились относительно полные представления как о репертуаре их видоспецифического поведения, так и о сообразительности, которую они неизменно проявляют при разрешении внезапно возникающих ситуаций. Эти данные дополняли результаты лабораторных аналитических исследований психологов и физиологов и создавали комплексную характеристику репертуара поведения шимпанзе.

Особый интерес представляют описания эпизодов поведения в сложных ситуациях, которые можно истолковать как проявления разума. Сбор таких наблюдений входит в задачи когнитивной этологии и вносит большой вклад в характеристику когнитивных способностей приматов, в том числе человекообразных. Обобщение накопленных на этот счет сведений позволило Гудолл [17, с.134] сделать вывод о наличии у шимпанзе зачатков мышления: «Для человекообразных обезьян характерно рассудочное поведение, включающее умение планировать, предвидеть, способность выделять промежуточные цели и искать пути их достижения, вычленять существенные моменты данной проблемы». Тем самым были подтверждены представления об

интеллекте антропоидов, сложившиеся благодаря лабораторным исследованиям.

Эффективность подхода, продемонстрированная в исследованиях приматологов, побудила нас обратиться к сбору и систематизации наблюдений за поведением врановых птиц в природе. Ликвидации пробелов в описании репертуара видоспецифического поведения разных видов врановых могли бы способствовать систематические наблюдения за индивидуально помеченными птицами из определенных стай (именно так этологи исследуют десятки видов зверей и птиц). Попытку такого исследования популяции большескляковой вороны (*C.macrorhynchos*) предприняла Т.А.Обозова на о.Шикотан (заказник «Малые Курилы» в составе ГПБЗ «Курильский») [18]. Однако в отношении серых ворон (да и других европейских видов) такие исследования единичны, и перспектив их проведения пока не предвидится. В связи с этим сбор и систематизация даже разрозненных наблюдений остаются важным источником информации.

В 2011 г. на конференции в Харькове, посвященной 150-летию со дня рождения Н.Н.Сомова, я представила результаты анализа собственных наблюдений, а также фактов, собранных коллегами-биологами (в первую очередь, членами рабочей группы по изучению врановых птиц) [19]. Еще одним источником для анализа и сопоставления стали наблюдения С.Н.Быченко и видеоматериалы из ее документальных фильмов «Мои вороны» (студия «Август», 2005) и «Твои вороны» (студия «Горизонт», 2005).

Наряду с работами профессиональных этологов и орнитологов часть данных о поведении врановых получена неквалифицированными наблюдателями. Их описания зачастую приблизительны, а трактовки грешат антропоморфизмом и вызывают вполне оправданный скепсис. Для подтверждения (или опровержения) таких «охотничьих рассказов» можно сопоставлять их с наблюдениями заслуживающих доверия квалифицированных специалистов. Тогда по мере накопления сходных данных и при условии критичного подхода к их анализу (при соблюдении канона Ллойда Моргана\*) подобные факты могут стать источником знаний о разных аспектах биологии вида.

За период, прошедший с момента первой публикации, появился еще один ценный источник сведений — любительские фото- и видеосъемки, размещенные в Интернете. Число их постоянно растет по мере расширения доступности аппаратуры. Ценность их очевидна, так же как необходи-

\* Один из принципов зоопсихологии (известный также как «правило экономии»), который сформулировал в 1903 г. К.Л.Морган: то или иное действие ни в коем случае нельзя интерпретировать как результат проявления какой-либо высшей психической функции, если его можно объяснить на основе наличия у животного способности, занимающей более низкую ступень на психологической шкале. — *Примеч. ред.*

мость в проверке их достоверности. Тем не менее к настоящему времени собрано уже несколько десятков видеосюжетов, объективность которых не вызывает сомнений.

### Проявления высших когнитивных функций

Наибольший интерес для нас представляют эпизоды, которые могли бы свидетельствовать о сообразительности птиц (*разумной предусмотрительности*, по выражению Б.Хейнриха [20]). Однако такие факты крайне редко удается наблюдать и трудно трактовать — важно избежать приписывания им проявлений мышления в тех случаях, когда речь идет о характерном для всего вида генетически детерминированном акте поведения. Одним из критериев разумного поведения считают способность в новой нестандартной ситуации экстренно спланировать особый способ получения недоступного корма (или достижения другой какой-то цели). В основе такого поведения должна лежать экстренная оценка возникшей ситуации, способность спланировать серию действий, включая подготовительные операции, и прогнозирование их возможного результата. К сожалению, подобных фактов среди имеющихся материалов очень мало.

В качестве примера способности спланировать цепь действий в новой ситуации приведу наблюдение доктора биологических наук О.Г.Строевой. Ольге Георгиевне случилось видеть, как к хлебу, выложенному для воробьев, подошла ворона

с мышью в клюве, постояла, как бы раздумывая, затем клювом пробила дырку во льду, спрятала мышь под лед и подошла за хлебом, а когда справилась с ним, вернулась за мышью. Заметим, что именно на основе наблюдений за подобными эпизодами в поведении охотничьих собак Ч.Дарвин пришел к заключению о наличии у животных зачатков мышления, которые он назвал «способностью к рассуждению» (reasoning).

Описанная тактика, существенно повышающая эффективность кормового поведения (позволяющая птице ничего не упустить), проявляется достаточно часто даже в более рутинных ситуациях. Ряд авторов описывает, что, обнаружив пищу, вороны не начинают сразу есть ([21]; фильм «Твои вороны» и наблюдения О.С.Кислиной и Б.А.Умаровой). Пользуясь клювом, как пинцетом, они собирают и уносят в сторону несколько кусков (желательно все), могут спрятать их там, вернуться за остальными и только тогда принимаются за еду.

В настоящее время доказано, что и врановые (подобно антропоидам, слонам и дельфинам) обладают зачатками самосознания. Они могут узнавать себя на отражении в зеркале [22], а также строить «модель психического состояния другого субъекта» (theory of mind) [20–23], что позволяет им «просчитывать» намерения партнеров (даже человека) и на этой основе выбирать оптимальную стратегию поведения. Среди имеющихся у нас материалов есть ряд эпизодов, которые можно объяснить (по крайней мере отчасти) именно способностью к такому мысленному «просчитыванию». Один из эпизодов, свидетельствующих о способности ворон оперативно предвидеть реакцию человека и действовать

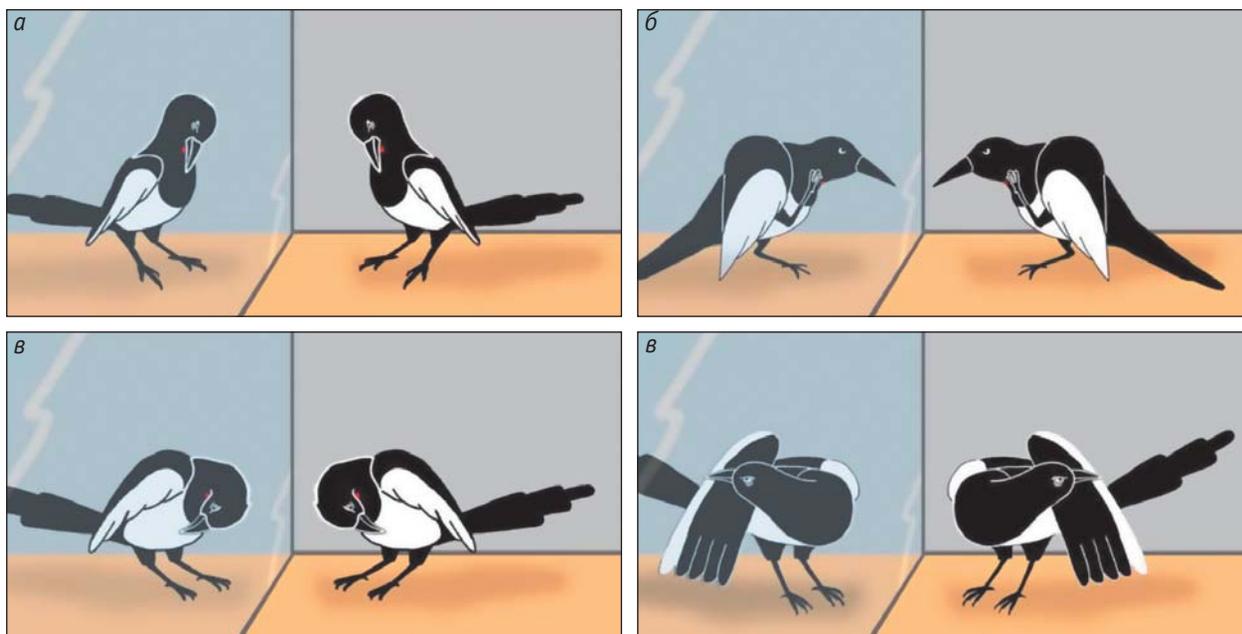
в соответствии с этим, приведен В.А.Матанцевым, который наблюдал, как ворона в течение 40 мин скрывалась за стволом дерева от подстерегавшего ее стрелка [24]. Чтобы следить за его действиями, она на мгновение выглядывала с той или другой стороны ствола, но не улетаала, поскольку неподалеку сидел ее слеток.

Любопытные случаи зафиксированы, когда птица совершала некий особый маневр, чтобы отвлечь внимание человека и добиться своей цели. Так, в 1980-х годах А.Е.Черенков наблюдал на Соловецких о-вах, как молодой ручной ворон гнал за велосипедистом и выпрашивал у него колбасу (большой дефицит в то время и в том месте!), которую тот вез в сетке на багажнике. В конце концов он стащил с головы человека кепку и бросил ее



Ворон стащил коробку печенья из кузова автомобиля на стоянке. Разорвав пластиковую упаковку, птица принялась за крекеры, но на месте не ела, а брала их в клюв по несколько штук и уносила прятать.

<http://fotki.yandex.ru/users/albanatasha>



В экспериментах сороки узнают себя в зеркале: пытаются удалить с себя метку клювом (а) или лапой (б), а также касаются клювом груди (в) или других частей тела (з) [22].

метрах в 10 от дороги. Пока велосипедист бегал за кепкой, ворон унес колбасу.

Г.Н.Митина описала поведение стаи ворон в московском сквере, когда она неожиданно начала кормить их фисташками [25]. В этой ситуации ярко проявились индивидуальные различия и в пугливости, и в сообразительности ворон. Они не шарахались автоматически от незнакомого человека, а на ходу перестраивались и преодолевали привычную осторожность, чтобы получить ценный корм. Взрослые, молодые и больные (по оценке автора) птицы использовали разные тактики поведения, получая, соответственно, разную долю орехов. Наиболее эффективно вели себя взрослые птицы: когда им попадались нераскрытые орешки, они сначала пытались расклевать их на земле, но после первых же неудач перелетали на асфальт, где легко с ними справлялись. Молодые птицы об этом не догадывались и, поиграв орехом, бросали его. Взрослые птицы ближе всего подходили к «кормилице», настороженно следили за ней и оперативно оценивали ее действия. Это позволяло им быстро снизить дистанцию до человека и брать корм с расстояния 30 см. Некоторые птицы после 15–20 мин

наблюдения за сидящим неподвижно человеком стали брать корм с руки. Сходные данные о способности городских птиц оперативно вступать в контакт с человеком, а также регулярно взаимодействовать с постоянными «кормильцами» приводят и другие наблюдатели (Г.Г.Есакова, О.С.Кислина, Л.Д.Кононенко, Н.Ф.Еремин, И.С.Добронравова, К.В.Шулейкина и др.).



Кормление большеклювых ворон на о.Шикотан. Заметив девушку, держащую пакет с кормом, птицы быстро оценили ситуацию, приблизились к неподвижно сидящей «кормилице», а некоторые из них даже стали брать корм с руки.

Фото Т.А.Обозовой

Рассмотренные эпизоды относятся к сфере индивидуально-приспособительного поведения, они характеризуют поведение врановых в нестандартных ситуациях, которое предположительно можно отнести к проявлениям высших когнитивных функций. Однако подавляющая часть зафиксированных наблюдений отражает многочисленные проявления пластичности практически всех основных категорий видоспецифического поведения (видовых стереотипов) ворон. Часть из них иллюстрирует его частные и редко встречающиеся особенности.

Материал этот еще требует систематизации, дополнения и обработки, поэтому здесь лишь кратко приведу некоторые факты, не касаясь, например, отношений территориальных птиц и мигрантов, динамики приручения диких ворон, их взаимодействий с человеком и т.д.

### Кормовое поведение

У врановых отмечено разнообразие как потребляемых кормов, так и методов их добывания и обработки — это размачивание хлеба, разбивание орехов и сушек разными способами, охота на лягушек ([24, 26]; наблюдения Т.В.Хохловой, С.Н.Быченко и др.). Эти данные могут дополнить подробнейший анализ кормового поведения врановых, сделанный А.Г.Резановым [27]. Упомяну лишь о некоторых индивидуальных стратегиях добывания корма, которые, видимо, также основаны на прогнозе действий конкурентов и потенциальных врагов, включая человека. Известно, что оседлые вороны и сороки (*Pica pica*) регулярно используют корм, предназначенный кошкам или собакам, которые обитают на той же территории. Часть делает это, пока собака спит, а некоторые — непосредственно в присутствии хозяина миски, иногда, по-видимому, с его молчаливого согласия.

Формирование столь толерантных взаимоотношений основано на неусыпном наблюдении птицы за поведением пса, мгновенной оценке степени исходящей от него угрозы и принятии плана действий сообразно текущему моменту [28]. Отмечено, что вороны, постоянно обитающие на дачном участке, могут кормиться из одной миски и с кошками, и даже с крысами, на которых они нередко охотятся (наблюдения О.О.Якименко, Г.Г.Есаковой).

Кооперация ворон с кошками снята в «документальной сказке» С.Н.Быченко. В одном из домов она обнаружила жительницу первого этажа, которая с помощью веревки спускала из окна поднос с едой для бродячих кошек, которые терпеливо дожидались этого часа. Но не менее внимательно за происходящим следила и ворона, сидящая на фонарном столбе. Как только появлялась еда, обе кошки и ворона начинали кормиться бок о бок, и помешать этому могли только пробежавшие время от времени собаки.

Подобную картину я наблюдала из окна 11-го этажа одного из зданий МГУ. Стайка ворон расположилась вокруг вагончика строителей, птицы время от времени перекрикивались и перелетали с места на место. Вскоре около вагончика остановилась женщина и стала разворачивать принесенный пакет. Тут же из-под вагончика появилась собака и выполз щенок, а вороны переместились поближе и прекратили перелеты. В течение нескольких минут они дружно растащили все, что было принесено, причем собака практически не возражала против участия ворон. Очень скоро собака вернулась под вагончик (вероятно, к своему помету), и вороны, получив свою долю, тут же разлетелись. Возникло впечатление, что они не первый раз участвовали в такой кормежке и поджидали женщину. Такое предположение правомерно, так как наблюдатели неоднократно отмечали, что вороны не только узнают людей, которые в опреде-



Собаки и вороны в ожидании человека, приносящего корм.  
Фото Т.А.Обозовой



Ворона нападает на собаку, чтобы отобрать еду.  
[www.youtube.com/watch?v=kJjQezcqHg](http://www.youtube.com/watch?v=kJjQezcqHg)

ленное время кормят их по дороге на работу, но могут вычислить их дома в дачных поселках (наблюдения Г.Г.Есаковой, Н.Ф.Еремина, И.С.Добронравовой и др.).

Однако такое мирное сотрудничество, почти дележка, — отнюдь не главный вариант взаимодействия ворон с собаками и кошками. Им более свойственна совершенно другая стратегия — напасть на собаку, чтобы отнять у нее еду. Такие эпизоды весьма распространены, и в моей коллекции множество таких сообщений (например, И.А.Кривицкого, И.В.Муравьева, А.В.Шарикова, М.Н.Нейман, И.Г.Лильп, Л.В.Маловичко и др.). Приведу типичное описание: «Если собака сидит в такой позе, что готова к мгновенному броску, вороны не удостоят ее персону вниманием. Но если собака грызет косточку, вытянув вперед лапы, ее окружают несколько птиц. Главные действующие фигуры — та, которая у хвоста, и та, которая перед собакой. По обе стороны стоят отвлекающие силы. Новичок, конечно, не потерпит, чтобы его щипали за хвост, и бросится, оставив кость» [29, с.30]. Судьба добычи может быть разной: если она по вороньим силам, то ее уносит одна ворона, иногда они едят по очереди, повторяя маневр. Однако опытные псы, особенно дворняжки, угадывают намерение ворон, позволяют дергать себя за хвост сколько угодно (например, 30 мин, по наблюдению И.В.Муравьева), но от еды не отвлекаются ([29]; сообщение Т.А.Меринг). Вороны быстро понимают, на кого напали, и больше к таким собакам не пристают.

Не менее интересно, что подобному групповому нападению нередко подвергается животное, у которого нет никакой еды. И в этом случае тоже одна из птиц крутится у собаки перед носом, отвлекает ее внимание, а остальные по очереди дергают свою жертву за хвост. А однажды мне пришлось наблюдать, как три вороны минут 10 вились вокруг пса, хотя никакой еды у него не было. Действовали они очень слаженно и, как постепенно становилось ясно, по определенному плану. Оказалось, что они заманивали его на край оврага, достаточно крутой, и если бы пес вовремя не спохватился, он кубарем покатился бы с обрыва.

Когда видишь такую «провокационную» игру, кажется, что присутствуешь при уникальном событии. Этот случай я наблюдала далеко на севере, на окраине Кандалакши, однако такие сцены совсем не редкость, их свидетелем может стать любой из нас и в московских дворах, и практически в любых географических и природных зонах. Но где бы они ни происходили, слаженность и «осмысленность» действий птиц наводит на мысль об их недюжинном уме. Однако по наблюдениям за поведением слетков врановых при групповом содержании в неволе (в изоляции от взрослых птиц, которые могли бы послужить примером для подражания), такой комплекс действий проявляется у них уже в первые полтора-два меся-

ца жизни [30]. Особенно ярко это проявилось у выводка сорочат, которые напали на более крупного птенца — ворона — совершенно таким же образом. Для их поведения характерна стереотипность действий, как будто они разыгрывают хорошо известный сценарий.

Все это указывает на то, что данная форма поведения, по-видимому, видоспецифична. Она имеет жесткую генетически детерминированную основу, на которую накладывается индивидуальный опыт. В зависимости от специфики момента\* этот стереотип может применяться с разной целью — для добывания пищи, для нападения на противника или в виде игры. Интересно также отметить, что все наблюдатели описывают это поведение только у ворон. Однако, по нашим данным, этот стереотип действий есть и у сорок, и он проявляется в полной форме уже в двухмесячном возрасте.

Рассмотренный пример групповой атаки — не единственное свидетельство того, что вороны могут использовать врожденные стереотипы действий для достижения какой-то цели, первоначально с ними не связанной. Об этом свидетельствуют описания двух эпизодов (наблюдения А.Д.Кошелева, С.Н.Быченко), когда вороны применяли типичную демонстрацию отвода врага от гнезда («хромящая» птица с «подбитым» крылом) в ситуациях, совершенно не связанных с охраной выводка. Так, Быченко наблюдала, как на бульваре хромя ворона со спущенным крылом выпрашивала еду у пняного. Получив кусок, она тут же расправила крылья и улетела. Разумеется, приведенные примеры могут иметь другую трактовку, а предложенная нами нуждается в дальнейшем подтверждении и проверке.

### «Учат» ли вороны своих птенцов?

Известно, что некоторые врановые способны устраивать и затем точно находить многочисленные небольшие запасы пищи. Существуют значительные видовые различия в выраженности такого поведения у взрослых птиц семейства. Большинство видов, в том числе грачи (*C.frugilegus*), серые вороны, сороки, галки (*C.monedula*) регулярно делают запасы, но неизвестно, насколько точно они их находят, как и когда используют. В отличие от них сойки и кедровки разных видов (и Нового, и Старого Света) точно запоминают места сотен сделанных ими кладовок и используют их вплоть до следующей весны. Доказано (в частности и в наших опытах), что кедровки (*Nucifraga caryocatactes*) находят их даже зимой и могут выкармливать спрятанными орехами потомство. Эта форма поведения входит в обязательный видо-

\* Широкое распространение в Интернете получило видео, где ворона на протяжении достаточно долгого времени дразнит одного из двух конфликтующих котов ([www.yapfiles.ru/show/152011/c9551b43e08de7ccb70870a6e3f7dc25.flv.html](http://www.yapfiles.ru/show/152011/c9551b43e08de7ccb70870a6e3f7dc25.flv.html)).

специфический репертуар упомянутых видов и, как показывают наши наблюдения в неволе [30], проявляется в первые же недели жизни.

Серые вороны делают кладовки регулярно, но вопрос о том, как они используют свои запасы, практически не исследован. В собранных нами материалах (возможно, впервые) некоторые наблюдатели отметили возвращение ворон к своим кладовкам и точное их нахождение. В фильме «Мои вороны» зафиксирован эпизод, когда ворона подходит и достает из-под листвы кусок какой-то еды, причем делает это совершенно точно, без случайных поисковых движений.

М.А.Сеник детально описала, как сойка в неволе использует свои запасы, и отметила важную особенность: птица не прячет портящиеся шкурки и другие «отходы» [21]. Это первое подтверждение экспериментов Н.Клэйтон с сотрудниками [31], которые обнаружили, что сойки при отыскании своих запасов через большие промежутки времени не подходят к местам, где спрятали скоропортящийся корм (личинки мучного хрущака).

Лабораторные исследования поведения при запасании позволяют предположить, что прячущие корм сойки и вороны стараются сделать это без свидетелей, заботясь о том, чтобы обезопасить его от разворовывания [23, 32, 33]. Похоже, они способны прогнозировать поведение сородичей и предвидеть результат их предполагаемых действий (theory of mind). В эксперименте все это выглядит достаточно убедительно, но до недавнего времени не имело никакой связи с реальным поведением врановых при запасании. Исключением остается пока наблюдение О.И.Шутовой, которая однажды остановилась посмотреть, как ворона усердно закапывает в снег хлебную корку. Покончив с этой операцией, птица приготовилась взлететь, но в этот момент заметила неподалеку свидетеля. Сложилось впечатление, что несколько секунд ворона колебалась, что делать дальше. Затем она выкопала корку и улетела вместе с ней. Разумеется, такие одиночные факты — это не доказательство, а лишь указание на возможность поиска в данном направлении.

В связи с наблюдениями за поведением врановых при запасании и поиске корма удалось подойти к анализу одного из спорных вопросов в понимании онтогенеза поведения — о механизме освоения опыта родителями молодыми животными: ограничивается ли дело простым подражанием или же родители принимают в этом процессе активную роль и направленно «учат» потомство? Последняя гипотеза высказывается иногда в отношении высших млекопитающих, но достоверные данные в ее пользу остаются единичными. Так, например, отмечено несколько случаев: когда самка шимпанзе поправляла руку детеныша, пытавшегося разбивать камнем орехи, или когда «говорящая» шимпанзе Уошо сама научила приемного сына нескольким знакам амслена, языка жестов

[34], а самец павиана (*Papio* sp.) предостерегал и страховал детеныша, который вот-вот мог свалиться с обрыва [35].

В литературе подобных сведений в отношении врановых я не встречала, однако на этот счет имеется несколько неопубликованных наблюдений. Так, С.Л.Новоселова\* много лет наблюдала за гнездящейся во дворе парой ворон и ее выводками. Наряду со многими интересными фактами ей удалось увидеть, как родители спрятали что-то около ствола дерева, а затем в течение нескольких минут не подпускали туда птенцов, как бы заставляя их запомнить это место. По мнению Новоселовой, родители «учили» свой выводок искать сделанную ими кладовку. Т.В.Хохлова, наблюдавшая за парой ворон и их выводками в течение трех лет, описывает, как взрослые птицы понуждали слетка полететь вслед за ними к подоконнику, где для них выкладывали корм, и взять его тем же способом, как это делал самец. Аналогичные данные приводит также О.С.Исаева [36], которая наблюдала на полигоне бытовых отходов в Саранске, как вороны «учат» выводок отнимать у ворон и грачей добытый теми корм.

К этой же группе фактов можно отнести и «необыкновенное зрелище», которое Л.Л.Семаго наблюдал в Каменной степи: «Ворона, преподав своим птенцам всю программу добывания корма на суше, учила их ловить рыбку в большом пруду. Птенцы хотели есть, но вода их пугала. Однако мать была настойчива, и на следующее утро рыбу ловили все. Семья не сделала рыбную ловлю своим промыслом, она занялась обычными вороньими делами, но опыт был передан новому поколению» [29, с.203].

Я обращаю внимание на эти факты, поскольку преднамеренное обучение потомства — одна из наиболее сложных психических способностей, обнаруженных только в нескольких случаях и только у человекообразных обезьян и дельфинов. Ее наличие у врановых пока не доказано, но приведенные эпизоды позволяют предположить, что им она тоже может быть свойственна. Однако для окончательного ответа на этот вопрос желательны новые наблюдения, а в идеале — проверка в «строгих лабораторных экспериментах», о необходимости которых писали Дж.Гудолл [17] и Л.В.Крушинский [1].

### Индивидуальная изменчивость репродуктивного поведения

В фильме Быченко «Мои вороны» хорошо проиллюстрирован процесс строительства вороньего

\* С.Л.Новоселова, доктор психологических наук, автор монографий «Генетически ранние формы мышления» (2003) и «Развитие интеллектуальной основы деятельности приматов» (2001); детский психолог.

гнезда, а также редко наблюдаемые элементы ритуала ухаживания. Хохлова наблюдала совместное насиживание кладки парой ворон в холодные дни [37]. Дополнены многократно описанные примеры сооружения гнезд с использованием природных материалов (главным образом проволоки разных видов и в разных пропорциях, вплоть до полной замены естественных материалов) и в нестандартных местах — на зданиях, на опорах ЛЭП, на стреле работающего крана и т.д. (наблюдения В.А.Матанцева, В.Н.Мельникова, Т.В.Хохловой, Г.В.Егоровой). Такие факты хорошо известны, но, тем не менее, мало документированы — описания не систематизированы, нет коллекции фотографий. Между тем многие такие особенности поведения уникальны и могут исчезать со временем. Например, Т.Б.Ардаматская описывает гнезда, которые вороны сооружали из овечьих ребер на площадках пограничных вышек в Черноморском заповеднике. Во время перестройки скотоводство там умерло, вороны ушли, гнезд не осталось, фотографий не сохранилось (если они вообще были). В Москве Быченко нашла воронье гнездо, которое затем было утрачено; оно состояло целиком из разнообразных компьютерных кабелей.

Остается открытым вопрос о феномене «помощников», характерном для американских соек (*Gymnorhinus cyanocephalus* и *Apelocoma ultramarina*), но не обнаруженном у европейских видов [38]. В нашем материале есть два сообщения о том, что около гнезда ворон держится третья птица, однако ее участие в выкармливании птенцов не доказано (наблюдения Е.Ю.Яниш и Л.К.Мухаметзяновой). Нетипичную форму поведения ворон в репродуктивный период зарегистрировал Е.П.Черепанов: на протяжении почти двух недель он снимал гнездо, в котором кладку одновременно насиживали две птицы, а третья их кормила\*.

Ценный вклад в изучение репродуктивного поведения врановых вносит систематическое наблюдение за двумя парами индивидуально распознаваемых оседлых птиц (в разных районах Москвы), которое проводила Т.В.Хохлова на протяжении ряда лет. Она описывает конкретные особенности взаимодействия супругов в процессе насиживания, выкармливания и дальнейшего воспитания слетков [37].



Гнездо ворона с вплетенными кусками проволоки.

Фото Т.В.Хохловой

## Игровое поведение

**Манипуляционные игры.** Как показывают наблюдения в условиях неволи, для врановых характерна сложная по структуре манипуляционная активность, неизменный интерес к новым предметам [30, 39]. Ряд сообщений свидетельствует, что и в естественных условиях игры и разнообразное манипулирование предметами составляют заметную часть поведенческого репертуара этих птиц. Не приводя примеров простых манипуляций, упомянем сообщение Яниш о вороне, которая, сидя на крыше у водосточной трубы, бросала в нее грецкий орех, затем слетала, подбирала его и снова бросала в трубу. По впечатлению наблюдателя, она прислушивалась к звуку, который возникал, когда орех пролетал по трубе. Подобные развлечения отмечены и у московских ворон, которые периодически наносили заметный ущерб стеклянным крышам (например, в Лужниках), сбрасывая на них камни. К сожалению, систематических наблюдений за этим поведением не проводилось, хотя было бы интересно проследить, индивидуальная это активность или групповая, и во втором случае — проанализировать роль подражания.

Игры с предметами могут быть и индивидуальными, и коллективными. Например, ворона берет в клюв одноразовый стаканчик, взлетает и бросает его, а другая подлетает под нее и схватывает стаканчик на лету (наблюдения О.Г.Орленевой), или же ворона сама бросается вниз, перехватывает брошенный ею предмет и делает это несколько раз (сообщение Т.В.Хохловой и мои наблюдения).

\* [youtube.com/watch?v=UiOTSAX4v5g](https://www.youtube.com/watch?v=UiOTSAX4v5g)

Е.Н.Курочкин впервые описал коллективную манипуляционную игру — «футбол» шариком от пинг-понга [40]. Позднее такую же игру наблюдали в Измайлове М.Г.Плескачева, а С.Н.Быченко удалось снять такую сцену («Мои вороны»). Похожую игру-погоню мы наблюдали у содержащихся в неволе слетков врановых — одна из птиц подбирала какой-то камушек или щепочку, перехватывала у нее «эстафету» и убегала, а первая бросалась вдогонку. Так они менялись ролями несколько раз, иногда к ним присоединялась еще одна птица. В отличие от играющих вольных ворон, наших мы различали персонально по цветным меткам на ногах. Это позволило обнаружить в группе несколько «команд» (по две–четыре птицы), члены которых постоянно играли друг с другом. Эти же птицы вступали и в другие дружеские контакты (перебирание перьев, биллинг, соседство на жердочке), которые, по нашим наблюдениям, характерны для социальных отношений врановых в условиях неволи [30].

*Подвижные игры.* Это наиболее часто наблюдаемый вид игры ворон. Описано катание по ледяным дорожкам ([41]; наблюдения С.Н.Хаятина), а также с крыш [24] (включая позолоченные церковные купола) и с ледяных горок (наблюдения О.Г.Орленевой, Н.В.Вдовиной и мои). Многие видеofilмы удачно документируют такое поведение, подтверждают его типичность для видового репертуара и выявляют ранее неизвестные его особенности. Так, например, неоднократно наблюдавшееся многими из нас катание ворон с разного рода наклонных поверхностей зафиксировано в восьми видеосюжетах. Их анализ и сопоставление свидетельствуют о целенаправленности этого поведения. Особенно важен ролик, запечатлевший ворону, которая несколько раз съехала с заснеженной крыши на принесенной ею крышке от майонезной банки\*. Не менее показательны два сюжета, где с крыш катаются одновременно несколько птиц, которые не только многократно съезжают, но и, оказавшись внизу, остаются и наблюдают за другими\*\*.

Несколько коллег описывают менее известный факт. Так, Орленева сообщила, что «зимой вороны катаются на ветках, как на качелях, цепляются за ветку лапками, переворачиваются кверху брюхом и раскачиваются». О.Еремина наблюдала в г.Риддере (Казахстан) следующую сценку: серая ворона отделилась от стаи, села на провод линии электропередачи и, держась когтями, стала вращаться вокруг него. Перекрутившись три–пять раз, она замирала вниз головой на несколько секунд, затем медленно распускала крылья и камнем падала вниз. Когда до земли оставалось около метра, ворона резко расправляла крылья и взлетала, потом опять

садилась на провод, крутилась, падала вниз, взлетала и опять садилась на провод, и так несколько раз. Затем она перелетела на ветку тополя и так же крутилась и падала, как на проводе. Остальные вороны внимания на нее не обращали. Подобное поведение наблюдала и Вдовина в Нижнем Новгороде у двух групп ворон по три–четыре особи. Они по очереди подпрыгивали и повисали на нижних ветках молодых лип, зацепившись клювом и раскачиваясь. Некоторые пребывали в такой позе достаточно долго. Шутова неоднократно наблюдала, как ворона прилетала на провод, протянутый между домами на уровне девятого этажа. Сначала она просто раскачивалась на проводе, делая это все быстрее, а потом начинала вращаться вокруг него.

Ранее похожее поведение было описано Э.Гвиннером у воронов, живших группами в большом aviарии [41]. Оно расценивалось как игра. Иногда птицы свисают на лапах при добывании корма [21], в том числе при обрывании ягод рябины, как в фильме «Мои вороны».

Встречаются и другие описания непонятного поведения ворон. Если оно было отмечено неоднократно, можно говорить о его неслучайности. Например, несколько авторов упоминают о «купании» ворон в снегу. Назначение этого поведения они не обсуждают или предположительно относят к игре. Так, в феврале 1994 г. Шариков наблюдал стаю ворон (около 10 особей), которая сидела на покрытой снегом крыше большого универсама на ул.Островитянова (Москва). Периодически от группы отходила одна из птиц, разбегалась и, складывая крылья, ныряла в снег. Примерно через 30–40 см она «выныривала», отряхивалась, какое-то время сидела, оглядывалась и возвращалась к группе. И так поступали по очереди почти все вороны. Один раз две вороны «ныряли» почти одновременно. Наблюдать такое поведение пришлось в течение 10 мин. Снег в это время был достаточно глубокий и рыхлый. Похожие картины наблюдали также Вдовина и Хохлова.

Вдовина описывает также несколько вариантов подвижных игр, которые она наблюдала осенью на прогулке в парке, расположенном на высоком, обрывистом берегу Оки (Нижний Новгород). Был сильный ветер, вороны базировались на высоких березах, растущих неподалеку от откоса, и «упражнялись» различными способами. Одна развлекалась с чем-то вроде довольно большого листа клена: она располагалась под углом к направлению ветра и перехватывала его то клювом, то лапами, то и тем и другим. Другие «соревновались», пытались «кататься» на потоках, но время от времени разворачивались навстречу к ним, так что было страшновато за их крылья, которые выворачивал ветер, но они умудрялись их складывать и пикировать. А одна просто нашла (случайно попала?) нисходящий поток, в котором она удерживалась с раскрытыми крыльями и была доставлена на другой берег без единого взмаха.

\* [youtube.com/watch?feature=player\\_embedded&v=6uXiAc7Oc-I](https://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=6uXiAc7Oc-I)

\*\* [youtube.com/watch?v=RCpjmHtMRRM0](https://www.youtube.com/watch?v=RCpjmHtMRRM0)

Полеты ворон в воздушных потоках — явление весьма распространенное. Обычно их считают играми, но В.Н.Федосов предположил, что это не только развлечение, но и средство чистки оперения. Той же цели может служить купание в снегу, но эти предположения требуют тщательной проверки. Что касается борьбы с паразитами, то Муравьев считает, что этой цели служит зависание вороны над дымом догорающего костра, которое ему довелось наблюдать.

В заключение раздела упомянем нередко наблюдаемое зрелище — стайка ворон вьется вокруг креста или флюгера (например, на башне Нижегородского кремля — наблюдение Н.В.Вдовиной), как бы соревнуясь в умении при сильном ветре сесть и удержаться на них несколько секунд, а затем уступить место другим участникам состязания.

Накопление однородных описаний позволяет считать тот или иной поведенческий акт не случайностью, а типичным компонентом поведенческого репертуара вида и заставляет искать его приспособительное значение.

Как уже упоминалось, разобранные эпизоды составляют лишь часть собранного нами материала и весьма выборочно затрагивают поведенческий репертуар серой вороны, а иногда и некоторых других видов врановых. Тем не менее они позволили выявить некоторые ранее неизвестные факты и дают направление новых поисков. Наиболее редкими оказываются случаи, которые хотя бы очень условно можно отнести к проявлениям высших когнитивных функций и которые свидетельствуют о сообразительности этих птиц, о способности оперативно применить новую тактику, о прогнозировании результата своих действий. Особый интерес представляют те немногочисленные описания, которые (при всей спорности трактовки) впервые позволяют предполо-



Стайка большеклювых ворон, вьющихся у вершины столба, на о.Шикотан (заказник «Малые Курилы» в составе ГПБЗ «Курильский»).

Фото Т.А.Обозовой

жить, что врановые способны к активному обучению потомства и перепрыгиванию кладовок, сделанных при свидетелях. Если бы эти факты подтвердились, это было бы весомым дополнением к полученным в эксперименте данным о зачатках самосознания у врановых птиц.

Не менее интересно накапливать и сопоставлять описания эпизодов, которые не имеют очевидной функции (купание в снегу, зависание и вращение вокруг присады). Увеличение числа таких наблюдений, возможно, позволит приблизиться к пониманию природы этих форм поведения. ■

**Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 13-04-00747).**

## Литература

1. Крушинский Л.В. Записки московского биолога: загадки поведения животных. М., 2006.
2. Emery N.J. Bird Brain: An Exploration of Avian Intelligence. Princeton, 2016.
3. Emery N.J., Clayton N.S. The mentality of crows: convergent evolution of intelligence in corvids and apes // Science. 2004. V.306. P.1903–1907. Doi:10.1126/science.1098410.
4. Emery N.J. Cognitive ornithology: the evolution of avian intelligence // Philos. Trans. R. Soc. Lond. Biol. Sci. 2006. V.361. P.23–43. Doi:10.1098/rstb.2005.1736
5. Auersperg A.M.I., Bayern A.M.P. von et al. Flexibility in problem solving and tool use of kea and New Caledonian crows in a Multi Access Box paradigm // PLoS ONE. 2011. V.6. e20231. Doi:10.1371/journal.pone.0020231.
6. Jarvis E.D., Güntürkün O., Bruce L. et al. Avian brains and a new understanding of vertebrate evolution // Nature Rev. Neurosci. 2005. V.6. P.151–159. Doi:10.1038/nrn1606.
7. Jarvis E.D. Bird Brain: Evolution // Encyclopedia of Neuroscience / Ed. L.R.Squire. Oxford, 2009. V.2. P.209–215.
8. Обухов Д.К. Современные представления о структурно-функциональной организации конечного мозга птиц // Тр. СПб об-ва естествоиспытателей / Ред. О.С.Сотников. СПб., 1996. Т.76. Вып.5. С.113–133.
9. Olkowicz S., Kocourek M., Luuan R.K. et al. Birds have primate-like numbers of neurons in the forebrain // PNAS. 2016. V.113. P.7255–7260. Doi:10.1073/pnas.1517131113.

10. Багоцкая М.С., Смирнова А.А., Зорина З.А. Изучение способности серых ворон (*Corvus cornix* L.) решать задачи на добывание приманки из трубки с ловушкой // Журн. общей биологии. 2013. Т.74. №1. С.23–33.
11. Зорина З.А., Обозова Т.А. Новое о мозге и когнитивных способностях птиц // Зоол. журн. 2011. Т.90. №7. С.784–802.
12. Плескачева М.Г., Зорина З.А. Решение теста Ревеша—Крушинского животными разных систематических групп // Журн. эволюц. физиологии и биохимии. 2012. №6. С.597–612.
13. Lazareva O.F., Smirnova A.A., Bagozkaja M.S. et al. Transitive responding in hooded crows requires linearly ordered stimuli // J. Experim. Analysis Behav. 2004. V.82. P.1–19. Doi:10.1901/jeab.2004.82-1.
14. Смирнова А.А. О способности птиц к символизации // Зоол. журн. 2011. Т.90. №7. С.803–810.
15. Bluff L.A., Weir A.A.S., Rutz Cb. et al. Tool-related cognition in New Caledonian crows // Comp. Cogn. Behav. Rev. 2007. V.2. P.1–25. Doi:10.1098/rspb.2009.1953.
16. Smirnova A., Zorina Z., Obozova T., Wasserman E. Crows spontaneously exhibit analogical reasoning // Current Biology. 2015. V.25. Iss.2. P.256–260. Doi:10.1016/j.cub.2014.11.063.
17. Гудолл Дж. Шимпанзе в природе: поведение. М., 1992.
18. Обозова Т.А. Большеклювые вороны на острове Шикотан // Экология и жизнь. 2011. С.43–45.
19. Зорина З.А. Индивидуальная пластичность поведения врановых птиц // Экология птиц: виды, сообщества, взаимосвязи: Тр. науч. конф., посвящ. 150-летию со дня рождения Н.Н.Сомова (1861–1923) / Ред. М.В.Баник, А.А.Атемасов, О.А.Брезгунова. Харьков, 2011. Вып.1. С.142–162.
20. Хейнрих Б. Ворон зимой. М., 1994.
21. Сенник М.А. Некоторые особенности поведения врановых в условиях неволи // Экология врановых в естественных и антропогенных ландшафтах. Мат. VIII межд. конф. по врановым птицам. Ставрополь; М., 2007. С.206–208.
22. Prior H., Schwarz A., Gunturkun O. Mirror-induced behavior in the magpie (*Pica pica*): Evidence of self-recognition // PLoS Biol. 2008. 6. №8. e202. Doi:10.1371/journal.pbio.0060202.
23. Хейнрих Б., Багнаяр Т. Мудрый ворон // В мире науки. 2007. №7. С.58–65. Doi:10.1098/rspb.2005.3144.
24. Матанцев В.А. Заметки о поведении врановых // Экология врановых в естественных и антропогенных ландшафтах. Мат. VIII межд. конф. по врановым птицам. Ставрополь; М., 2007. С.183–187.
25. Митина Г.Н. Поедание воронами фисташек: случайный эксперимент в городе // Экология врановых в естественных и антропогенных ландшафтах. Мат. VIII межд. конф. по врановым птицам. Ставрополь; М., 2007. С.187–189.
26. Мешкова Н.Н., Федорович Е.Ю. Ориентировочно-исследовательская деятельность, подражание и игра как психологические механизмы адаптации высших позвоночных к урбанизированной среде. М., 1996.
27. Резанов А.Г. Кормовое поведение птиц: метод цифрового кодирования и анализ базы данных. М., 2000.
28. Фисун К.В. Некоторые наблюдения за поведением сорок в г. Оренбурге // Орнитология в Северной Евразии. Мат. XIII межд. орнитол. конф. Сев. Евразии. Оренбург, 2010. С.313–314.
29. Семаго Л.Л. Сто свиданий с природой. Воронеж, 1975.
30. Зорина З.А. Анализ формирования исследовательского, игрового и социального поведения 4 видов врановых при групповом содержании в неволе // Врановые птицы в антропогенных ландшафтах. Липецк, 1992. Вып.2. С.3–27.
31. Clayton N.S., Griffiths D.P., Dickinson A. Declarative and episodic-like memory in animals: personal musings of a scrub jay // The Evolution of Cognition / Eds C.Heyes, L.Huber. Cambridge, 2000. P.273–289.
32. Clayton N.S., Emery N.J. What do jays know about other minds and other times? // Neurobiology of «Umwelt». How Living Beings Perceive the World? / Eds A.Berthoz, Y.Christen. Berlin, 2009. P.109–123.
33. Dally J.M., Emery N.J., Clayton N.S. Cache protection strategies by western scrub-jays, *Apelocoma californica*: Implications for social cognition // Anim. Beh. 2005. V.70. P.1251–1263. Doi:10.1098/rsbl.2004.0190.
34. Fouts R.S., Mills S.T. Next of Kin. My Conversation with Chimpanzees. N.Y., 1998.
35. Тух Н.А. Предыстория общества. Л., 1970.
36. Исаева О.С. Врановые птицы рудеральных ландшафтов европейской части России // Врановые птицы в антропогенном ландшафте. Межвузовский сборник научных трудов. Липецк, 2001. Вып.4. С.31–42.
37. Хохлова Т.В., Зорина З.А. Особенности поведения территориальных пар серой вороны в г. Москва // Врановые птицы Северной Евразии. Мат. IX межд. конф. по изучению врановых птиц Северной Евразии. Омск, 2010. С.152–153.
38. Брезгунова О.А. Кооперативное размножение у врановых (Passeriformes, Corvidae) птиц // Зоол. журн. 2015. Т.94. №1. С.90–105.
39. Зорина З.А., Маркина Н.В., Дерягина М.А. Структура и возрастные особенности манипуляционной активности серой вороны *Corvus cornix* L. // Зоол. журн. 1986. Т.65. №10. С.552–1559.
40. Курочкин Е.Н. Самые умные птицы // Друг. 1998. №2–3. С.18–21.
41. Gwinner E. Untersuchungen uber das Ausdrucks und Sozialverhalten des Kolkrahen (*Corvus corax*) // Z. Tierpsychol. 1964. Bd.21. №6. P.657–748.

# Гималайские медведи Большого Хехцира

К.Н.Ткаченко

Гималайский медведь обитает в лесных областях Южной и Восточной Азии от Юго-Восточного Ирана (Белуджистана), Афганистана и Гималаев до тихоокеанского побережья, а также на островах Тайвань и Японских (Хонсю, Кюсю, Сикоку). На юг Дальнего Востока России заходит северная оконечность его ареала, где живет подвид — уссурийский гималайский медведь, отличающийся от южных сородичей чисто черным густым мехом и более крупными размерами [1–6]. Гималайский медведь заметно уступает в размерах бурому медведю\*. По данным с юга Дальнего Востока России, длина тела самца гималайского медведя достигает 197 см, а масса — 130–160 кг (изредка до 190), тогда как самцы бурого медведя имеют длину тела 254 см и массу 250–416 кг [3]. Гималайский медведь ведет полудревесный образ жизни, поэтому тесно связан с лесами. На деревьях он может спастись от бурого медведя и тигра, а также устроиться отдыхать или кормиться. В настоящее время в России гималайский медведь — охотничий вид.

О гималайских медведях, обитающих в Большехехцирском заповеднике, в литературе



**Константин Николаевич Ткаченко**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологии животных Института водных и экологических проблем ДВО РАН (Хабаровск). Область научных интересов — экология и мониторинг хищных млекопитающих (в основном кошачьих и псовых) на юге Дальнего Востока России.

**Ключевые слова:** гималайский медведь, хребет Большой Хехцир, заповедник, густонаселенная местность, тигр, бурый медведь, экология, поведение.

**Key words:** Asiatic black bear, Big Khekhtsir, reserve, densely populated area, tiger, brown bear, ecology, behavior.

имеются в основном фрагментарные сведения [7–11]. Поэтому данные, собранные мною с 1987 по 2015 г., расширят знания об образе жизни этого вида на данной территории. Заповедник окружен многочисленными населенными пунктами (в 15 км к северу от него находится г.Хабаровск), дачными участками, пасаками, сельскохозяйственными угодьями, дорогами. Такое расположение заповедника, безусловно, влияет на образ жизни медведей. Они постоянно появляются в местах, освоенных человеком, что иногда приводит к конфликтам. Автомобильная и железнодорожная магистрали Хабаровск—Владивосток, протянувшиеся через понижение, которое разделяет хребты Большой и Малый Хехцир, затрудняют переходы медведей в обоих направлениях. Островной горный массив Хехцир отделен от ближайших отрогов Сихотэ-Алиния малооблесенными, преимущественно заболоченными равнинами шириной около 50–75 км [12]. Такие места обитания несвойственны для гималайского медведя, поэтому обмен между популяциями на Хехцире и Сихотэ-Алине затруднен.

## Места обитания

Гималайский медведь распространен на всей территории заповедника. Основные места его обитания — широколиственные леса предгорий и равнин и хвойно-широколиственные леса среднего-

\* О бурых медведях, обитающих в Большехехцирском заповеднике, см.: Ткаченко К.Н. Бурые медведи Большого Хехцира // Природа. 2016. №8. С.42–49.



Гималайский медведь — обычный вид для вторичных лиственных лесов летом. Чуть более 2 км к западу от с.Чирки, в юго-восточной части Большехехцирского заповедника (июнь 2013 г.).

Здесь и далее фото автора

рий. Летом он нередко встречается и во вторичных лиственных лесах, даже вблизи населенных пунктов. Хотя гималайский медведь ведет одиночный образ жизни, во время созревания желудей дуба монгольского и орехов кедра корейского — основных кормов, позволяющих быстро накопить достаточное количество жира перед зимним

сном, — образует временные скопления. Горные пихтово-еловые леса на высоте 600–900 м над ур.м. для него малопривлекательны. Редко посещает расположенные к югу от заповедника малооблесенные равнины междуречья Кия—Чирки.

Увидеть гималайского медведя днем на открытом месте удается крайне редко. Мне довелось на-



Медведь пересекает сильно обмелевшее озеро Залив Пешков в устье р.Чирки. Справа — встает из воды после короткого отдыха (июль 2008 г.).

блюдать подобное лишь однажды, 29 июля 2008 г. Медведь в середине дня пересекал сильно обмелевшее озеро Залив Пешков в устье р.Чирки. Он направлялся от релки на левом берегу к лесам Большого Хехцира, расстояние до которых равнялось примерно 1 км. Медведь то бежал, то быстро шел. Было очень жарко (31–33°C), поэтому, когда он входил в неглубокие протоки, ложился в воду охладиться, но каждый раз отдыхал не дольше минуты.

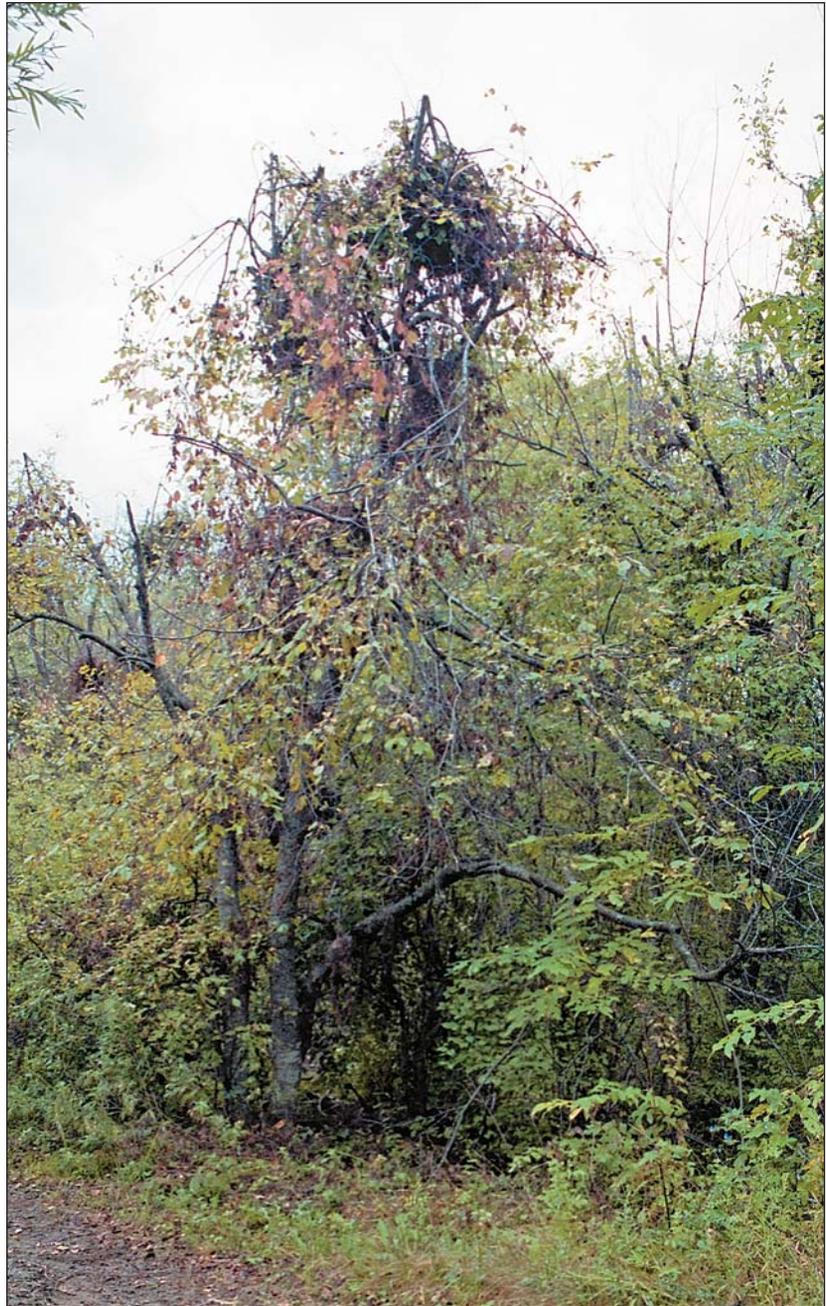
### Питание на деревьях

Обычно гималайские медведи, чтобы добраться до плодов, взбираются на деревья (черемуху Маака и обыкновенную, дуб монгольский и др.), где и кормятся, делая заломы, похожие на гнезда. Но в отдельных случаях они сбрасывают с дерева, например с дуба монгольского или кедра корейского, ветви диаметром 6–8 см: сначала подгрызают их, а потом обламывают. Они чрезвычайно осторожны и при малейшей опасности слезают на землю и убегают. Вдали от дорог и населенных пунктов могут питаться в разное время суток, но вблизи них — преимущественно ночью.

Однако бывают исключения. Например, 29 июля 2004 г. в два часа дня на правом берегу р.Уссури я встретил гималайского медведя, кормившегося в кроне черемухи обыкновенной. Мне удалось подойти к нему менее чем на 10 м. Он занимался своим делом абсолютно спокойно, хотя на реке китайские рыбаки ловили рыбу на джонках: гул моторов был хорошо слышен, а люди были прекрасно видны с берега. Заметив меня, медведь поспешно слез с дерева и скрылся в лесу.

### Зимние убежища

Гималайские медведи устраивают берлоги в основном в дуплах деревьев в равнинных и горных лесах. В заповеднике из 19 зимних убежищ, обнаруженных в деревьях, 5 располагались в кедре ко-



Похожий на гнездо залом, сделанный на черемухе обыкновенной гималайским медведем. Правобережная долина р.Уссури в окрестностях кордона «Чирки» (август 2002 г.).

рейском, 4 — в липе, 4 — в ясене маньчжурском, 2 — в сухом обломанном дереве и по одному — в тополе Максимовича, березе белой, дубе монгольском и в дереве, вид которого не определялся. Вход в четырех дуплах находился на высоте 0,4–0,8 м от земли, в трех — на высоте 2–3 м, в пяти — на высоте 4–5 м, в одной — на высоте 6–7 м, в двух — на высоте 8–10 м и еще в двух — на высоте 12–15 м. Две берлоги располагались в комлевых дуплах, а одна оказалась наземной.



Медведи периодически забираются на скальный останец в верховьях р.Быкова (июль 2014 г.).



Следы самца гималайского медведя, покинувшего берлогу после зимнего сна. Наледь, присыпанная снегом, на р.Быкова (март 2005 г.).

Получается, в 35% берлог заповедника (включая наземную) вход размещен на высоте до одного метра над землей. Это одна из причин, почему гималайские медведи погибают из-за тигров на Хехцире чаще, чем в других местах на юге Дальнего Востока. В питании самца тигра, обитавшего в заповеднике в 1992–2000 гг., гималайские медведи составляли 22.8%. Тот тигр целенаправленно искал медведей [13].

### Суточная активность

Суточную активность гималайского медведя определяли по встречам с животными и данным с фотоловушек (всего 82 регистрации). Эти хищники ночью (с 00:00 до 4:00) в основном пассивны. В светлое время суток (с 8:00 до 16:00) они максимально активны. После 22:00 наступает период относительного покоя.

Четыре раза удалось увидеть (один раз — с помощью фотоловушки) отдыхающих гималайских медведей. Дважды места отдыха располагались на почти горизонтально растущих ветвях деревьев в четырех–пяти метрах от земли (в окрестностях Цыпинского отстоя), один раз — в гроте в скальном останце и еще один — на гребне того же останца (в верховьях р.Быкова). Отдыхавшие на ветвях медведи оба раза обнаружены во втором часу дня, из грота медведя спугнули в начале третьего часа дня. Фотоловушка, установленная на гребне скального останца, зафиксировала, как гималайский медведь 15 июля 2014 г. в пятом часу утра устроился там на ночлег и проспал часа полтора. Благодаря фотоловушкам выяснилось, что гималайские медведи часто взбираются на этот останец.

Четыре раза удалось увидеть (один раз — с помощью фотоловушки) отдыхающих гималайских медведей. Дважды места отдыха располагались на почти горизонтально растущих ветвях деревьев в четырех–пяти метрах от земли (в окрестностях Цыпинского отстоя), один раз — в гроте в скальном останце и еще один — на гребне того же останца (в верховьях р.Быкова). Отдыхавшие на ветвях медведи оба раза обнаружены во втором часу дня, из грота медведя спугнули в начале третьего часа дня. Фотоловушка, установленная на гребне скального останца, зафиксировала, как гималайский медведь 15 июля 2014 г. в пятом часу утра устроился там на ночлег и проспал часа полтора. Благодаря фотоловушкам выяснилось, что гималайские медведи часто взбираются на этот останец.

### Зимний сон

Зимний сон обычно продолжается с октября по апрель. Как правило, осенью взрослые самцы последними залегают в берлоги. Они активны до конца ноября, но изредка бродят до начала зимы. Так, 5 декабря 1995 г. в правобережной долине ручья Золотого были обнаружены свежие следы взрослого самца медведя. Весной первыми покидают берлоги тоже взрослые самцы. Например, следы крупного медведя (ширина отпечатка пальмарной мозоли — большой подушки передней лапы — 12 см) приблизительно суточной давности были найдены 31 марта 2005 г. в долине р.Быкова. На двухкилометровом маршруте по следу медведя

(в направлении, противоположном направлению движения зверя) было найдено наземное весеннее гнездо медведя, где тот переждал снегопад, и три разрытых им муравейника.

### Взаимоотношения с тигром и бурым медведем

Враги гималайских медведей в заповеднике — тигр и бурый медведь. Тигр охотится на них круглогодично: экскременты с остатками гималайских медведей встречаются в любое время года, а жертвами становятся особи всех возрастов. Из-за недостатка пригодных дупел отдельные гималайские медведи вынуждены зимовать в наземных берлогах, где становятся легкой добычей тигра. Так, в январе 2000 г. на правом берегу ручья Геологовского (левый приток р.Половинки) самец тигра убил гималайского медведя, зимовавшего в наземной берлоге. Немного позже к трапезе тигра присоединилась тигрица, догнавшая его по следу. Они растащили останки медведя в разные места, находившиеся на расстоянии 200, 120 и 80 м друг от друга.

Хищничество тигра за время его оседлого обитания на Хехцире (1992–2007 гг.) не привело к снижению численности медведя. Реакция гималайских медведей на следы тигров бывает разной. Обычно взрослые медведи не проявляют видимых признаков беспокойства. С помощью фотоловушки, установленной на постоянной тропе тигров у Тигрового грота, удалось выяснить, что медведи также нередко пользуются этой тропой. Но однажды, в декабре 1995 г., медведь испугался свежих следов тигрицы и двух тигрят [14]. Вероятно, подобные случаи не единичны, поскольку есть сведения, что гималайский медведь панически боится следов тигра [8]. А.Г.Юдаков и И.Г.Николаев, проводившие исследование в западной части Среднего Сихотэ-Алиня, указывают, что медведи неодинаково реагируют на следы тигров [15]. У медвежат свежие следы тигра вызывают сильнейший страх — и они немедленно взбираются на деревья. Этот страх у них врожденный [16].

Случаи антагонизма между бурым и гималайским медведями в заповеднике крайне редки и носят характер исключений. Лишь однажды, 11 июля 1998 г., в правобережной долине р.Быкова бурый медведь задавил и съел полугодовалого гималайского, вероятно, застиг-



Голова гималайского медведя, убитого самцом тигра и съеденного им и тигрицей. Голова перенесена одним из тигров к месту их отдыха. Правобережье ручья Геологовского (январь 2000 г.).



Шестимесячный тигренок на тропе, которой постоянно пользуются его сородичи. Тигровый грот (октябрь 2000 г.).

нув его врасплох. В других районах юга Дальнего Востока крупные самцы бурого медведя нападают на своих сородичей и гималайских медведей преимущественно в годы низкого урожая основных кормов [8, 17]. В «голодные» годы это вынужденная хищническая деятельность [17].

Трофические потребности гималайского и бурого медведя пересекаются достаточно тесно весь активный период (апрель—октябрь) их жизни. В неактивное время (ноябрь—март) оба вида медведей территориально почти разобщены. Бурые медведи устраивают в основном земляные берлоги в верхних частях склонов гор, гималайские же — в дуплах деревьев от среднегорий до равнин. Обитание в теплый период года в одних и тех же биотопах не сопряжено с проявлениями нетерпимости (агрессии). Несмотря на то, что оба вида имеют сходный рацион питания, они занимают разные экологические ниши. Гималайский медведь поедает главным образом листву и плоды, находясь в кронах деревьев. Бурый медведь только в юном возрасте легко и часто взлезает на деревья, а пищей ему по большей части служат травы и опавшие плоды. В конце лета и осенью, когда медведи переходят на питание основными кормами (желудями дуба монгольского и орехами кедра корейского), которые способны обеспечить им благополучную зимовку, гималайский медведь преимущественно собирает их с ветвей, а бурый подбирает с земли. Таким образом, благодаря различным способам добычи пищи, гималайский и бурый медведи совместно осваивают одни и те же пищевые ресурсы, не конкурируя друг с другом. Также медведи выступают комменсалами по отношению к другим хищникам. Такие случаи регулярно регистрируются весной, когда после зимнего сна они находят и съе-

дают останки жертв волков и тигров. Кроме того, жить рядом с бурым медведем и тигром гималайскому медведю позволяет способность отдыхать на деревьях (о чем писалось выше).

### **Взаимоотношения с человеком**

Некоторые гималайские медведи очень настойчиво, преимущественно ночью, посещают пасеки. По неполным данным, с 2003 по 2015 г. на пяти пасеках они уничтожили 71 улей. Во время этих визитов было убито 15 особей. За апрель—октябрь на одной пасеке погибает от одного до трех животных. Известен случай, когда медведи шли за медом буквально друг за другом. По словам пасечника-браконьера, в августе 1987 г. на пасеке, размещавшейся примерно в 400 м от северной границы заповедника в правобережной долине ручья Соснинского, за одну ночь были убиты пять гималайских медведей с интервалом в 2–5 мин. По-видимому, погромы чаще происходят на неохранных пасеках, где люди подолгу (до двух недель) отсутствуют. Также медведи иногда упорно навещают пасеки непосредственно в населенных пунктах, что неоднократно отмечалось в селах Бычиха, Казакевичево, Невельское. Подходы к Бычихе и Казакевичево (граничащим с заповедником с севера) для медведей относительно удобны, потому что к ним вплотную прилегают леса. Чтобы добраться от южной границы заповедника до Невельского, медведям приходится преодолевать около четырех километров несвойственных им местообитаний — малооблесенных равнин правобережной долины р.Усури.

Весна — самый трудный сезон в жизни гималайского медведя. Отдельные особи голодают и потому навещают в ближайшие к заповеднику населенные пункты. Один зверь с конца апреля 2005 г. около месяца приходил в с.Бычиха к дому, расположенному на отшибе у самого леса. Приусадебный участок огорожен по периметру двухметровым забором из стальных прутьев, заостренных на концах, однако медведь легко преодолевал это препятствие. В трех местах, где он перелезал через забор, прутья оказывались вымазаны грязью, а на их заостренных концах оставались клочья медвежьей шерсти. Он не обращал внимания на непривязанную крупную собаку, похожую на восточно-европейскую овчарку. Более того, пытался ее поймать, так что хозяева даже впускали собаку



Медведь на тигриной тропе. Тигровый грот (апрель 2001 г.).

в дом, опасаясь за ее жизнь. Медведь неоднократно пытался пробраться в сарай, где содержались с десятка кур и коза, и что-то поедал в куче навоза. Убегал в лес, когда его пугали ударами металлических предметов друг о друга, но примерно через час возвращался. Приходил обычно ночью, но изредка навещался и в светлое время суток. Всю ночь с 18-го на 19-е мая никуда не уходил — обследовал территорию вокруг дома. Вскоре тот двор посещать перестал.

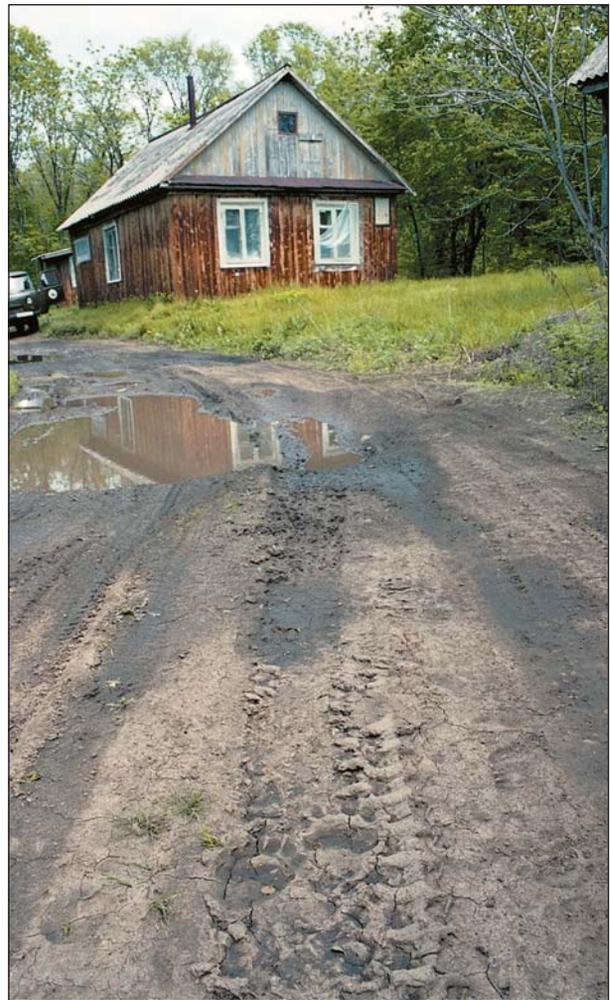
Летом, когда пища в лесу имеется в изобилии, отдельные особи гималайского медведя упорно посещали свалки пищевых отходов на территории детских лагерей, расположенных у северной границы заповедника. В одном из них в июне 1997 г. медведь убил и съел девять кур из десяти за один визит [5]. Неоднократно такие медведи отстреливались (по специальным разрешениям).

Нередко гималайские медведи приближаются к заповедным кордонам. Иногда даже входят внутрь строений, оставляя после себя полный беспорядок. В 1996, 1998 и 1999 г. медведи посещали летнюю кухню кордона «Золотой» и сам кордон, в 2013 г. — летнюю кухню кордона «Чирки». Во всех этих случаях, залезая в летние кухни, они вырывали из окон рамы, доски (если окно было заколочено), противомоскитные сетки, потянув их на себя. Если в кордон «Золотой» с его летней кухней медведи навещались, когда там не было людей, то летнюю кухню кордона «Чирки» гость из леса обследовал ночью, когда в кордоне находилось три человека.

Пограничные заграждения из колючей проволоки на границе с Китаем для гималайского медведя не представляют серьезной преграды. Причем он не рвет проволоку, когда преодолевает заграждение, в отличие от бурого медведя.

Некоторые гималайские медведи не могут спокойно пройти мимо фотоловушки. Им надо обязательно обнюхать ее, потрогать (хорошо, если при этом они ее не наклонят) или вообще оторвать от дерева и бросить на землю. За время использования фотоловушек (я не считаю период работы с пленочными фотоловушками 1998–2001 гг., которые никто не повреждал) в 2012–2015 гг. четыре из девяти камер подверглись неоднократным «нападениям» гималайских медведей. Одну из них найти так и не удалось — она до сих пор покоится в горах Большого Хехцира.

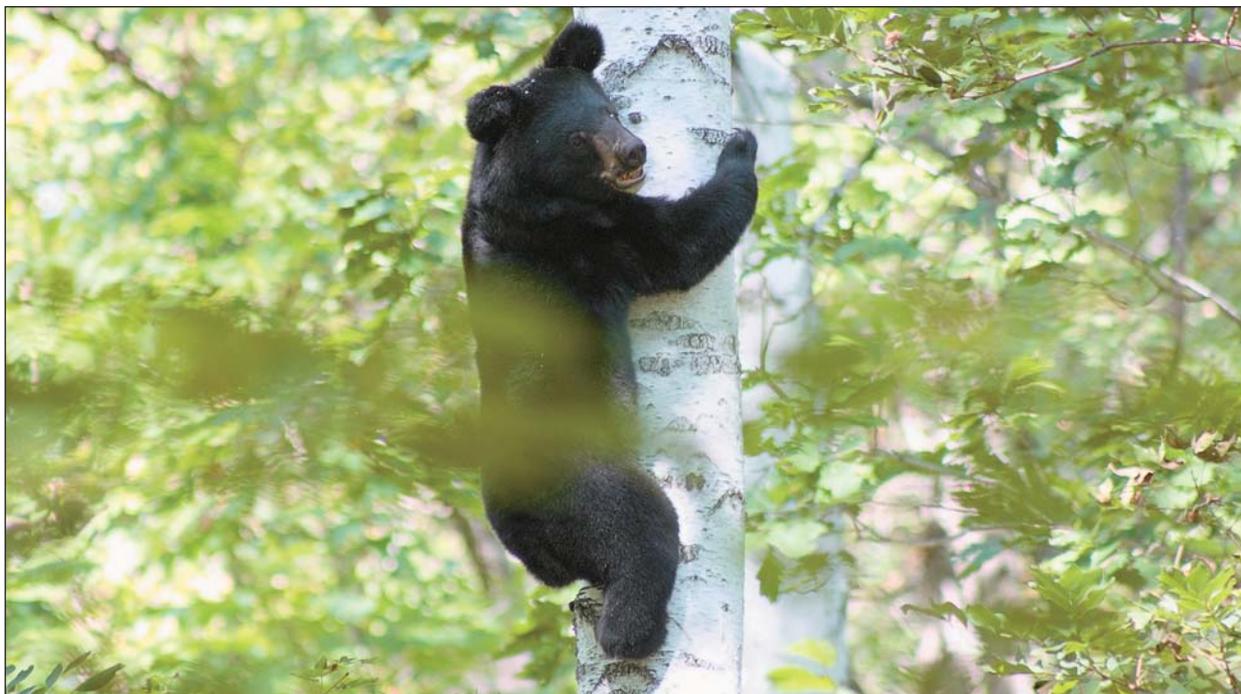
Обычно при встречах с человеком гималайский медведь сразу убегает. Например, 10 июня 2015 г. около двух часов дня я



Следы гималайского медведя (внизу снимка) в 16 м от кордона «Чирки» (май 2007 г.).



Медведь, оторвавший фотоловушку от дерева и бросивший ее на землю. Снимок сделан за несколько минут до того. Гора Острая, расположенная в южных предгорьях хребта Большой Хехцир (июнь 2012 г.).



При приближении людей медведь, находившийся на земле, прежде чем убежать, на несколько мгновений взобрался на березу (август 2014 г.).

спугнул медведя с его места отдыха в гроте скального останца в верховьях р.Быкова. Я прошел вплотную ко входу в грот, находившемуся примерно в 1,5 м над землей, и остановился чуть выше на ровной площадке в двух метрах поодаль. Менее чем через минуту из грота послышалось фырканье: оттуда вылетел медведь и понесся вниз по склону.

В правобережной долине р.Цыпа 28 августа 2014 г. около часу дня медведь, который находился на земле, взобрался на березу на высоту 4–5 м при приближении трех человек. Увидев людей, быстро слез и убежал. Вероятно, он забрался на дерево, чтобы сориентироваться, поскольку из-за зарослей не мог понять, кто к нему приближается.

Если при появлении людей медведи находились на деревьях, то в восьми случаях из десяти быстро слезали с них (нередко — практически съезжали по стволам) и исчезали в лесу. В двух случаях из восьми убегающие медведи на пару мгновений останавливались в нескольких десятках метров от людей и приючивались под прикрытием зарослей. Убегают медведи совершенно бесшумно, словно растворяются в лесу, лишь иногда может донестись легкий треск. Изредка, перед тем как убежать, медведи негромко рычат. Дважды медведи не покидали деревьев. Так, 17 июля 2000 г. во втором часу дня близ Цыпинского отстоя я увидел медведя, лежавшего на ветви задом к стволу березы даурской. Обнаружив меня, он сел в позу всадника и стал смотреть в мою сторону. Я прошел в 20–25 м от зверя. С отстоя было видно, как медведь успокоился и снова вытянулся на вет-

ви (я наблюдал за ним с расстояния 20–30 м около 20 мин). Когда я возвращался с отстоя, зверь так же сел на ветви и повернул голову ко мне. С дерева он так и не слез. Отдалившись от него километра на два, я сделал наброски по памяти, так как не взял с собой фотоаппарат.

Второй случай произошел примерно на 1 км ниже Цыпинского отстоя 18 сентября 2011 г. во втором часу дня. Медведь тоже отдыхал, вытянувшись, на ветви ясеня маньчжурского. Заметив двух человек, сначала сел на ветви, а при приближении одного из них залез метра на три выше. Он издавал слабые стонущие звуки. Из одной ноздри у него иногда капала прозрачная жидкость. Когда к первому человеку подошел второй, зверь выше не полез. Он остался на дереве даже тогда, когда люди удалились.

Одна встреча с гималайским медведем (предположительно, так как не удалось хорошо его рассмотреть) мне прекрасно запомнилась. 14 мая 1990 г. я поднимался по тропе вдоль склона отрога, спадающего справа к ручью Соснинскому. Неожиданно сзади раздалось громкое рывканье. Обернувшись, я увидел, что по склону сверху на меня мчится медведь — сквозь заросли он выглядел черным округлым пятном. В шести-семи метрах от меня зверь повернул в сторону и стал бегать взад и вперед, описывая дуги. Он добежал до тропы (не выскакивая на нее) то выше, то ниже меня по склону. Все сопровождалось таким сильным рывканьем, что казалось, будто оно слышится сразу со всех сторон, обрушивается с неба. Я зата-

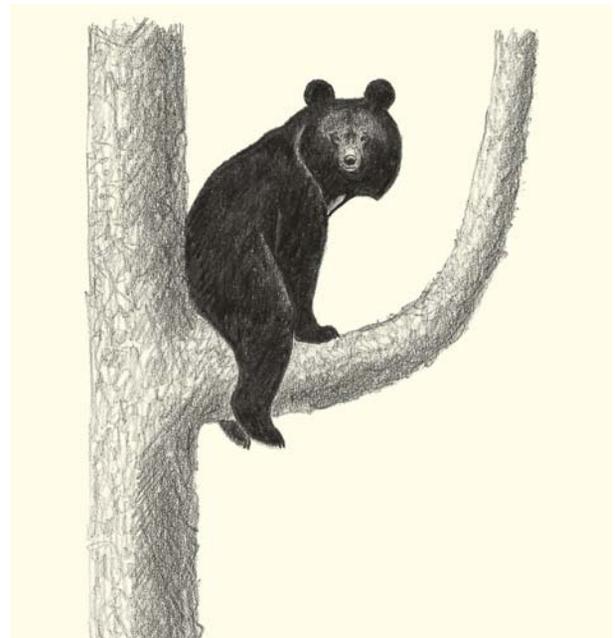
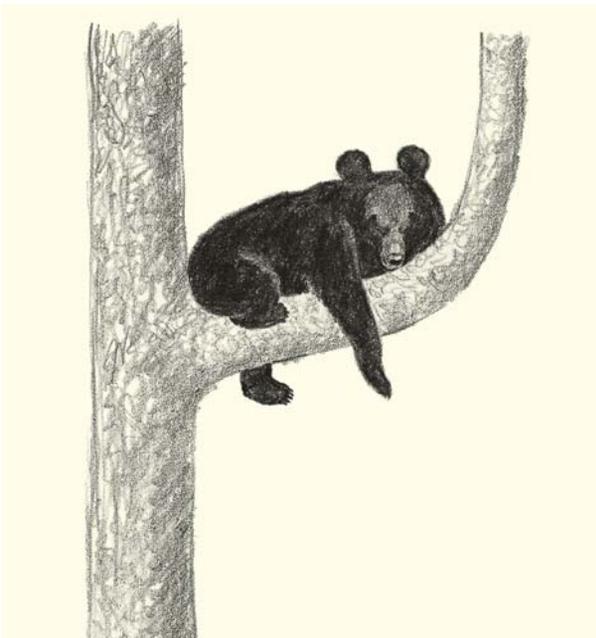


Побеспокоенный людьми, медведь сел на ветви ясеня маньчжурского, на которой отдыхал (слева). И залез метра на три выше, когда автор к нему приблизился (сентябрь 2011 г.).

иля около сухой обломанной ели или пихты, лицом к медведю. Вспомнив о фальшфейере в руке, открутил колпачок и взялся за кольцо (к которому прикреплен шнур), ожидая приближения зверя. Однако, как только я приготовился к обороне, он бесшумно убежал вверх по склону отрога. Все продолжалось, вероятно, не более минуты. Ранее,

утром 28 апреля, недалеко от места той встречи я заметил на выпавшем ночью снегу свежие следы самки гималайского медведя и двух медвежат-сеголеток. Возможно, я столкнулся как раз с этой семьей, только медвежат не видел.

Таким образом, гималайский медведь, как правило, избегает человека и при встрече с ним (даже



Медведь лежал на ветви березы даурской (слева), но, заметив автора, сел в позу всадника (июль 2000 г.).

близкой) старается скрыться. По данным С.П.Кучеренко [8] и В.Г.Юдина [17], опасность могут представлять самки с медвежатами и раненые звери, особенно если их преследовать.

Итак, в Большехехцирском заповеднике гималайские медведи ведут образ жизни, в основном типичный для них на юге Дальнего Востока. Но есть принципиальное отличие: медведи периодически выходят за пределы заповедника на освоенные человеком территории и несвойственные для них места обитания (малооблесенные равнины). Количество таких визитов увеличивается в годы с низким урожаем основных кормов. Подобные заходы будут неизбежно учащаться, поскольку в последние годы сведение лесов в окрестностях заповедника усилилось, что связано со

строительством дорог, освоением территории под дачные участки, прокладкой газопроводов и линий электропередачи. При контактах с человеком все больше медведей будут гибнуть, что может привести к снижению их численности в заповеднике. Хехцирская популяция гималайского медведя почти обособлена от сихотэ-алинской. К тому же она сама разделена территориями, измененными хозяйственной деятельностью на две части: Большой и Малый Хехцир. Строящееся новое шоссе вблизи автомобильной и железнодорожной магистралей Хабаровск—Владивосток усилит изоляцию этих очагов обитания медведей. Какое будущее ожидает гималайского медведя на Хехцире? Остается надеяться на пластичность этого замечательного зверя и благоразумие людей. ■

## Литература

1. Бромлей Г.Ф. Медведи юга Дальнего Востока СССР. М.; Л., 1965.
2. Геттнер В.Г., Наумов Н.П., Юргенсон П.Б. и др. Млекопитающие Советского Союза. Морские коровы и хищные. Т.2. Ч.1. М., 1967.
3. Юдин В.Г. Отряд Carnivora — хищные // Наземные млекопитающие Дальнего Востока СССР: Определитель. М., 1984. С.216–316.
4. Аристов А.А., Барышников Г.Ф. Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий. Хищные и ластоногие. СПб., 2001.
5. Павлинов И.Я., Крускоп С.В., Варшавский А.А., Борисенко А.В. Наземные звери России. Справочник-определитель. М., 2002.
6. Абрамов А.В., Хляп Л.А. Отряд Carnivora // Млекопитающие России: систематико-географический справочник (Сборник трудов Зоологического музея МГУ. Т.52) / Ред. Павлинов И.Я., Лисовский А.А. М., 2012. С.313–382.
7. Казаринов А.П. Фауна позвоночных Большехехцирского заповедника // Зоогеография. Вопросы географии Дальнего Востока. Вып.11. Хабаровск, 1973. С.3–29.
8. Кучеренко С.П. Черный (белогрудый) медведь // Крупные хищники (Редкие животные СССР). М., 1976. С.198–222.
9. Макаров Ю.М., Тагирова В.Т. Крупные хищники Большехехцирского заповедника // Териологические исследования на юге Дальнего Востока. Владивосток, 1989. С.134–136.
10. Долгих А.М., Черных П.А., Ткаченко К.Н. Млекопитающие // Флора и фауна заповедников. Позвоночные животные Большехехцирского заповедника. Вып.53. М., 1993. С.45–55.
11. Ткаченко К.Н. Питание гималайского медведя в заповеднике «Большехехцирский» // Сборник докладов II Международного совещания по медведю в рамках СИС (Москва, 3–6 ноября 2002 г.). М., 2002. С.180–182.
12. Васильев Н.Г., Матюшкин Е.Н., Купцов Ю.В. Большехехцирский заповедник // Заповедники СССР. Заповедники Дальнего Востока СССР. М., 1985. С.130–146.
13. Ткаченко К.Н. Особенности питания амурского тигра *Panthera tigris altaica* (Carnivora, Felidae) в густонаселенной местности (на примере Большехехцирского заповедника и его окрестностей) // Известия РАН. Серия биологическая. 2012. №3. С.336–345.
14. Ткаченко К.Н. Тигры на Хехцире // Природа. 2004. №1. С.37–41.
15. Юдаков А.Г., Николаев И.Г. Экология амурского тигра. М., 1987.
16. Колчин С.А. Гималайский медведь: воспитание медвежат-сирот // Природа. 2013. №8. С.44–55.
17. Юдин В.Г. Юг Дальнего Востока // Медведи: бурый медведь, белый медведь, гималайский медведь. М., 1993. С.348–380.

# Природноочаговые болезни в России

С.М.Малхазова, В.А.Миронова

В 1939 г. на общем заседании Академии наук СССР академик Е.Н.Павловский выступил с докладом, в котором изложил основные положения теории природной очаговости инфекционных и паразитарных болезней. Эта теория сыграла огромную роль в развитии многих наук — паразитологии, эпидемиологии, экологии, медицинской географии. По масштабности воздействия на эти дисциплины и уровню практической значимости теорию природной очаговости болезней можно считать одним из самых крупных общепаразитологических обобщений XX в. [1].

## О теории природной очаговости

Неоспоримый вклад в создание теории внесли отечественные ученые. Одним из авторов идеи о возможной передаче возбудителей ряда инфекционных болезней человеку от животных считается Д.К.Заболотный. Еще на рубеже XIX–XX вв., занимаясь изучением чумы, он предположил, что некоторые грызуны могут представлять в природе среду, в которой сохраняются чумные бактерии, способные вызывать эпидемические вспышки у людей. Заболотный имел значительный опыт исследований чумы в Индии и Саудовской Аравии. Он был знаком с работами



*Светлана Михайловна Малхазова, доктор географических наук, профессор, заведующая кафедрой биогеографии географического факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова. Специалист в области медицинской географии и экологии человека.*



*Барбара Андреевна Миронова, кандидат географических наук, старший научный сотрудник той же кафедры. Область научных интересов — нозогеография, картографирование природноочаговых и природноэндемичных болезней, экологическая паразитология.*

**Ключевые слова:** природноочаговые болезни, природный очаг, природные и социально-экономические предпосылки болезней.

**Key words:** natural focal diseases, natural focus, natural and socioeconomic determinants of diseases.

Р.Коха, который отмечал тесную связь между эпизоотиями у крыс в Центральной Африке и заболеваниями людей чумой. Во время экспедиций в Восточную Монголию Заболотный окончательно пришел к выводу, что тарбаганы (монгольские сурки) могут быть природными носителями чумного микроба [2]. В 1911 г. эта идея подтвердилась экспериментально, однако потребовалось еще не одно десятилетие, чтобы многочисленные результаты изучения связей возбудителей с носителями, переносчиками и условиями среды, данные о распространении определенных болезней и об экологии животных-носителей были обобщены и оформлены Павловским в научную концепцию.



Д.К.Заболотный (1866–1929).



Е.Н.Павловский (1884–1965).

Павловский разрабатывал положения теории природной очаговости, опираясь на результаты исследований и обширные материалы, накопленные многими учеными на протяжении первой половины XX в. Основы учения он изложил в монографии «Природная очаговость трансмиссивных болезней» [3], за которую был удостоен Ленинской премии. Сущность концепции природной очаговости заключается в признании того, что возбудители ряда болезней, как любые другие биологические виды, возникли и существуют в природе независимо от человека и представляют собой сочлены естественных экосистем [1]. В дальнейшем теория развивалась в работах многих советских и российских ученых [4, 5]. К настоящему времени собран огромный фактический материал и создана целостная современная научная концепция природной очаговости болезней [6–9].

Среди теоретических достижений концепции природной очаговости — обоснование возможности заражения человека от организма, обитающего в дикой природе, без участия других людей. В конце XIX — начале XX в. считалось, что человек непосредственно или опосредованно может заразиться инфекционной болезнью только от другого человека. Поэтому новый взгляд на возможность получения возбудителя заразной болезни существенно повлиял на дальнейшее развитие эпидемиологии и профилактической медицины и дал импульс для изучения природноочаговых болезней — целой группы опасных инфекций и паразитозов, передающихся от животных.

Возбудителями природноочаговых болезней могут быть вирусы, бактерии, простейшие, гельминты. Точное число таких заболеваний в настоящее время неизвестно [5]. Еще сравнительно недавно специалисты говорили о существовании нескольких десятков природноочаговых болез-

ней. Сейчас ясно, что их значительно больше, и общий список заболеваний, несомненно, еще будет пополняться. Средой обитания для возбудителей чаще всего служат различные животные, а иногда — вода и почва. В подавляющем большинстве случаев природноочаговые болезни не передаются от человека к человеку. Люди заражаются, попадая в природный или образовавшийся от него вторичный, так называемый антропоургический очаг, который появился в результате человеческой деятельности.

Так как в значительной степени учение о природной очаговости выросло из трансмиссивной теории болезней\*, со-

гласно которой возбудители болезней передаются в природе с помощью членистоногих переносчиков, первоначально оно охватывало только заболевания, передающиеся через укусы насекомых и клещей. Павловский подчеркивал обязательность триады «возбудитель-переносчик-носитель». Однако уже к середине 1950-х годов стало ясно, что круг природноочаговых болезней не ограничивается лишь трансмиссивными инфекциями. Была доказана природная очаговость нетрансмиссивных заболеваний — геморрагической лихорадки с почечным синдромом, лептоспирозов, бешенства и других [5].

Представление о природной очаговости сапронозных инфекций (болезней, резервуаром для возбудителей которых служат не животные, а почва и водоемы) начало формироваться с середины 1980-х годов [7, 10]. Сегодня считается доказанным, что источником, например, псевдотуберкулеза, столбняка и листериоза служит почва, а легионеллеза, холеры и мелиоидоза — водоемы. Природная очаговость сапронозов характеризуется многообразием связей возбудителей с обитателями воды и почвы, в том числе и беспозвоночными, многие из которых могут быть естественными хозяевами болезнетворных микроорганизмов.

Таким образом, по мере эволюции концепции природной очаговости список природноочаговых болезней расширялся, а из числа обязательных компонентов паразитарной системы выпал сначала переносчик, а затем и теплокровный хозяин.

\* Трансмиссивная теория оформилась в конце XIX в. после целой серии открытий возбудителей и переносчиков опасных инфекций — работ Альфонса Лаверана, Патрика Мэнсона, Джозефа Банкрофта, Джованни Баттисты Грасси, Рональда Росса, Эдмона и Этьена Сержанов, Дэвида Брюса, Карлоса Финлея, Уолтера Рида и др.

## Что такое природный очаг

Понятие о природном очаге — краеугольный камень всей концепции природной очаговости. Под очагом инфекции Павловский понимал участок географического ландшафта со свойственным ему биоценозом, среди особей которого циркулирует возбудитель болезни. В состав компонентов биоценозов, кроме индифферентных сочленов, входят животные — носители возбудителя болезни и доноры для кровососущих клещей и насекомых, которые, в свою очередь, становятся переносчиками возбудителя восприимчивым животным [3]. Позднее, по мере дальнейшего развития и углубления теории, ландшафтно-территориальная трактовка видоизменялась. Под природным очагом стали понимать наименьшее пространство земной поверхности, в пределах которого самостоятельный эпизоотический процесс может осуществляться неопределенно долгий срок без притока возбудителя извне [4]. Основоположник школы медицинской географии Московского государственного университета А.Г.Воронов подчеркивал ландшафтную приуроченность природных очагов и рассматривал очаг как природно-территориальный комплекс вместе с обитающими в нем возбудителями, переносчиками и хозяевами [11].

Иное определение давал В.Н.Беклемишев и представители его школы. Природный очаг в их понимании — это совокупность популяции возбу-

дителя вместе с поддерживающими ее существование популяциями позвоночных хозяев [6]. Сходных взглядов придерживались Н.Г.Олсуфьев и Т.Н.Дунаева, подчеркивавшие, что очаг инфекции — это паразитарная система, представляющая собой часть биоценоза и характеризующаяся определенным эпизоотическим процессом, т.е. циркуляцией инфекции в популяциях животных со свойственным ей механизмом передачи [12].

Развитие концепции природной очаговости болезней, как отмечено выше, к концу XX в. привело ученых к выводу, что единственный обязательный специфический компонент любого очага — это популяция возбудителя [7]. Именно его наличие в экосистеме характеризует ее как природный очаг. Поэтому очаг заразной болезни, согласно этим представлениям, — любая естественная экосистема, к компонентам которой относится популяция возбудителя [1].

Природные очаги неодинаковы по своим очертаниям, размерам и эпидемическим проявлениям. Размеры зависят от вида возбудителя и особенностей его связей с хозяевами, от природной обстановки и социально-бытовых условий населения, от наличия естественных преград и т.д. Они могут изменяться от сотни (как, в частности, один из очагов лептоспироза на оз.Неро, досконально изученный Е.В.Карасевой [13]) до нескольких десятков тысяч квадратных километров (как, например, очаги чумы Прикаспия) [9].



Озеро Неро в Ярославской обл. Начиная с 1950 г. в его котловине непрерывно изучается очаг лептоспироза.

Фото В.Ф.Лурье

По мнению Воронова [11], наименьшая территориальная единица, с которой может быть связан очаг, — это ландшафт. Меньшие по размеру и более простые по структуре морфологические части ландшафта (урочища, фации) не обладают всеми условиями, необходимыми для длительного существования популяции возбудителя с поддерживающими ее популяциями животных-носителей и членистоногих переносчиков. Границы очагов и границы ландшафтов не всегда совпадают, а каждый природный очаг считается уникальным, существующим в природе в единственном экземпляре.

Структура очага может быть лучше или хуже выражена, но в ней всегда присутствует несколько элементов: ядра, т.е. участки относительно стойкого сохранения инфекции, наиболее благоприятные для сохранения возбудителя; участки выноса инфекции (поля эпизоотии), которые бывают заняты возбудителем в течение непродолжительного времени, когда условия для циркуляции инфекции оказываются наиболее благоприятными; и, наконец, участки, постоянно свободные от возбудителя инфекции [4, 11].

### Предпосылки природноочаговых болезней

Так как возбудители природноочаговых болезней, как было сказано ранее, представляют собой неотъемлемые компоненты экосистем, в которых они существуют вместе со своими позвоночными и беспозвоночными носителями и переносчиками (если таковые имеются), то в своем распространении болезни, вызываемые этими возбудителями, неизбежно будут зависеть от различных факторов географической среды, как природных, так и социально-экономических.

Истоки проблемы изучения таких факторов, определяющих возможность существования и проявления очагов инфекционных и паразитарных болезней, уходят в глубокое прошлое. Исторические источники свидетельствуют, что уже в древние времена человечество страдало от заразных болезней, и необходимость борьбы с ними стимулировала поиск причин, их вызывающих.

Сведения о взаимосвязи некоторых болезней с условиями окружающей среды можно найти в источниках, датированных 2–3 тыс. лет до н.э. Уже с древности было распространено учение о «миазмах» — скрытых от глаз

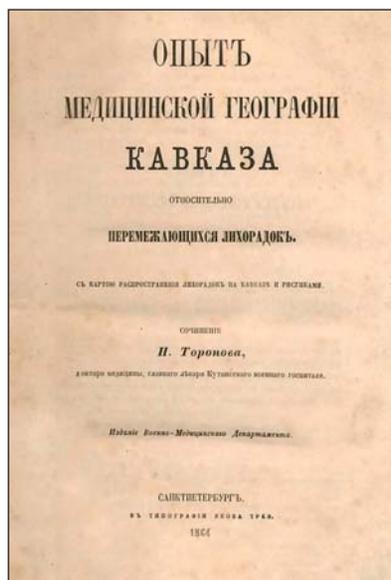
наблюдателя таинственных заразных началах, обитающих в окружающей среде и вызывающих массовые болезни людей в отдельных местностях [14].

Гиппократ в своей книге «О воздухах, водах и местностях» классифицировал природные условия и указал, как конкретные особенности местности влияют на распространение болезней: «...Если кто придет в незнакомый ему город, он должен обратить внимание на его положение для того, чтобы знать, каким образом он расположен к ветрам или к восходу солнца, ибо не одни и те же свойства имеет город, лежащий к северу и лежащий к югу, а также расположенный на восход солнца или на запад... Как обстоит в городах дело по отношению к водам, пользуются ли они болотными и мягкими водами или жесткими, вытекающими с высоты и каменистых мест или же солеными и неудобными для варения. И на самую землю должно обращать внимание, голая ли она и лишенная вод или заросшая и орошенная...» [15, с.278].

Абу Али ибн Сина (Авиценна) в своем труде «Канон врачебной науки» много внимания уделил рассмотрению роли окружающей среды в возникновении различных заболеваний, отмечая зависимость здоровья человека от географических условий местности, в которой тот проживает [16]. Параграфы соответствующего раздела его книги носят названия «О влиянии времен года и их изменениях», «О действии сочетания [времен] года», «О явлениях, обусловленных ветром» и т.д. Целый параграф в труде Авиценны посвящен подробному разбору влияния места жительства, где рассматриваются географические факторы, которые обуславливают состояние здоровья людей, проживающих в местах с различными природными условиями.

Хотя в древние времена еще не было известно о непосредственных причинах возникновения некоторых болезней (которые, как известно теперь, вызываются живыми возбудителями), прогрессивные исследователи подмечали влияние природных факторов на их распространение и знали, что некоторые свойства среды определяют здоровье людей. Одно из первых определений эндемических болезней, т.е. болезней, случающихся на определенных территориях, было сформулировано английским ученым Хоффманом в 1746 г. в «Диссертации по эндемическим болезням, или таким, которые проистекают из определенных климатов, ситуаций или образа жизни» [14].

В России об эндемических болезнях одним из первых заго-



Титульный лист книги Н.И.Торопова «Опыт медицинской географии Кавказа относительно перемежающихся лихорадок».

ворил военный врач Н.И.Торопов, который в своем труде 1864 г. «Опыт медицинской географии Кавказа относительно перемежающихся лихорадок» дал определение «болезней эндемических, т.е. таких, которые водятся только в определенных областях» [17]. На примере малярии он показал влияние особенностей рельефа, гидрографических условий местности, метеорологических факторов на распространение инфекции и даже построил карту распространения «перемежающихся лихорадок».

Морской врач И.А.Охотин в своем труде «Введение к изучению экзотических болезней (опыт изложения основ климато- и этнопатологии)» много внимания уделил анализу распространения различных болезней и пришел к выводу, что, подобно растениям, часть из которых произрастает повсеместно, а другие встречаются лишь в некоторых областях, отдельные болезни также имеют характерные территории. Охотин особо отмечает влияние климатических условий на распространение заболеваний: «Известно, например, что малярийные болезни... повинуются тому же закону уменьшения [тепла] по направлению от экватора к полюсам, как и растительность, а в отдельных широтах совсем исчезают» [18, с.9].

Таким образом, уже к концу XIX в. стало очевидно, что распространение ряда болезней связано с определенными биотическими и абиотическими факторами среды. Это понимание легло в основу концепции предпосылок болезней человека, сформулированной и обоснованной в середине XX в. отечественными учеными Е.И.Игнатьевым, Б.Б.Прохоровым, Б.В.Вершинским [19], А.Г.Вороновым [11] и др. Согласно этой концепции, географические предпосылки болезней можно определить как особенности среды, влияющие на возникновение и функционирование паразитарных систем. При этом, хотя непосредственной причиной распространения тех или иных заболеваний чаще всего оказывается один из природных компонентов, в действительности условия и предпосылки заболевания определяются характером и структурой геосистем в целом. Поэтому, в зависимости от задач исследования, в качестве предпосылок можно рассматривать как сами ландшафты, так и их отдельные компоненты.

Действие климата проявляется через такие основные характеристики, как среднемесячные температуры, количество осадков, высота снежного покрова, длительность безморозного пе-

риода и т.д., что особенно важно для пойкилотермных (холоднокровных) членистоногих переносчиков, а также для возбудителей, проводящих в их организмах часть своего жизненного цикла. Температура воздуха характеризует теплообеспеченность региона, которая влияет на возможность существования возбудителя во внешней среде и в переносчиках, а также определяет само наличие популяций членистоногих, для которых существует термический оптимум и пороговые значения температур, выше и ниже которых их жизнедеятельность невозможна. Количество осадков определяет наличие и состояние водоемов — мест выплода переносчиков возбудителей заболеваний (в первую очередь, комаров и слепней), а также местообитаний влаголюбивых видов — носителей таких природноочаговых инфекций, как туляремия или лептоспирозы. Прочие метеорологические величины (относительная влажность воздуха, минимальные и максимальные температуры и т.д.) также могут играть существенную роль, в основном на локальном уровне.

Гидрологический фактор проявляется главным образом через температуру и химический состав воды, характер загрязнения, а также тип водоема, его размер и физические характеристики (скорость течения, степень изрезанности берегов и др.). Все эти параметры обуславливают саму способность экосистем поддерживать функционирующие очагов болезней, связанных с водоемами, — туляремии, лептоспирозов, описторхоза, дифиллоботриозов (например, определяя возможность существования популяций моллюсков — промежуточных хозяев различных гельминтов).



Река Обь. Обь-Иртышский бассейн — территория наибольшего распространения очагов описторхоза.

Фото П.И.Константинова

Почвы имеют значение для тех заболеваний, возбудители или носители которых связаны с ними в процессе своей жизнедеятельности. Так, механический состав почв и глубина промерзания оказывают влияние на возможность существования норных животных (грызунов, а также лис, песцов и др.). Увлажненность почв определяет возможность выплода некоторых гигрофильных видов насекомых и клещей. Температура почвы влияет на возможность сохранения паразитов, проводящих часть своего жизненного цикла в почве (к примеру, токсокар). Эдафический (почвенный) фактор особенно важен для сапронозов, развитие которых ограничено температурой, кислотностью, отчасти механическим составом почвы, а также ее загрязнением, в том числе и антропогенным.

Характер растительного покрова определяет тип местообитаний животных — носителей и переносчиков возбудителей болезней. Так, лесной (*Ixodes ricinus*) и таежный (*I. persulcatus*) клещи предпочитают лесные сообщества, а луговой клещ (*Dermacentor reticulatus*) обитает на открытых



Таежные лесные сообщества — местообитания клеща *Ixodes persulcatus*.

Фото Н.Г.Кадетова

пространствах — лесных полянах, опушках, лугах, пастбищах. Разные типы леса предоставляют разную кормовую базу для животных — носителей возбудителей природноочаговых болезней. Установлено, что в липовых и липово-еловых лесах в годы высокой урожайности липы наблюдается рост численности рыжей полевки, что, в свою очередь, коррелирует с увеличением заболеваемости населения геморрагической лихорадкой с почечным синдромом [20].

Особую роль в рассмотрении структуры природных очагов болезней играет ландшафтный фактор. Ландшафт, объединяющий в себе все перечисленные компоненты природной среды и выступающий как единое целое, определяет два важных условия. Это способность экосистемы в целом, во-первых, поддерживать циркуляцию возбудителя и, во-вторых, в случае заноса возбудителя извне, — воспринимать его в качестве своего члена. Знание характеристик ландшафтов, определяющих существование очагов болезней, очень важно при проведении медико-экологической оценки территории. Однако значительное ландшафтное разнообразие, недостаточная изученность ландшафтной структуры на многих территориях, а также отсутствие разработанных схем ландшафтного деления и ландшафтных карт ограничивают возможности рассмотрения этого фактора и тем самым повышают значение каждого из отдельных компонентов среды при ландшафтно-эпидемиологических исследованиях.

На распространение природных очагов заметно влияет и сам человек. Среди наиболее важных аспектов этого влияния — землепользование, урбанизация и загрязнение окружающей среды. Состояние лесных ресурсов, структура земельных угодий и их экологическое состояние, характер распашки, лесные пожары, наличие охотничьих угодий и их структура, поголовье сельскохозяйственных животных — все это, взятое по отдельности или в совокупности, находит свое отражение в характере и распределении очагов болезней. Среди социально-экономических показателей особенно важны уровень урбанизации, демографическая структура населения, материальное благополучие, образ жизни, род занятий, культурная среда, обычаи, конфессии, быт и традиции местного населения, миграции и т.д. Кроме того, следует учитывать санитарно-гигиенические представления жителей, а также распределение медицинских и ветеринарных служб и инфраструктуры.

Само по себе наличие предпосылок на конкретной территории не обязательно говорит о присутствии на ней природных очагов того или иного заболевания, а указывает лишь на потенциальную опасность их возникновения. Степень опасности очага в конечном счете определяется совокупностью природных и социально-экономических факторов, эпизоотологическими процессами, их скоростью и разнообразными прояв-

лениями, которые можно рассматривать как результат взаимодействия популяций возбудителей, переносчиков и/или носителей. Эпидемическое проявление природного очага зависит, с одной стороны, от интенсивности циркуляции в нем возбудителя, с другой — от степени контакта населения с экосистемой [8]. Следовательно, необходимой частью любой медико-географической оценки риска заражения природноочаговыми болезнями должно быть изучение уже известных и поиск новых связей между паразитарными системами и комплексом географических факторов.

### Природноочаговые болезни на карте нашей страны

На территории Российской Федерации известно множество природноочаговых болезней [9]. По аналогии с растительными сообществами выделяют зональные природноочаговые болезни, связанные с плакорными условиями той или иной зоны: это клещевой энцефалит, иксодовые клещевые боррелиозы, геморрагическая лихорадка с почечным синдромом (лесная зона); клещевые риккетсиозы и спирохетозы (лесостепные и пустынно-

степные ландшафты); чума, ку-лихорадка (аридные зоны — степная, пустынная и полупустынная) и т.д. Интразональные очаги, не занимающие ни в одной зоне плакорных участков, свойственны туляремии, лептоспирозам, омской геморрагической лихорадке. Значительную опасность представляют приуроченные к речным системам гельминтозы, возбудители которых передаются рыбами, — описторхоз, дифиллоботриозы и др. Многие болезни имеют экстразональные (т.е. выходящие за пределы «своей» зоны) очаги. Например, за пределами лесов в экстразональные условия переходят очаги клещевого энцефалита, концентрирующиеся в березовых колках степей.

В глобальном масштабе между распространением заболеваний и географической зональностью природной среды прослеживается весьма четкая связь. Число характерных природноочаговых заболеваний населения значительно увеличивается от холодных регионов к жарким и достигает максимума в субэкваториальном поясе. Этот вывод согласуется с известным в науке фактом: строение тропических экосистем значительно сложнее и разнообразнее, чем полярных.

Наиболее существенны для территории России инфекции, переносимые клещами, — это кле-



Нозологические профили субъектов РФ по наиболее актуальным природноочаговым болезням, 2006–2015 гг.

щевой энцефалит, иксодовые клещевые боррелиозы, сибирский клещевой тиф, астраханская пятнистая лихорадка, лихорадка Крым-Конго и др. Несмотря на то что в структуре заболеваемости природноочаговыми болезнями их доля составляет около 20%, экономический ущерб от этих болезней очень высок в связи с их высокой медико-социальной значимостью [21].

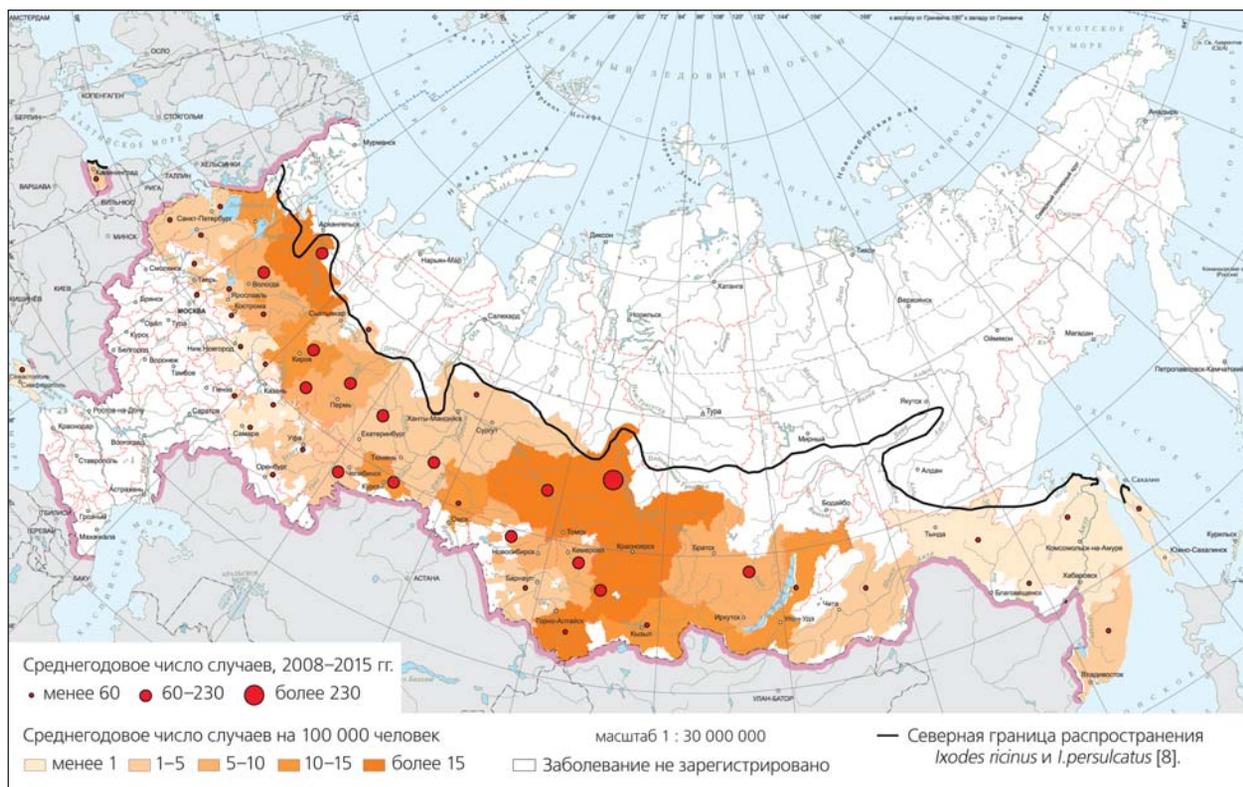
Ареалы клещевых инфекций в нашей стране различаются по своим размерам и структуре: например, клещевой энцефалит и иксодовые клещевые боррелиозы распространены очень широко, а сибирский клещевой тиф и лихорадки омская геморрагическая, астраханская пятнистая и Крым-Конго имеют ограниченный ареал (хотя их влияние на общественное здоровье в пределах своего распространения весьма существенно). В последние десятилетия описано несколько новых для России нозозформ, связанных с клещами, — эрлихиозы, анаплазмоз и др., но информация по их географии и особенностям природных очагов пока остается ограниченной и неполной. Обсуждается также наличие микст-инфицированности клещей [8]; открытие новых возбудителей, передаваемых клещами; расширение ареалов переносчиков в связи с изменениями окружающей среды.

Помимо перечисленных клещевых инфекций, широкий ареал имеет довольно опасное нетрансмиссивное природноочаговое заболевание — геморрагическая лихорадка с почечным синдро-

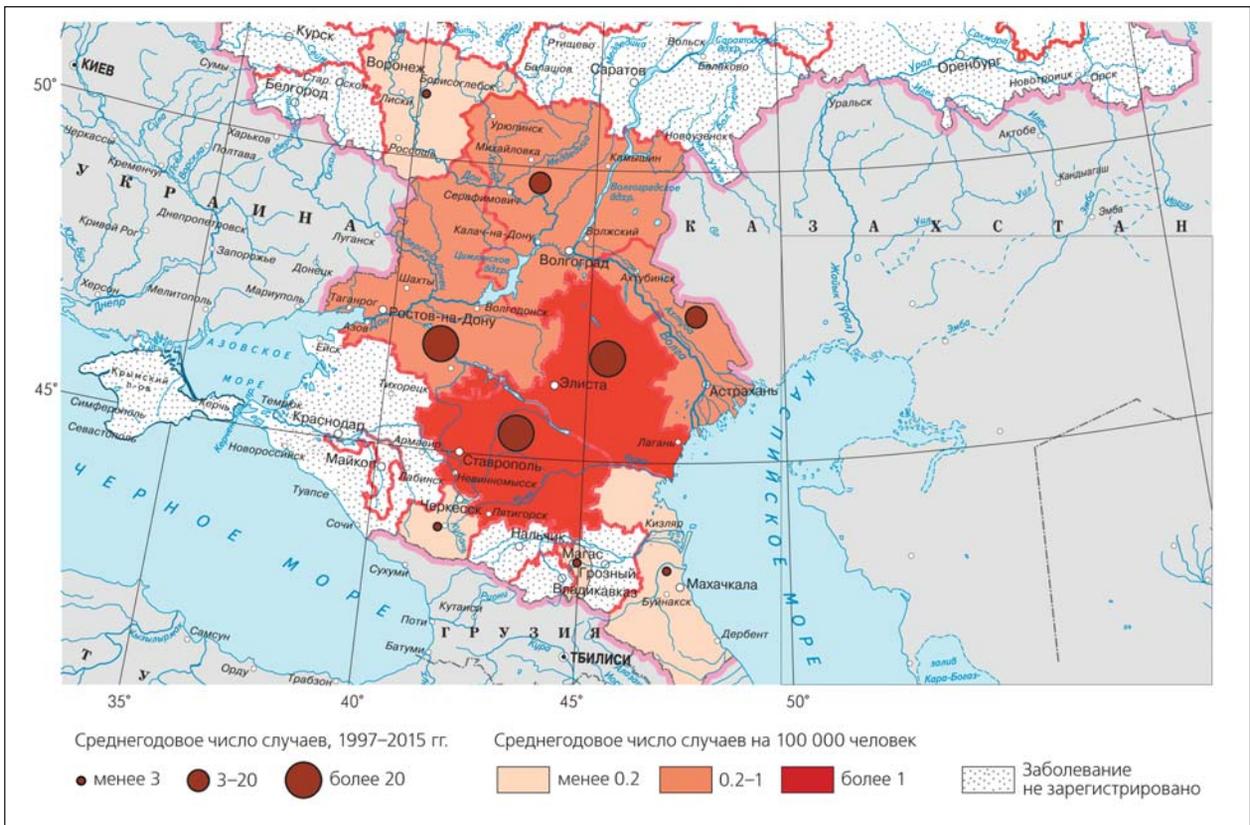
мом, ассоциируемая с некоторыми видами грызунов. Возбудитель передается человеку воздушно-пылевым и контактным путями при соприкосновении с экскрементами и другими выделениями животных, зараженных вирусом.

Распространены в России и природноочаговые гельминтозы, в первую очередь описторхоз и дифиллоботриозы. Это болезни, возбудители которых передаются человеку через плохо проваренную или прожаренную рыбу. Значительная часть мирового нозоареала описторхоза — очень тяжелого природноочагового заболевания, вызываемого гельминтом-сосальщиком *Opisthorchis felineus*, — расположена на территории бывшего СССР. Самые напряженные очаги сосредоточены в бассейнах Оби и Иртыша, менее выраженные — в бассейнах Камы, Дона, Донца и Северной Двины. Нередко сочетанные очаги вместе с описторхозом формируют дифиллоботриозы. Они не отличаются столь тяжелым клиническим течением, но, тем не менее, также представляют значительную медико-санитарную проблему.

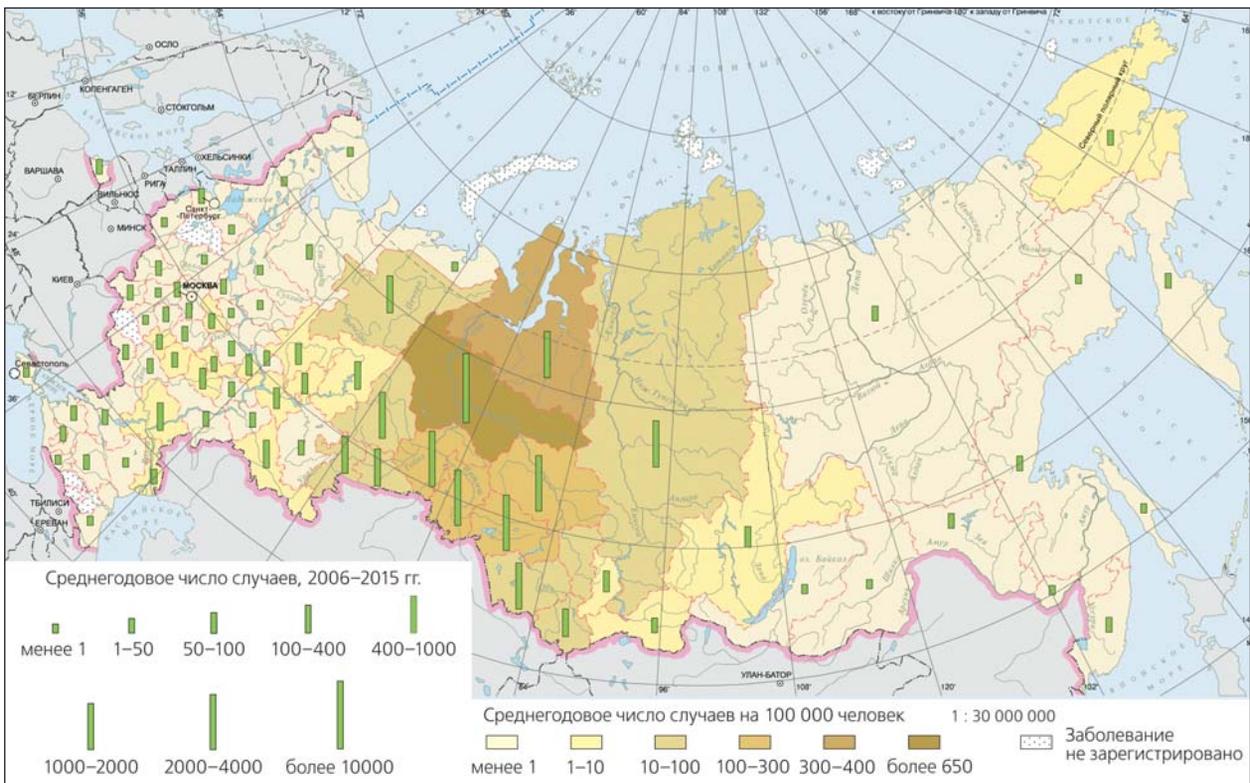
Эпидемиологическая ситуация по природноочаговым инфекциям в России считается неблагоприятной [21]. В 2014 г. зарегистрировано 24 486 случаев заболеваний природноочаговыми и зооантропонозными инфекциями (в 2013 г. таких случаев было 18 107). По сравнению с показателями общей инфекционной заболеваемости эти цифры не выглядят слишком впечатляющими. Од-



Распространение клещевого энцефалита в России, 2008–2015 гг.



Заболееваемость крымской геморрагической лихорадкой в России, 1997–2015 гг.



Заболееваемость описторхозом в России, 2006–2015 гг.



Птицы водного и околоводного комплексов — одни из основных носителей вируса Западного Нила в природных очагах.  
 Фото А.А.Кадетовой

нако следует принимать во внимание тяжесть многих природноочаговых болезней, их недостаточную и часто несвоевременную диагностику, слабую осведомленность населения о способах лечения и профилактики таких болезней.

Кроме того, для России, как и для других стран, актуальна проблема появления очагов так называемых эмерджентных инфекций [22]. Это болезни, которые впервые возникли либо существовали ра-

нее, но внезапно вернулись или распространились в новом для них географическом регионе. Так, на территории РФ время от времени активизируются туляремия и лептоспирозы — болезни, считавшиеся старыми и хорошо изученными, заболеваемость которыми в целом невысока. Например, в 2013 г. в Ханты-Мансийском АО произошла вспышка туляремии, охватившая более 1000 человек [23]. Один из наиболее ярких примеров новой для России болезни — лихорадка Западного Нила [24], ее случаи стали часто регистрироваться в районах, находящихся далеко за пределами первоначальной очаговой территории.

Несмотря на все успехи современной медицины, человечество живет под угрозой глобальной эпидемии. И хотя со многими инфекциями, которые прежде уносили сотни тысяч или миллионы жизней, уже удалось справиться, на смену им приходят новые, не менее грозные болезни, и самые опасные из них те, что передаются человеку от животных. Это лихорадки Марбурга, Эбола, Зика и многие другие [25].

Очевидно, что природноочаговые болезни представляют в нашей стране серьезную проблему. Она связана, в частности, с увеличением масштабов и интенсивности освоения территорий, с появлением значительных площадей нераспаханных и заброшенных сельскохозяйственных земель, с освоением пригородных зон садоводче-



Обложка медико-географического атласа России «Природноочаговые болезни».

скими товариществами. Все это приводит к росту контактов населения с природными очагами. Санитарные службы проводят мероприятия, направленные на подавление численности носителей и переносчиков болезней, осуществляют специфическую профилактику инфекций. Тем не менее важной задачей по-прежнему остается повышение осведомленности людей об опасности природноочаговых болезней. Одним из инструментов такой санитарно-просветительской работы стал вышедший в 2015 г. медико-географический атлас России «Природноочаговые болезни» [9]. Для нашей страны это первое картографическое обобщение разносторонней обширной информации о болезнях, возбудители которых циркулируют

в природе независимо от человека. Атлас рассчитан на широкую аудиторию — от работников системы здравоохранения, науки и образования до читателей, интересующихся проблемами окружающей среды и здоровья человека. За прошедшие два года атлас приобрел большую известность, его авторы удостоены премии Русского географического общества в номинации «Научные исследования». Все это способствовало подготовке второго издания, которое увидит свет уже в этом году. Хочется надеяться, что масштабные работы по изучению природной очаговости болезней, проводимые учеными в последние годы, рано или поздно благоприятно отразятся на эпидемиологической ситуации в нашей стране. ■

## Литература

1. Коренберг Э.И. Природная очаговость инфекций: современные проблемы и перспективы исследований // Зоологический журнал. 2010. Т.89. №1. С.5–17.
2. Михель Д.В. Чума и эпидемиологическая революция в России: 1897–1914 // Вестник Евразии. 2008. №3. С.142–164.
3. Павловский Е.Н. Природная очаговость трансмиссивных болезней. М., 1964.
4. Кучерук В.В. Избранные труды по природной очаговости болезней. М., 2006.
5. Природная очаговость болезней: исследования института Гамалеи РАМН / Под ред. Э.И.Коренберга. М., 2003.
6. Беклемишев В.Н. Биоценологические основы сравнительной паразитологии. М., 1970.
7. Литвин В.Ю., Коренберг Э.И. Природная очаговость болезней: развитие концепции к исходу века // Паразитология. 1999. Т.33. №3. С.179–191.
8. Коренберг Э.И., Помелова В.Г., Осин Н.С. Природноочаговые инфекции, передающиеся иксодовыми клещами. М., 2013.
9. Медико-географический атлас России «Природноочаговые болезни» / Под ред. С.М.Малхазовой. М., 2015.
10. Литвин В.Ю. Экологическая специфика природной очаговости сапронозов // Вопросы природной очаговости болезней. Вып.14. 1986. С.114–124.
11. Воронов А.Г. Медицинская география. Вып.1: Общие вопросы. М., 1981.
12. Олсуфьев Н.Г., Дунаева Т.Н. Природная очаговость, эпидемиология и профилактика туляремии. М., 1970.
13. Карасева Е.В. 50 лет (1950–1999) изучения природного очага лептоспироза на озере Неро Ярославской области // РЭТ-инфо. 2000. №4. С.4–8.
14. Авицын А.П. Введение в географическую патологию. М., 1972.
15. Гиппократ. Избранные книги. М., 1936.
16. Ибн Сина (Авиценна). Канон врачебной науки. Кн.1. 2-е изд. Ташкент, 1981.
17. Торопов Н.И. Опыт медицинской географии Кавказа относительно перемежающихся лихорадок. СПб., 1864.
18. Охотин И.А. Введение к изучению экзотических болезней (опыт изложения основ климатологии и этнопатологии). СПб., 1890.
19. Медицинская география. Итоги, перспективы. Иркутск, 1964.
20. Бернштейн А.Д., Алекина Н.С., Коротков Ю.С. и др. Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом: экологические предпосылки активизации европейских лесных очагов // Изменение климата и здоровье России в XXI веке. М., 2004. С.105–113.
21. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2014 году: Государственный доклад. М., 2015.
22. Малхазова С.М., Миронова В.А., Пестина П.В., Орлов Д.С. Новые и возвращающиеся инфекции в России: медико-географический аспект // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2016. №5. С.24–32.
23. Мещерякова И.С., Добровольский А.А., Демидова Т.Н. и др. Трансмиссивная эпидемическая вспышка туляремии в г.Ханты-Мансийске в 2013 году // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2014. №5(78). С.14–20.
24. Адищева О.С., Малхазова С.М., Орлов Д.С. Распространение лихорадки Западного Нила в России // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2016. №4. С.48–55.
25. Куаммен Д. Зараза. Как инфекции, передающиеся от животных, могут привести к смертельной глобальной эпидемии. М., 2016.

# Археология и история: хронологическо-методологический диссонанс родственных наук

Е.Н.Черных,

доктор исторических наук  
Институт археологии РАН  
Москва

## Кардинальные сдвиги в археологической парадигме

Проблемы абсолютной хронологии практически всегда волновали археологов, хотя исходная парадигма этой науки казалась вроде бы устоявшейся. Объявленная незыблемой догма *Ex Oriente Lux* тем не менее оставляла у ряда исследователей чувство чего-то незавершенного и потому не совсем понятного. Кроме того, за жесткими рамками аксиомы «Свет с Востока» оставались многие проблемы каменного века, которые с трудом разрешались на базе канонов этой «непреложной истины». Впрочем, древности медно-бронзового и железного веков также зачастую одаривали археологов немалыми сюрпризами. Однако гораздо большие сюрпризы поджидали науку об ископаемых древностях сразу после окончания Второй мировой войны.

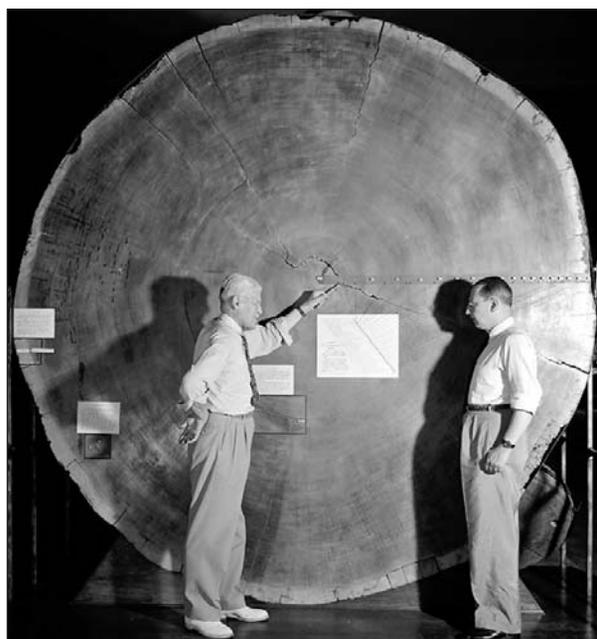
## Стартовые сигналы перемен в системах датировок

Две знаковые фигуры сыграли важнейшую роль в намечившихся в первой половине прошлого столетия поистине революционных сдвигах при разработке хронологии дописьменной истории человечества. Это Эндрю Элликот Дуглас (1867–1962) и особенно Уиллард Франк Либби (1908–1980).

Американский астроном Дуглас в конце позапрошлого столетия во время своих исследований в Обсерватории Лоуэлла (Lowell Observatory) подметил определенную зависимость толщин последовательных годовичных колец деревьев от циклов солнечной активности. Подобного рода неожиданный рывок профессионального астронома в сторону биологии не мог не удивить и не при-

влекать внимания. Судя по всему, именно по этой причине сотрудники Музея естественной истории Америки в 1909 г. обратились к Дугласу с предложением изучить древесные остатки, связанные по преимуществу с различными ацтекскими руинами и по возможности определить их относительный и абсолютный возраст [1].

Однако прошло целое десятилетие, и только в 1919 г. удалось получить первый результат. Дуглас сообщил сотрудникам музея о датировках ряда изученных им образцов из памятников бывшей империи ацтеков. Установленные даты имели относительный характер, ученый смог определить лишь разницу в годах между образцами. Связать же полученные датировки с современной кален-



Эндрю Элликот Дуглас (слева) на фоне демонстрационного дендросреза ствола гигантской секвойи (*Sequoia gigantea*). Возраст этой породы деревьев может достигать 3000 лет.

Окончание. Начало см. в №3.

© Черных Е.Н., 2017

дарной шкалой тогда не удалось. Сравнения проходили, видимо, с временем разрушения Теночтитлана и с годом гибели Монтесумы — в сущности последнего правителя этой империи. Это трагическое время для индейских социумов Центральной Америки определяется близким к 1519–1521 гг., т.е. к моменту реального завоевания ацтеков Э.Кортесом. При этом точные даты гибели государства ацтеков и их монументальных архитектурных святынь давали определенную надежду на связь изученных Дугласом дендробразцов из центральноамериканских памятников с современной календарной шкалой [2]. Такими представляются ныне первые шаги нового и крайне важного для археологии направления — *дендрохронологии*.

С фигурой профессора Чикагского университета Либби обычно и вполне обоснованно связывают начало развития метода радиоуглеродного датирования в археологии, так как он сыграл важнейшую роль в этих исследованиях. Первоначальные опыты ученый провел в 1946–1947 гг. В 1949 г. в журнале *Science* появилась статья У.Ф.Либби и его коллеги Дж.Арнольда, имевшая характерное название «Определение возраста по содержанию радиоуглерода: проверка по образцам с известными датами» [3]. Среди проанализированных образцов, связанных с датировками древнеегипетских материалов времени от фараонов Джосера и Сесостриса вплоть до Птолемея, имелись также образцы ряда последовательных колец от стволов многовековых деревьев, в частности от поваленной в Северной Америке в 1874 г. и получившей название Мамонт (*Mammoth tree*) *Sequoia gigantea*\*. Последнее представляло очень важным в процедуре датировок, поскольку можно было совместить точные дендродатировки с определениями возраста радиоуглеродным методом [4]. В среде химиков и физиков успех изысканий Либби и его коллег был полным, и уже в 1960 г.

\* В южных штатах США встречаются породы деревьев поразительного долголетия. Один из самых ярких примеров — бристлеконские сосны.



Ствол и пень секвойи Мамонт. Такие гигантские деревья стали в США в XIX в. объектом специфических выставок. Каждый из стволов получал только ему присущее имя.

(всего через 11 лет после первой публикации!) он стал нобелевским лауреатом.

Однако столь высокая оценка роли Либби будет не очень справедливой, ведь его очевидными предшественниками стали молодые — 27-летние — сотрудники Калифорнийского университета в Беркли Самуэль Рубен и Мартин Дэвид Камен. Но вспоминали о них крайне редко, а об их открытиях не упомянул даже сам нобелевский лауреат. Хотя работа этих ученых протекала в разных отделах университета, им удалось еще в 1940–1941 гг.



Бристлеконская сосна (*Bristlecone pine*) — очень редкое дерево, встречающееся в субальпийской зоне штата Аризона в США. Возраст некоторых деревьев может достигать и даже превышать 5000 лет.



Уиллард Франк Либби.

прийти к заключениям чрезвычайной важности. Они установили радиоактивный характер изотопа  $^{14}\text{C}$  и период его полураспада, равный примерно 5700 лет. Открытие стало по сути базовым, поскольку без опоры на него все дальнейшие хронологические операции в этом направлении были бы почти бесполезными.

Однако судьбы молодых первооткрывателей оказались совсем не похожими на блеск нобелевской карьеры Либби. Тридцатилетний Рубен в 1943 г. погиб во время очередного эксперимента: в его руках разорвалась ампула с фосгеном, и смерть талантливого молодого ученого наступила уже через несколько часов. Камен же, в отличие от своего трагично завершившего жизненный путь друга, прожил долгую жизнь (скончался в 2002 г.). В ряду множества других специалистов разных направлений он был участником знаменитого Манхэттенского атомного проекта. Однако в 1944 г. ФБР жестко отстранило ученого от работы: на него пало подозрение в преступных связях с агентами СССР. Правда, в конечном итоге выяснилось, что обвинения были напрасными, однако тяжкая нервотрепка для Камена продолжалась долгие годы.

### Радиоуглеродная хронология: острые дебаты в археологической среде

Итак, археологической науке был предложен принципиально новый метод радиоуглеродного датирования, и его приемы довольно быстро стали входить в практику исследований ископаемых древностей. В среде археологов тогда начала зарождаться

и крепнуть надежда, что изотопные даты могут послужить стойкой основой для воссоздания абсолютной хронологии самых разнообразных и рассеянных по разным континентам археологических культур, причем именно той хронологии, что станет во многом независимой от традиционно господствовавшей тогда хронологии исторической.

Однако восторги оптимистически настроенной группы исследователей почти сразу натолкнулись на жесткое неприятие этого метода со стороны достаточно многочисленных антагонистов и скептиков. Основным аргументом последних стало резкое расхождение первых результатов изотопных датировок с издавна устоявшимися взглядами большинства европейских археологов на казавшийся им совершенно бесспорным ранний возраст переднеазиатских древностей. То были поклонники догмы *Ex Oriente Lux*, и об этом речь шла ранее. Они утверждали, что возраст более северных археологических материалов — прежде всего, с территории Балкан, Карпат, Подунавья — должен быть значительно моложе. Но вот незадача: изотопные даты продолжали упорно подтверждать существенно более древний возраст многих культур этого европейского региона, причем нередко даже на целое тысячелетие...

Уже в 1959 г. в Гронингене (Нидерланды) состоялся первый международный симпозиум, посвященный методам радиоуглеродной хронологии. Эта встреча стала во многом памятной благодаря бурной дискуссии, что вырвалась порой за рамки научной этики. На встрече могли звучать аргументы вроде: *Такой-то неверующий в  $^{14}\text{C}$  — так он просто болван*. Или же, наоборот: *А я вообще не верю радиоуглеродным датировкам...*

Новый метод, конечно же, побеждал, но с немалым трудом. Противники отступали, и если, скажем, постулаты  $^{14}\text{C}$  они не принимали, то могли делать вид, что радиоуглеродная хронология их вообще не касается, а такие даты их не интересуют. К тому же довольно горячие дискуссии на международных конференциях время от времени вспыхивали вплоть до конца 1970-х годов, и тогда противники метода могли, к примеру, задавать сторонникам радиоуглеродных дат вопросы-аргументы такого рода: *Вы что, серьезно верите, что эта придунайская культура с ее медными топорами могла быть раньше месопотамской? Такое разве возможно?*

И все же престиж радиоуглеродной хронологии в археологической науке возрастал год от года.

### Глубокие бреши в традиционных аксиомах развития

Примечательно, пожалуй, что процессы нелегкого признания методов  $^{14}\text{C}$  в археологии протекали на фоне чрезвычайно мощного прорыва в исследованиях древнейшей металлургии. Металл в культурах постледникового периода всегда занимал ключе-

вую позицию при археологических изысканиях, и корни этого предпочтения уходили в далекие тысячелетия, к повествованиям Гесиода и Тита Лукреция, а позднее — к трудам знаменитого химика Марселена Бертло. Именно в металле, как справедливо полагали многие исследователи, могли таиться ответы на важнейшие вопросы древней истории человечества.

На ведущую роль вскоре выдвинулись количественные методы спектрального, но уже не химического анализа цветного металла. Первые опыты по применению этого анализа к археологическим материалам были проведены германскими учеными еще в 1930-х годах. В 1952 г. увидела свет первая и сразу же ставшая знаковой по этой проблематике книга с публикацией 1374 анализов [5]. В 1960 г. книга уже другой группы германских исследователей содержала еще более обширные материалы — 2302 анализа [6]. В обеих публикациях — как в ранней, так и в более поздней — одной из наиболее привлекательных целей проведенных изысканий на базе химических характеристик древней меди объявлялась возможность выявления связей этого металла с исходными рудными источниками. Однако видимых успехов тогда достичь не удалось.

В конце 1950-х и самом начале 1960-х годов начались обширные аналитические исследования древнейшей металлургии уже в археологических лабораториях Советского Союза. В 1966 г. вышла из печати первая книга по данной проблематике — «История древнейшей металлургии Восточной Европы» [7]. Основным отличием этого исследования от ранних немецких стало то, что представленные в книге почти 2 тыс. спектральных анализов медных и бронзовых изделий, происшедших из инвентаря культур 4–2-го тысячелетий до н.э., оказались рассеянными по гигантским и фактически лишенным собственным меднорудных богатств областям восточной части Европы. Лишь три обособленных друг от друга и окружавших эту часть континента богатых горнорудных региона — Кавказ, Балкано-Карпатье, Урал — могли служить источниками цветного металла для восточноевропейских общностей бронзового века, и в реальности они таковыми и были. Но при этом удавалось наметить лишь исходные, но досадно широкие регионы для различных культур определенного периода. Несравненно более трудные барьеры ожидали ученых в поиске той точки (т.е. конкретного рудного месторождения или же группы таковых), откуда начинали свои загадоч-



В серных копях. Картина Ренато Гуттузо (1955). В похожих условиях горняки добывали руду и в медных шахтах много веков назад. Из таких горно-металлургических центров начинались тысячекилометровые пути распространения металлов.

ные и порой тысячекилометровые путешествия металлы медного или бронзового века.

С помощью обычных и традиционных для археолога методов оказалось почти невозможно отличить горные выработки медного века от самых поздних (например, уральских) шахт 18–19-го столетий. Даже в Западной Европе, в Южной Италии, в самом начале 50-х годов прошлого (!) века знаменитый итальянский живописец Ренато Гуттузо, спустившись в глубину серных копей, был потрясен картинами показавшегося ему чудовищным труда шахтеров. Но ведь вряд ли каким-то иным обликом отличались как труд шахтеров, так и следы их работ даже на самых древних подземных разработках многотысячелетней давности.

А вот, к примеру, что думали и писали уральские российские промышленники и летописцы в XVIII в.: *...Древние здешних мест обыватели в горных делах, а наипаче в плавке меди, в свое время великие и сильные имели промыслы... Яко бы тут в старину с таким искусством горная работа производилась, что и нынешние штейгеры и горные служители лучше того не делают; ибо де во многих местах руду из такой глубины доставали, что поверх той руды лежит земли сажень на 20... однако ж штольны поныне нимало не осыпались, но так стоят, как бы в недавнем времени работа на них производилась. И хотя по великому множеству таких рудокопных мест должно мнить, что бывали здесь и великие для того заводы, но ныне оным никаких признаков нигде уже не находится...* [8, с.396]. Теперь мы уже знаем, что великие и сильные древние промыслы на Урале — это выработки 3–2-го тысячелетий до н.э. Но как все же удавалось отличать столь ранние шахты от позднейших?

## Рудники и металл сквозь призму радиоуглеродных датировок и химического состава

Да, следы подземных выработок представляли весьма похожими. При этом поздние разработки нередко разрушали — порой почти начисто — выработки более ранние. Однако даже в этих «грустных» для исследователей случаях на долю археологов кое-что оставалось, хотя тяжкие и порой рискованные исследования древних глубинных рудников сильно отличались от наземных археологических разведок и раскопок. Прежде всего, могли быть найдены те невзрачные образцы, что содержали углерод, и, стало быть, появлялась возможность получить даты по <sup>14</sup>C. Таким образом, например, удалось определить возраст ряда медных и полиметаллических рудников 5-го тысячелетия до н.э. на Балканах. Любопытно, что именно это и породило гнев и неприятие противников радиоуглеродной хронологии, неизменных поклонников канона «Свет с Востока». Но именно так появился первый прием выявления отличий ранних рудных разработок от поздних.

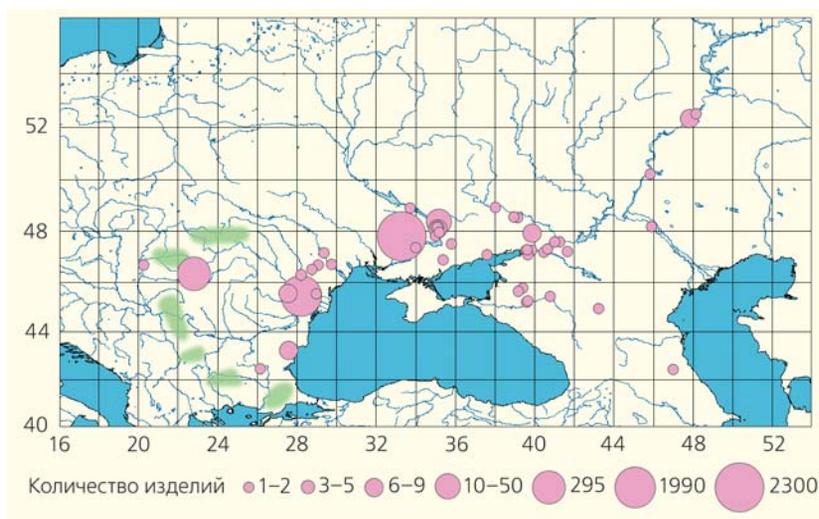
Вторым приемом стало определение коллекций металла, датированных 5-м тысячелетием до н.э. и синхронных памятникам горнорудных работ в Балкано-Карпатье [9]. Столь ранние коллекции меди и золота оказались в этом регионе весьма изобильными. Но как удавалось вычленивать из них то, что можно было «привязать» к неким вполне определенным шахтам или карьерам? Здесь выступал на первый план уже третий методический прием — спектральный анализ химического состава древней меди. Добавлю при этом, что подобного рода исследования касались в первую очередь ме-

ди, но не золота — ведь золоторудных выработок в этом регионе пока что найти не удалось.

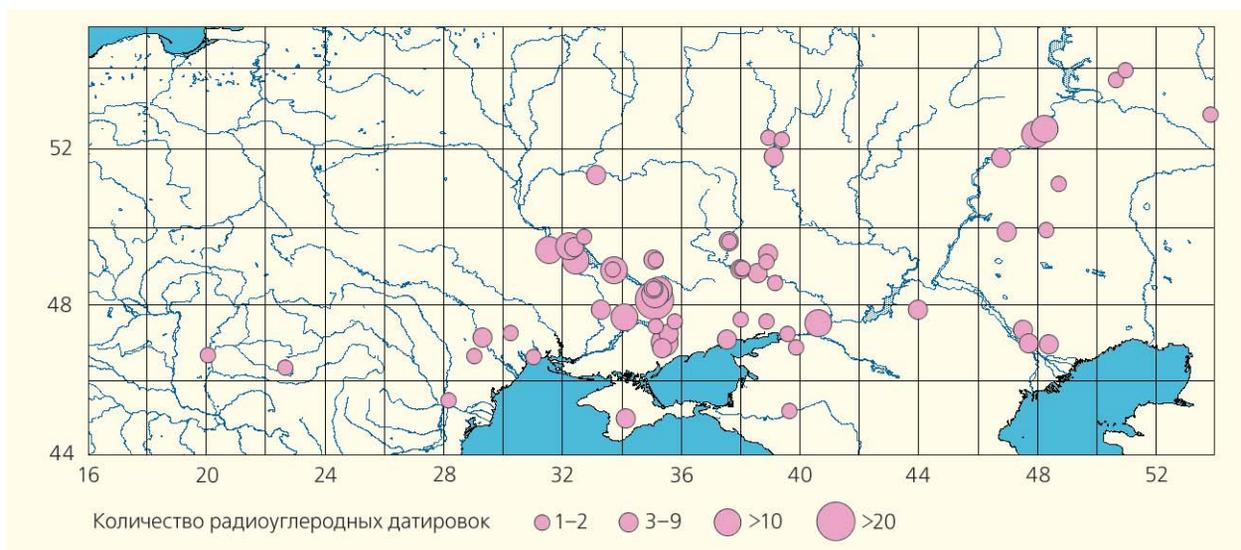
Химико-минералогический состав руды каждого месторождения своеобразен, и это в той или иной мере отражалось на выплавленной из нее меди. Системный анализ химического состава всех спектрально изученных образцов металла предоставлял ученым возможность расчленивать весь материал на специфические родственные группы и наметить линии их привязок к отдельным месторождениям или же к группам близких по химико-минеральному составу источникам руды. Проведенные в этом русле изыскания открыли перед исследователями возможности формирования воистину удивительной по пространственному и хронологическому охвату картины.

Может быть, самой примечательной деталью полученной картины стало выявление чрезвычайно протяженного (почти в 2 тыс. км) и по форме напоминающего клин пути распространения меди, выплавленной в Балкано-Карпатье, от источников вплоть до Среднего и Нижнего Поволжья. В качестве обязательного признака, отличающего каждый из предметов, признавались его географические координаты, без которых составление карт оказывалось весьма затрудненным и грешило досадными неточностями. Число изделий из импортной балкано-карпатской меди очень велико — более 5300 предметов; правда, по преимуществу это не очень крупные украшения. Генеральный территориальный охват данного «клина» также впечатляет — около 1 млн км<sup>2</sup>. При сравнении пути распространения меди из Балкано-Карпатя с распределением радиоуглеродных датировок памятников того же 5-го тысячелетия до н.э. становится очевидным принципиальное согласие контурных очертаний обеих картин.

Такое совпадение порождает сюжет, в некотором отношении, пожалуй, еще более примечательный: балкано-карпатский металл выплавлен в областях, где полностью доминировали культуры оседло-земледельческого населения, а вытянувшийся с запада на восток (точнее даже на северо-восток) клин в 2 тыс. км покрывал степные пространства, полностью подвластные мобильным скотоводам. Эти кочевые/полукочевые народы не ведали земледелия; они заселяли безрудные пространства, и это сразу же устанавливало невозможность занятий горно-металлургическим производством. Модель жизнеобеспечения у степняков оказывалась резко несходной с оседло-земледель-



Распространение медных изделий в 5-м тысячелетии до н.э. от горно-металлургических центров Балкано-Карпатя (отмечены зеленым) на восток в безрудные зоны, заселенные кочевыми/полукочевыми народами. Карта составлена на основе химического анализа состава меди.

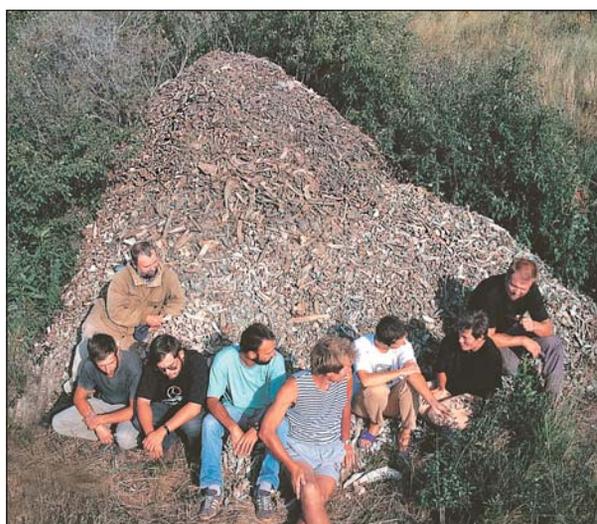


Распределение и количество результатов радиоуглеродного датирования погребальных памятников степных кочевых/полукочевых народов 5-го тысячелетия до н.э.

ческой, различались с западными соседями также представления об устройстве мира. Такие полярные модели жизнеустройства часто служили причиной кровавых столкновений. Попытки выяснить, что за продукты были у этих двух народов объектом меновой торговли, если таковая — и к тому же мирная — имела место, к очевидным успехам пока не привели...

Обратимся к другому примеру, касающемуся Каргалов, или же Каргалинского горно-металлургического центра, ставшего знаменитым в последние десятилетия [10]\*. Здесь на общей огромной площади примерно в 500 км<sup>2</sup> удалось зафиксировать до 35 тыс. поверхностных следов древних шахт и карьеров, датируемых либо 3–2-м тысячелетиями до н.э., либо 18–19-м столетиями (т.е. уже в рамках Российской империи). Хронология каргалинского горно-металлургического производства уже с самых первых шагов археологических изысканий базировалась на крупных сериях радиоуглеродных датировок. Исследования велись с 1990 по 2002 г., и центральным пунктом археологических раскопок стало поселение горняков и металлургов, получившее наименование Горный и датированное 2-м тысячелетием до н.э. Площадь поселка составляла 3–4 га, из которых археологам удалось вскрыть всего лишь около 1000 м<sup>2</sup>, т.е. не более 3%. Однако из культурных слоев этого тщательно изученного — хотя в целом ничтожного — «пяточка» удалось извлечь воистину фантастические по суммарной представительности материалы. Из всего их изобильного ряда обратим внимание на две категории находок. Медных образцов (в основном отходов ме-

таллургического производства, а также более редких изделий) обнаружено более 4 тыс. — показатель для обычного археологического памятника невообразимый. Однако намного сильнее поражала, даже на этом необычном по богатству «медном» фоне, коллекция костных остатков различных животных — их более 2,5 млн! Гора костей хранила останки примерно 50 тыс. коров и быков, а также 20 тыс. овец и коз. Горняки и металлурги Каргалов не занимались скотоводством, значит, эти гигантские стада домашних животных появлялись на местных холмах и долинах рек как продукт обмена на металл, а также на руду.



Каргалинский горно-металлургический центр, поселение горняков и металлургов. В этой горе костей сосредоточены останки примерно 50 тыс. коров и быков, а также 20 тыс. овец и коз.

\* Подробнее о Каргалах можно прочитать в предыдущих статьях в «Природе» (2015. №1. С.28–41; №2. С.43–55).

Напомню: все это извлекали с крохотного по площади раскопа на селище Горный...

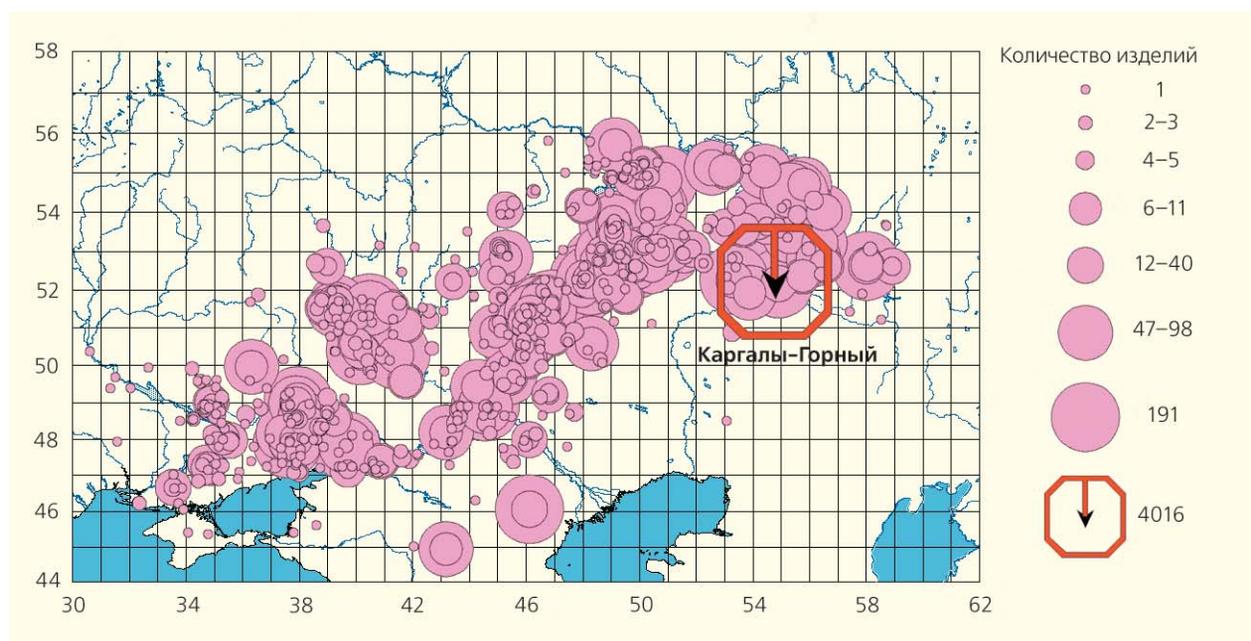
В случае с Каргалами уже нетрудно указать не только на участников обмена, но и на ареал распространения меди этого громадного центра. Продукты каргалинского горно-металлургического производства в результате обменных операций достались родственным каргалинцам племенам и кланам, которые археологи считают группой близких между собой культур и объединяют в так называемую срубную общность. Заключение это базируется на данных о металле общности, в которой ныне учтено более 2.6 тыс. предметов, и среди них каргалинский металл играл, несомненно, ведущую роль. Цифра эта кажется, конечно же, малой на фоне более чем 4 тыс. медных находок из Горного. Однако такой вывод не будет справедлив: в памятниках срубной общности учтены исключительно готовые изделия, причем многие из них весьма крупные — серпы, тесла, кинжалы, наконечники копий и т.п. По весу вся «внекаргалинская» медь явно превосходила коллекцию образцов и артефактов из Горного.

Очень примечательна также карта распространения каргалинской меди. Она стала результатом полевых определений географических координат (метод GPS). Образцы этой меди густо заполняли ту своеобразную «линзу», что растянулась почти на 2 тыс. км уже с северо-востока на юго-запад, вплоть до Нижнего Поднепровья. Каргалинская медь распространялась в направлении, прямо противоположном тому, что выявлено для более ранней балкано-карпатской, но их общий охват оказался довольно сходным — около 1 млн км<sup>2</sup>.

Пример с генеральным направлением обменной каргалинской продукции говорит о многом, хотя, конечно, нам очень сложно рассчитать реальный объем отправленной на юго-запад меди, а возможно, также и руды. Столь же сложно выразить в точных цифрах несметное количество домашней скотины, перегонявшейся к Каргалам для обменов: мы ведь смогли нанести этому гигантскому горно-металлургическому центру лишь булавочный укол. Но даже эти крохотные 3% от селища Горный позволяют предполагать, сколь грандиозными были результаты начальных этапов международного разделения труда. Да и касалось это, разумеется, не только Каргалов. Скажем, и в случае с внедрившейся в жизнь степных скотоводов балкано-карпатской медью можно будет предполагать в чем-то похожую модель взаимоотношений между кочевниками/полукочевниками и оседлыми земледельцами Подунавья. И примеры эти совсем не трудно умножить.

Каргалы были полностью оставлены горняками в финале эпохи бронзы или в конце 2-го тысячелетия до н.э. Их *нимало не осыпавшиеся штольни* дождалась уже российских предпринимателей спустя почти три тысячелетия. Территория огромного и некогда столь значимого горно-металлургического центра оказалась в зоне господства кочевников — сначала ираноязычных культур скифов и сарматов, а позднее нахлынувших с востока тюркоязычных народов. Но бесчисленные следы давних горных работ, равно как и скрытые под ними богатства, их нисколько не занимали...

Труднообъяснимые взлеты и падения производств оказались характерными, конечно же,



Распространение медных и бронзовых изделий во 2-м тысячелетии до н.э. от Каргалинского горно-металлургического центра на запад и юго-запад. Карта составлена на основе химического анализа состава меди.

не только для Каргалов. Но тему эту, хотя она представляет исключительный интерес, мы затрагиваем в этой статье лишь намеком.

## Полсотни лет спустя

Один из предшествующих разделов статьи завершился рассказом о неистовых спорах относительно радиоуглеродной хронологии: *верить ей или не верить?* Однако в следующих разделах, касающихся уже горно-металлургического производства в Евразии, на конкретных примерах были показаны кардинальные перемены в методологии археологической науки. За эти десятилетия множество естественнонаучных методов прочно включились в повседневную жизнь археологии. Их развитие прошло достаточно долгий путь и оказалось вполне выверенным на практике. Теперь уже никто не поднимал вопроса, «принять или не принять» эти методы. Разумеется, следовало не только их «принять», но и обработку материалов проводить в рамках неперменной междисциплинарной интеграции. Кстати, именно так и именуется недавно вышедший в свет сборник — «Междисциплинарная интеграция в археологии» [11]. Он содержит следующие пять основных разделов.

1. Археохронология. Здесь представлены два основных метода — радиоуглеродный и дендрохронологический.

2. Палеозоология и модели жизнеобеспечения. Сюда вошли материалы по палинологии, археозоологии, археоботанике, анализу беспозвоночных, археологическому почвоведению.

3. Палеоантропология и системы питания. Рассказывается о биоархеологических и изотопных исследованиях в палеодиетологии, о радиоактивных методах в биоархеологии, о применении инструментов изотопной геохимии в реконструкциях.

4. Археометаллургия. Здесь внимание сосредоточено на новом рентгенофлуоресцентном методе анализа цветных металлов; подводятся важнейшие итоги по методам и результатам металлографических изысканий.

5. Полевые исследования. Раздел посвящен географо-информационным системам, различным современным методам геофизических исследований археологических памятников, подходам при дешифровке космических снимков и т.д.

Приведенный перечень важнейших направлений современной археологии был бы неполным без одной из наиболее значимых методологических инноваций последних лет — *палеогенетики*, на которой остановимся несколько подробнее. Биологи установили, что основным хранителем, а также передатчиком генетического кода живых существ служит дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК), отличающаяся сложной формой двух- или трехлинейной спирали. ДНК могла, не теряя ос-

новы исходной формы, сохраняться в ископаемых костных остатках тысяче- и даже миллионного возраста. Именно это послужило ведущей причиной особого интереса к ней у палеоантропологов и археологов различных стран. Для решения коренных проблем древнейшей истории человечества это открытие по значимости можно считать вполне сопоставимым с открытием полураспада у радиоактивного изотопа  $^{14}\text{C}$ , при том что основные направления и полигоны исследований были весьма различными. Кроме того, хотя по времени основные открытия биологов в сфере ДНК едва ли оказались полностью синхронными с радиоуглеродным изотопным анализом, внедрение методов палеогенетики в археологический арсенал задержалось на несколько десятилетий.

Уже первые опыты изучения ДНК, а также связанных с ней белковых соединений в ископаемых костных материалах породили надежду на помощь этих методических приемов в реконструкции сложнейших процессов эволюции человечества. Вероятным казалось даже достижение особо значительных результатов при обращении к реальным истокам миллионлетней африканской колыбели рода *Homo*, чтобы затем шаг за шагом расшифровывать более поздние, к тому же крайне извилистые пути распространения популяций по материкам сначала Восточного, а затем Западного полушария. Параллельно обсуждались также возможности анализа взаимосвязей разнообразных родственных антропологических групп с помощью палеогеномики и биоинформатики. Следует напомнить, однако, что до внедрения этих методов в повседневную практику многие подобного рода проблемы и археологи, и палеоантропологи пытались решать, как представляется ныне, едва ли не в гадательной форме. Теперь же при изучении самых общих проблем ранней истории антропогенеза обращение к палеогенетике становится если не обязательным, то по меньшей мере крайне желательным. Многие результаты изысканий этого направления уже отражены в значительном числе публикаций не только в странах Западной Европы, Америки, Китая, но также и в России. В последние годы активное обсуждение этих непростых проблем переносится уже в аудитории конференций самого широкого профиля, например таких, как «Мегаструктура Евразийского мира: основные этапы формирования» [12] или «Естественнонаучные методы исследований и парадигма современной археологии» [13]. При этом, разумеется, далеко не все гипотезы палеоантропологов, особенно носящие глобальный характер, вызывают безоговорочное признание специалистов по древним культурам (впрочем, это кажется вполне типичным для любой молодой науки)...

...Весьма примечательно, что чуть более 50 лет назад — в 1965 г. — вышел в свет первый в советской археологии сборник «Археология и естественные науки» [14]. Именно он полно отражал на-

чальный этап кардинальной перестройки археологической методологии. Отталкиваясь от статей того сборника, теперь возможно уже в деталях проследить истинный взлет и динамику революционной перестройки археологии [15] — науки, столь важной для понимания процессов Всемирной истории человечества.

### Подводя некоторые итоги...

В завершение обзора кардинальных перемен в археологической парадигме имеет смысл вновь обратиться к начальным разделам статьи. Итак, антропоген, или же Всемирная история (ВМИ), в своей долгой — почти в 2.6 млн лет — протяженности подразделяется на две абсолютно неравные части, за которые «отвечают» две связанные между собой родственные научные дисциплины. К позднейшей части относятся так называемые письменные культуры, и находятся они в ведении собственно исторической науки, охватывающей совокупный период не более 4 тыс. лет. На фоне дописьменного периода, которым ведает уже археология (а это округленно более 2.5 млн лет), доля социумов письменного этапа предстает воистину микроскопической, тончайшей поверхностной пленкой ВМИ.

Фантастичность данной ситуации предстанет особенно контрастной, если учесть, что вся археологическая громада вместе с составляющим ее бесконечным массивом ископаемых материалов рассматривалась вплоть до недавнего времени (да и воспринимается многими поныне) в качестве приложения или даже полностью подчиненного придатка собственно исторической дисциплины. Это было весьма ярко выражено при господстве марксистко-ленинской идеологии в программах научных гуманитарных учреждений СССР, что отразилось в первую очередь на генеральной трактовке ВМИ. Продемонстрировать эту ситуацию не составляет труда, если принять во внимание воистину бесценный для нас документ — огромную и опубликованную в 1955–1965 гг. десятитомную «Всемирную историю» [16]. В ней мы подметим лишь одно, правда, весьма выразительное свидетельство того, что ранние дописьменные и находящиеся в ведении археологии общности служат по сути «придатком» исторической дисциплины. Главная редакция этого огромного труда отвела всем археологическим культурам и общностям предельный и труднообъяснимый минимум. Суммарное число страниц этих тяжеловесных книг близко к 10 тыс. Однако из этих тысяч лишь 72 страницы посвящены палеолиту, да кроме того примерно на 150 страницах первого тома бегло обрисован весь бесконечный перечень дописьменных культур. Стало быть, суммарно на это пришлось лишь около 2% от общего объема десятитомника! На фоне «подвластного» археологии воистину безбрежного массива дописьменных культур, охватывавшего бо-

лее 99.9% всей протяженной истории антропогена, такая диспропорция между двумя основными частями ВМИ в десятитомной публикации, конечно же, не может не впечатлять.

Теперь так же коротко о другой ситуации, столь же тесно сопряженной с описанной выше. Генеральной задачей исторической дисциплины в те десятилетия было обоснование глобальной периодизации ВМИ. Поэтому обратимся вновь к публикациям прежних, не столь отдаленных от нас памятных лет: в них весьма четко прослеживается не слишком сложная логика предложенных построений. Глобальная периодизация марксистко-ленинской исторической науки зиждилась на том, что в научной среде в просторечии именовали «пятичленкой». Считалось, что друг друга последовательно сменяли пять социально-экономических формаций. Здесь снова во «Всемирной истории» обратим внимание на один, но весьма выразительный абзац. Этот небольшой отрывок опубликован под авторством «Главной редакции» во введении к десятитомнику, в самом начале первого тома. Здесь звучит бесспорный императив о необходимости, согласно основам марксистко-ленинской идеологии, признавать важнейшие закономерности социального развития человечества: *В основе единого и закономерного исторического процесса лежит последовательная смена общественно-экономических формаций: первобытно-общинной, рабовладельческой, феодальной, капиталистической, составляющих главные этапы поступательного движения человечества, исторические ступени его пути к высшей коммунистической формации, первой фазой которой является социализм* [16, т.1, с.9].

Из этой аксиомы вытекало, что фактически все дописьменные археологические культуры, существовавшие в течение более 2.5 млн лет, идеологи «пятичленки» буквально втискивали исключительно в рамки первобытно-общинного строя. Другие четыре формации, более совершенные в социоэкономическом смысле и заменявшие по мере развития эту глухую первобытность, авторы укладывали в границы не более чем четырех тысячелетий, о чем уже говорилось ранее.

Вскользь, однако, стоит заметить, что в будничной работе советских археологов императив этой аксиомы сколь либо заметной и тем более решающей роли не играл. Авторам книг можно было во введении или в заключении лишь как-то вкратце письменно уверить «ответственных» редакторов издательства, что эта идеологема им хорошо известна, что они, конечно же, ей следуют (хотя в большинстве работ избегали даже этого). Археология фактически уже с самых ранних шагов развивалась по собственным лекалам.

Но особенно ярко это стало проявляться после революционных сдвигов в парадигме науки об ископаемых древностях. Нелепость буквального и обязательного «вжимания» всех социальных об-

разований от раннего палеолита времени *Homo habilis* или *Homo ergaster* вплоть до высокоразвитых и весьма разнообразных культур бронзового и железного веков в лоно единообразно-унылой первобытно-общинной формации никоим образом не отвечала реалиям. Прежние общие представления о ВМИ уже никак не могли удовлетворять ученых. Впрочем, после отмены обязательных марксистско-ленинских канонов прошлых десятилетий большинство аксиом как-то сникло, стусевалось, и теперь историки о них вспоминают уже крайне редко.

Любопытно также и другое: параллельно нарастанию уровня диссонанса родственных наук археология — особенно в последние десятилетия — стремительно и с повышенной энергией позволяет себе вторгаться в ту сферу, что традиционно относилась к исключительному ведению собственно истории. Археология активно сближается с последней, извлекая из вновь добытых материалов ответы на те вопросы, что оказываются не под силу дисциплине исторической. Ныне наблюдаются своеобразные формы нарастающей междисциплинарной интеграции: исторические памятники начинают энергично изучаться с помощью новых археологических приемов. Теперь без археологических методов и аналитической практики почти нереальным кажется корректное понимание и характера, и структуры едва ли не всего раннего — в особенности восточноевропейского — Средневековья... Или представим себе, возможно ли будет, к примеру, считать безусловными построения и суждения о гигантском скифском мире, воссоздаваемые лишь на базе повествований геродото-

вой «Мельпомены», без всего проделанного в последние годы сложного комплекса археологических исследований на неохватных просторах этого кочевого мира от Дуная до Ордоса? Не покажутся ли избыточно сжатыми наши былые представления о культурах 3-го тысячелетия до н.э. эпохи раннего металла на Ближнем Востоке (в том самом легендарном источнике всех великих открытий «Света с Востока»), воссозданные лишь на основании скурых и многократно перетолкованных в научной литературе ранних письменных источников?

Разумеется, перечислять многочисленные факты подобных археологических «вторжений» в подвластные исторической науке области возможно и далее, но особого смысла в этом нет — они напрашиваются сами собой и без особого приглашения. Одно лишь ясно: феномен *хронологическо-методологического диссонанса* между этими науками претерпел в последние годы перемены чрезвычайные, и это приглашает нас к продолжению самых широких дискуссий по обозначенной здесь важнейшей проблеме. Мы помним, что 99.9% Всемирной истории находятся под невольным «надзором» археологии. А взрывное расширение парадигмы этой науки дарит нам невероятное, зачастую крайне неожиданное многообразие культур на огромном по протяженности отрезке времени и на необозримых пространствах Старого и Нового Света. Итак, благодаря новому и богатейшему арсеналу естественнонаучных методов исследования монотонная и туманная некогда серость гигантского полотна «первобытно-общинного строя» расцветивается во все более разнообразные и яркие тона. ■

## Литература

1. Nash S.E. Time, Trees, and Prehistory: Tree-Ring Dating and the Development of North American Archaeology, 1914–1950. Salt Lake City, 1999.
2. Douglass A.E. The secret of the Southwest solved by talkative tree rings // National Geographic Magazine. 1929. V.56. №6. P.736–770.
3. Arnold J.R., Libby W.F. Age determinations by radiocarbon content: checks with samples of known age // Science. 1949. V.110. P.227–228.
4. Libby W.F. Radiocarbon dating. Chicago, 1952.
5. Otto H., Witter W. Handbuch der ältesten vorgeschichtlichen Metallurgie in Mitteleuropa. Leipzig, 1952.
6. Jungbans S., Sangmeister E., Schröder M. Metallanalysen Kupferzeitlicher und Frühbronzezeitlicher Bodenfunde aus Europa. Berlin, 1960.
7. Черных Е.Н. История древнейшей металлургии Восточной Европы. М., 1966.
8. Рычков П.И. Топография Оренбургской губернии. Оренбург, 1887.
9. Черных Е.Н. Горное дело и металлургия в древнейшей Болгарии. София, 1978.
10. Каргалы. Т.1–V. М., 2002–2007.
11. Междисциплинарная интеграция в археологии / Под ред. Е.Н. Черных, Т.Н. Мишиной. М., 2016.
12. Мегаструктура Евразийского мира: основные этапы формирования: Материалы Всероссийской научной конференции / Под ред. Е.Н.Черных. М., 2012.
13. Естественнонаучные методы исследований и парадигма современной археологии: Материалы Всероссийской научной конференции. М., 2015.
14. Археология и естественные науки / Под ред. Б.А.Колчина. М., 1965.
15. Черных Е.Н. Археология и естественные науки: пятьдесят лет спустя // Междисциплинарная интеграция в археологии. М., 2016. С.368–378.
16. Всемирная история. М., 1955–1965.

# Рассказывает образец осадочной породы

В.Г.Кузнецов,

доктор геолого-минералогических наук

Российский государственный университет нефти и газа имени И.М.Губкина  
Москва

Заметки и наблюдения

Неживая природа на самом деле очень живая. Она хранит в себе массу любопытной информации, прочесть и понять которую — огромное удовольствие. Литология, как наука об осадочных горных породах, имеет дело с внешне невзрачными серыми образцами. Предметы ее изучения, как правило, не такие красивые, как в минералогии. Здесь нет ярких красок и узоров малахита, огненного полыхания благородного опала, небесно-синего аквамарина, сочных цветов рубина и сапфира, своеобразной строгой красоты геометрически правильных кристаллов. Привлекательность и интерес объектов литологии в другом. На общем, вроде бы однообразном сером фоне скрывается неизмеримо более глубокое, а следовательно, интересное — процессы, ведущие к формированию осадочных пород, осознание которых — само по себе большая радость. Но, кроме того, оно дает возможность реконструировать обстановки образования геологических объектов и их эволюцию в течение почти 3.5–4.0 млрд лет истории Земли.

Много ли можно узнать, изучая отдельный образец? Посмотрим на конкретном примере. Перед нами фотографии срезов (в несколько разном масштабе) двух образцов (рис.1). При внешнем, самом обычном, определении это серые известняки, отчетливо слоистые, раскалывающиеся на тонкие пластинки. Слоистость выражается в частом чередовании светлых и более темных слоев, причем мощность последних меньше. Породы с подобной текстурой (безотносительно их состава) часто называют ламинитами (от ан-



Рис.1. Срезы двух образцов глинисто-карбонатной породы с тонкой правильной слоистостью. Между параллельным наслоением отчетливо выделяются лежащие складки оползания с черными углистыми включениями.

Здесь и далее фото автора

лийского lamina — тонкий пласт). На этом фоне встречаются прослой толщиной 15–20 мм из сильно перемятых слоев, которые образуют опрокинутые и сильно вытянутые складки. Они состоят из перебитых обломков тонкослоистых известняков основной массы породы — интракласов. Здесь же часто наблюдаются включения черных обломков размером от долей миллиметра до 10–12 мм.

При просмотре шлифов (рис.2, 3) видно, что темные прослой сложены глинистым материалом, светлые — карбонатным. В основном это кальцит ( $\text{Ca}[\text{CO}_3]$ ), иногда встречаются ромбики доломита ( $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$ ). В большинстве случаев мощность глинистых прослоев составляет менее 0.1 мм, кар-

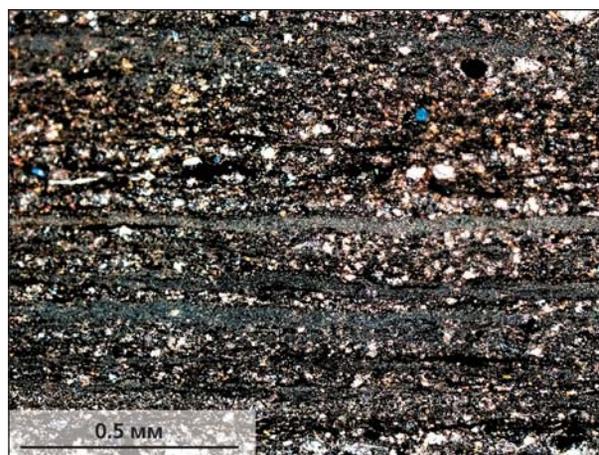
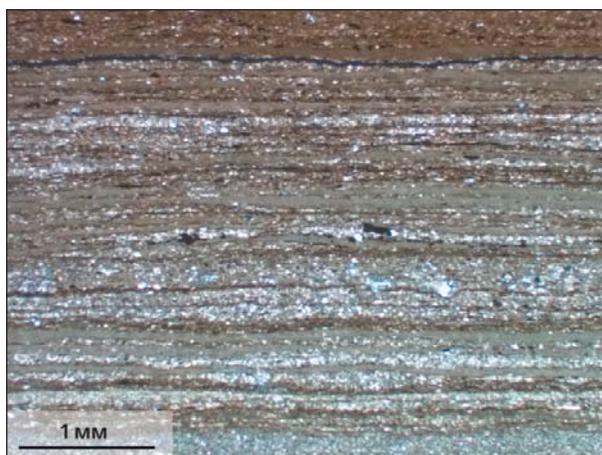


Рис.2. Микрофотографии тонкослоистых глинисто-карбонатных пород: серые и темно-серые прослойки — глинистый материал, светлые — карбонатный, белые включения — зерна обломочного кварца (справа).

бонатных — 0.4–0.6 мм. Границы между ними волнистые, но ясные. Имеются, однако, и значительные отклонения, когда толщина прослоев, особенно светлых, достигает более 1–2 мм. В светлых участках наряду с карбонатами появляются зерна обломочного кварца, реже халцедона. Видимо, это обломки древних кремнистых сланцев.

В ряде случаев правильная в общем слоистость нарушается. Тогда обломочного кварца становится больше, и содержащие его слойки залегают на подстилающих глинистых осадках с размывом (рис.3).

Достаточно часто попадаются углистые включения — темно-бурые или черные, волокнистые или сетчатые. Форма их либо изометричная (рис.4), либо слегка вытянутая, ориентированная согласно слоистости.

Тонкозернистая структура и правильная слоистость позволяют достаточно уверенно говорить, во-первых, о водном бассейне, а во-вторых — об очень спокойных условиях седиментации. Именно в таких условиях, в отсутствие течений и волнений, могла формироваться правильная слоистость. Косвенное подтверждение этому — наличие тонкого глинистого материала, осаждение и фиксация которого на дне возможна в условиях очень слабой гидродинамики. Прямых указателей на соленость водоема в образце не видно, но карбонатный состав породы свидетельствует, скорее всего, о достаточно жестких водах, т.е. содержащих большое количество растворенных солей кальция и магния (видимо, в форме бикарбонатов).

Наличие (хотя и незначительное) обломков кварца алевритовой и песчаной размерности и, что еще более важно, углефицированного детрита позволяет предположить, что берег располагался относительно недалеко, ибо растительные (ныне углефицированные) остатки далеко от суши не переносятся. Слоистость с толщиной от-

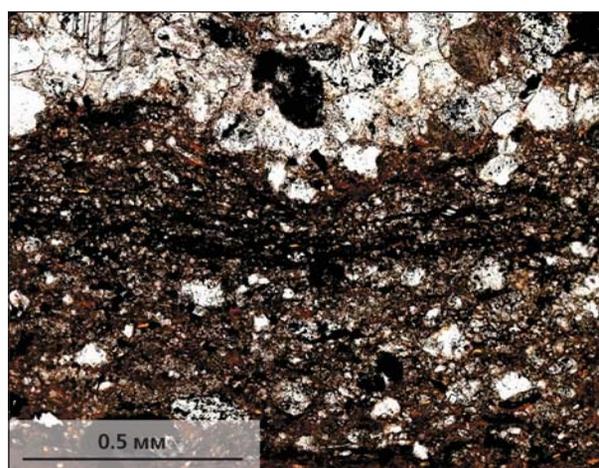


Рис.3. Залегание с размывом слойки с обломочным кварцем на подстилающем глинистом осадке.

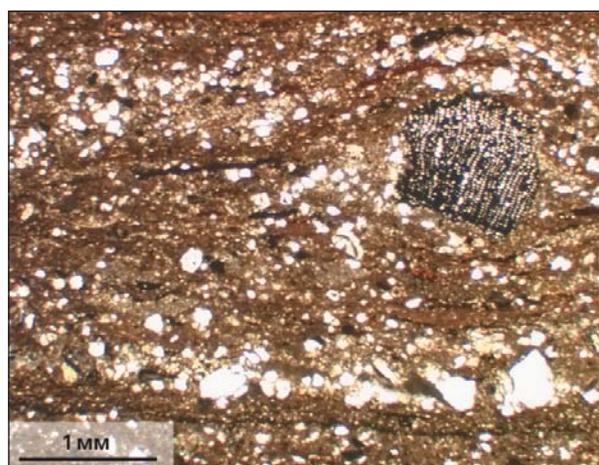


Рис.4. Включение обломка обугленного остатка (черная сетка) в перемятом при оползании алевро-глинисто-карбонатном матриксе.



Рис.5. Остатки рыб на поверхности скола тонкослоистых глинисто-карбонатных отложений.

дельных слоев мощностью в доли миллиметра связана, скорее всего, с сезонными изменениями. В летний, наиболее теплый, период развитие водорослей (прежде всего, планктонных) и усвоение ими углекислого газа приводит к установлению более щелочных условий, что, в свою очередь, обуславливает осаждение карбонатов. Зимой, особенно если водоем покрывается льдом, в более спокойных условиях, осаждается глинистый материал.

О глубине водоема сказать что-либо трудно. Однако дно его, видимо, имело небольшой наклон. Об этом свидетельствует прослой мощностью в 1,5–2,0 см с большим количеством растительности, образующий в целом складки оползания. Подобные явления возможны в полужатвердевшем осадке при каком-то спазматическом внешнем воздействии, например при толчках во время землетрясений. Если это так, то можно предположить, что озеро располагалось в тектонически-активной зоне, где подобные толчки не редкость.

Все выводы об условиях образования данного водоема сделаны на основе литологического изучения образцов. Однако в данном случае имелась не очень прямая, но все же подсказка. Наш объект (отложения ископаемого озера позднеюрской эпохи) расположен в горах Каратау в Казахстане. Он был изучен одним из крупнейших отечественных палеонтологов — Р.Ф.Геккером. Разнообразные геологические и палеонтологические исследования показали, что там действительно находилось озеро, а окружающий его рельеф был достаточно расчленен, поскольку среди тонкослоистых отложений непосредственно у берегов встречаются прослой грубообломочных пород. Данный материал (возможно, из-за тех же землетрясений) вносился в озеро. В его осадках обнаружены многочисленные остатки рыб (рис.5), насекомых и другой фауны.

Здесь я попытался показать значение литологии в изучении этого в определенной степени уникального бассейна, в интерпретации и восстановлении условий, в которых он формировался. ■

# О прокрастинации в научных исследованиях

М.С.Гельфанд,  
доктор биологических наук  
Институт проблем передачи информации  
имени А.А.Харкевича РАН  
Москва

Поэма конца (15)\*

Василиск Гнедов

Прокрастинацию многие психологи называют болезнью современности. Этим термином обозначают склонность постоянно откладывать дела, приводящую к конфликтам и проблемам. Повседневный смысл прокрастинации поясняет крылатое выражение «Не откладывая на завтра то, что можно сделать послезавтра». Прокрастинация — важный, хотя и недооцененный компонент научных исследований. Этому феномену посвящено более 300 статей (по запросу «procrastination» в базе данных медицинских и биологических публикаций PubMed), охватывающих различные его аспекты: от социальных и психологических до психиатрических и нейрофизиологических.

Здесь мы рассмотрим только один аспект проблемы, в истоке которого лежит пионерская работа психолога Денниса Аппера 1974 г. под названием «The unsuccessful self-treatment of a case of "writer's block"» (в переводе на русский язык: «Неудачный опыт самостоятельного выхода из творческого кризиса») [5]. В этой статье излагался доклад, не прочитанный на состоявшемся в предыдущем, 1973, году 81-м ежегодном съезде Американской психологической ассоциации. Статья не содержала ни единого слова. Ее полный текст выглядит так: «» (рис.1).

Анонимный рецензент, комментарий которого был опубликован вместе со статьей, проницательно отметил, что безукоризненное описание методов позволит другим исследователям воспроизвести неудачу автора. Спустя 10 лет прямое воспроизведение результатов («»; рис.2, верхний ряд, слева) было получено в Австралии Моллоем [6], тогда как Херманну из Медицинского центра Уни-

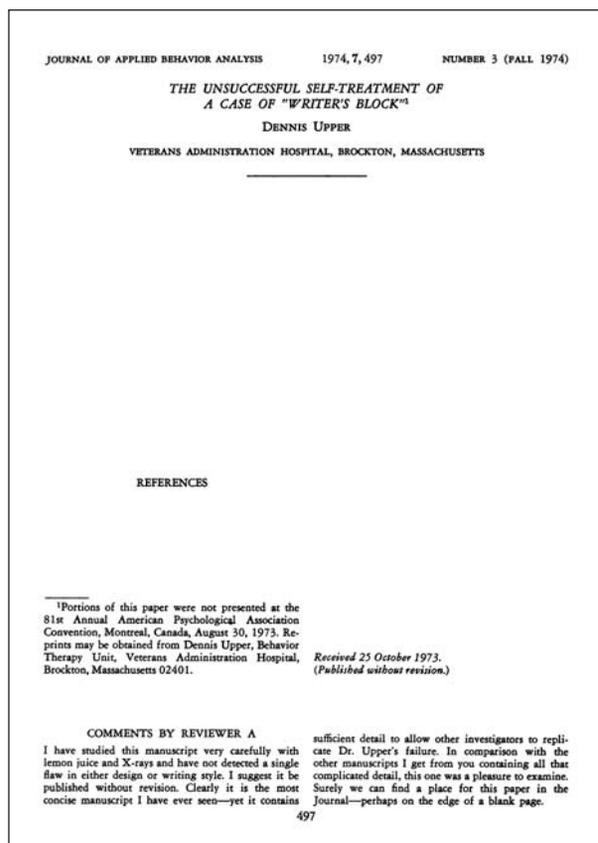


Рис.1. Пионерская работа Д.Аппера с комментариями рецензента [5].

верситета Иллинойса полностью воспроизвести результаты не удалось («Self-treatment of "writer's block", while generally reported to be unsuccessful (Molloy, 1983; Upper, 1974), may not be entirely

© Гельфанд М.С., 2017

\* Вопрос о том, что представляет собой этот эпиграф, открыт. Традиционно считается, что «Поэма конца» футуриста Василиска Гнедова, заключительная (пятнадцатая) поэма в опубликованной в 1913 г. книге «Смерть искусству» [1], состоит из пустой страницы (эту точку зрения неявно высказали первые републикаторы поэмы М.И.Шапир и Л.Ф.Кацис [2], а в последнее время ее отстаивает, в частности, О.В.Саханчук [3]). В этом случае можно считать, что эпиграф — фрагмент поэмы. Однако М.Павловец на основе семиотического (расположение в книге, взаимодействие с элементами типографского оформления), литературоведческого (счет слогов) и семантического (содержание поэм) анализа высказывает мнение, что поэма состоит только из заголовка [4]. Тогда следует полагать, что в эпиграфе нет пустых строк.

without merit. I say this because»; рис.2, верхний ряд, в середине) [7]. Стоит отметить, что разногласие между указанными работами полностью упущено в обзоре Олсона («Several replicated case studies of the unsuccessful self-treatment of "writer's block", first reported by Upper (1974), have recently been published (Hermann, 1984; Molloy, 1983). Review shows that the consistent outcome of these studies is»; рис.2, верхний ряд, справа) [8]. Еще одним существенным недостатком обзора стало то, что, по собственному признанию автора, дополнительные данные и результаты анализа не были должным образом архивированы.

Тем не менее, по всей видимости, результаты первоначального исследования достоверны. Так, они были полностью воспроизведены в групповом исследовании («»; рис.2, нижний ряд, слева) [9], причем эффект частично сохранился и 10 лет спустя («Skinner, Perlini, Frik, Werstine, and Calla (1985) reported the initial failure of the group application of Upper's (1974) and Molloy's (1983) self-treatment procedures for overcoming writer's block. Weekly one-hour administration of these group protocols has continued to be ineffective over a 10-yr. follow-up period. Researchers will investigate whether this lack of success reflects the limitations of group therapy in absentia, necessitated by the (a) second author's relocation to another university, and (b) apparent inability of the other original participants to respond to posthumous treatment»; рис.2, нижний ряд, в середине) [10].

Более того, аналогичный результат был получен в кросс-культурном исследовании, в котором принимали участие ученые из четырех стран: Нидерландов, США, Австралии и Италии («»; рис.2, нижний ряд, справа) [11]. Кстати, это исследование — редкий в современной науке пример работы, проведенной целиком на средства авторов («Preparation of this article was supported by a grant of \$2.50 from the first author's personal funds»). Представляется целесообразным использовать подобную практику в Российском научном фонде и Минобрнауки. Тут можно сослаться на положительный опыт Российского фонда фундаментальных исследований, который последовательно и неуклонно сокращает долю средств, выделяемых на инициативные исследования.

Одна из серьезных проблем всех указанных работ — малый размер выборок. Решить ее удалось благодаря недавней публикации результатов метаанализа, который доказал статистическую значимость сделанных наблюдений [12].

Рис.2. Статьи последователей. Верхний ряд (слева направо), одиночные авторы: Моллой [6], Херманн [7], Олсон [8]; нижний ряд, коллективы исследователей: Скиннер и соавторы [9, 10], Дидден и соавторы [11].

*Perceptual and Motor Skills*, 1983, 57, 566. © Perceptual and Motor Skills 1983

THE UNSUCCESSFUL SELF-TREATMENT OF A CASE OF "WRITER'S BLOCK": A REPLICATION

GEOFFREY N. MOLLOY  
Monash University<sup>a</sup>

REFERENCE

UPPER, D. The unsuccessful self-treatment of a case of 'writer's block'. *Journal of Applied Behaviour Analysis*, 1974, 7, 497.

Accepted August 10, 1983.<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Faculty of Education, Clayton, Victoria, Australia 3168.  
<sup>b</sup>Without revision.

*Perceptual and Motor Skills*, 1985, 61, 298. © Perceptual and Motor Skills 1985

THE UNSUCCESSFUL GROUP-TREATMENT OF "WRITER'S BLOCK"<sup>1</sup>

NICHOLAS F. SKINNER,<sup>2</sup> ARTHUR H. PERLINI, LAWRENCE FRIC,  
E. PAUL WERSTINE, AND JAMES CALLA<sup>3</sup>  
King's College, University of Western Ontario

REFERENCES

UPPER, D. The unsuccessful self-treatment of a case of "writer's block." *Journal of Applied Behaviour Analysis*, 1974, 7, 497.

MOLLOY, G. The unsuccessful self-treatment of a case of "writer's block": a replication. *Perceptual and Motor Skills*, 1983, 57, 566.

Accepted June 28, 1985.

<sup>1</sup>The ingenious self-treatment procedures of Upper (1974) and Molloy (1983) were modified for group application; a regime of weekly 1-hr. sessions over a 2-yr. period was ineffective in remediating writer's block in any of the five participants.

<sup>2</sup>66 Epworth Avenue, London, Ontario, Canada N6A 2M3.

<sup>3</sup>The authors are grateful to Philip J. Mueller for his extensive revisions to several earlier versions of this manuscript.

UNSUCCESSFUL SELF-TREATMENT OF A CASE OF "WRITER'S BLOCK": A PARTIAL FAILURE TO REPLICATE<sup>1</sup>

BRUCE P. HERMANN<sup>2</sup>  
University of Illinois Medical Center

Self-treatment of "writer's block", while generally reported to be unsuccessful (Molloy, 1983; Upper, 1974), may not be entirely without merit. I say this because

REFERENCES

- MOLLOY, G. N. The unsuccessful self-treatment of a case of "writer's block": a replication. *Perceptual and Motor Skills*, 1983, 57, 566.
- UPPER, D. The unsuccessful self-treatment of a case of "writer's block". *Journal of Applied Behavior Analysis*, 1974, 7, 497.

Accepted February 6, 1984.

<sup>1</sup>Portions of this paper were presented at the First Annual Convention of the International Association to Combat Writer's Block (I. Asimoff, President), September 15, 1983, New York City. Request reprints from Dr. B. P. Hermann, Department of Neurology, University of Illinois Medical Center, 912 S. Wood St., Chicago, IL 60612.

<sup>2</sup>Supported in part by a grant from the American Institute of Communicative Disorders and the National Looseleaf Paper Association.

UNSUCCESSFUL SELF-TREATMENT OF "WRITER'S BLOCK": A REVIEW OF THE LITERATURE<sup>1</sup>

KENNETH R. OLSON  
Fort Hays State University

Several replicated case studies of the unsuccessful self-treatment of "writer's block", first reported by Upper (1974), have recently been published (Hermann, 1984; Molloy, 1983). Review shows that the consistent outcome of these studies is

REFERENCES

- HERMANN, B. P. Unsuccessful self-treatment of a case of "writer's block": a partial failure to replicate. *Perceptual and Motor Skills*, 1984, 58, 350.
- MOLLOY, G. N. The unsuccessful self-treatment of a case of "writer's block": a replication. *Perceptual and Motor Skills*, 1983, 57, 566.
- UPPER, D. The unsuccessful self-treatment of a case of "writer's block". *Journal of Applied Behavior Analysis*, 1974, 7, 497.

Accepted July 15, 1984.

<sup>1</sup>Supplementary data and analyses have not been filed anywhere, including with microfiche Publications, 440 Park Avenue South, New York, NY 10016.

THE UNSUCCESSFUL GROUP TREATMENT OF "WRITER'S BLOCK": A TEN-YEAR FOLLOW-UP<sup>1,2</sup>

NICHOLAS F. SKINNER AND ARTHUR H. PERLINI  
King's College Algoma University  
University of Western Ontario Sault Ste. Marie, Ontario

Summary.—Skinner, Perlini, Fric, Werstine, and Calla (1985) reported the initial failure of the group application of Upper's (1974) and Molloy's (1983) self-treatment procedures for overcoming writer's block. Weekly one-hour administration of these group protocols has continued to be ineffective over a 10-yr. follow-up period. Researchers will investigate whether this lack of success reflects the limitations of group therapy in absentia, necessitated by the (a) second author's relocation to another university, and (b) apparent inability of the other original participants to respond to post-humous treatment.

REFERENCES

- MOLLOY, G. N. (1983) The unsuccessful self-treatment of a case of "writer's block": a replication. *Perceptual and Motor Skills*, 57, 566.
- SKINNER, N. F., PERLINI, A. H., FRIC, L., WERSTINE, E. P., & CALLA, J. (1985) The unsuccessful group-treatment of "writer's block". *Perceptual and Motor Skills*, 61, 298.
- UPPER, D. (1974) The unsuccessful self-treatment of "writer's block". *Journal of Applied Behavior Analysis*, 7, 497.

Accepted November 13, 1995.

<sup>1</sup>Address correspondence to Nicholas F. Skinner, Department of Psychology, King's College, 266 Epworth Ave., London, Ontario, Canada N6A 2M3.

<sup>2</sup>Philip J. Mueller again graciously reviewed several earlier drafts of this manuscript.

A MULTISITE CROSS-CULTURAL REPLICATION OF UPPER'S (1974) UNSUCCESSFUL SELF-TREATMENT OF WRITER'S BLOCK

ROBERT DIDDEN  
RADBOUD UNIVERSITY NIJMEGEN

JEFF SIGAFOOS  
UNIVERSITY OF TAMMANSIA

MARK F. O'REILLY  
UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN

GIULIO E. LANCIONI  
UNIVERSITY OF BARI

AND

PETER STURMEY  
QUEEN'S COLLEGE, CITY UNIVERSITY OF NEW YORK

Preparation of this article was supported by a grant of \$2.50 from the first author's personal funds. We hope to submit a version of this paper at the next international conference in St. Tropez.

Address correspondence to Robert Didden, Radboud University, Nijmegen, Department of Special Education, PO 9104, 6500 HE, Nijmegen, The Netherlands (e-mail: R.Didden@pwo.ru.nl).  
doi: 10.1901/jaba.2007.773

The consistency between the findings of this multisite cross-cultural replication by Didden, Sigafos, O'Reilly, Lancioni, and Sturmeay and those reported in Upper's now-classic paper on writer's block (Upper, 1974) are remarkable and serve to substantially extend the generality of Upper's findings. The consistency between the editorial opinion of the action editor, Linda LeBlanc, whose reviewer comments are enclosed verbatim parenthetically here ( ) and this paper is equally remarkable. This kind of symmetry is rare in any science and particularly rare in behavior analysis, and

REFERENCE

- UPPER, D. (1974) The unsuccessful self-treatment of a case of "writer's block". *Journal of Applied Behavior Analysis*, 7, 497.

Received July 2, 2007  
Final acceptance July 5, 2007  
Action Editor: Linda LeBlanc

because of it I was compelled to accept the Didden et al. paper without revision. I did not change one word, and this is a first in my tenure as editor. Another virtue of the paper is its awe-inspiring brevity. It is my hope that it will one day serve as the model for Brief Reports in *JABA*. I was reminded of a remark often attributed to Mark Twain, "I am sorry I wrote such a long letter, I did not have time to write a shorter one." In the spirit of that remark, I salute the authors for the time they took to prepare this lovely little paper.—Patrick C. Friman, Editor

Апенскіі паэтычэскі

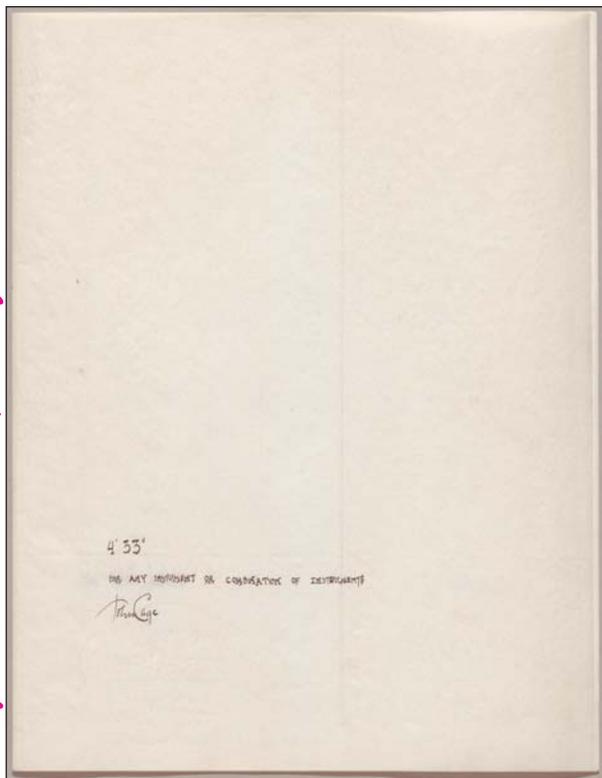


Рис.3. Первая страница авторской партитуры «4'33''» Джона Кейджа (1952 г.) [13]. Можно прослушать пьесу в интерпретации ее первого исполнителя Дэвида Тюдора ([youtu.be/HupmW4Yd7SY](https://youtu.be/HupmW4Yd7SY)) и в переложении для скрипки с оркестром ([www.youtube.com/watch?v=0h-03udImy8&feature=youtu.be](https://www.youtube.com/watch?v=0h-03udImy8&feature=youtu.be)). Есть и другие исполнения и варианты, но они представляются менее интересными. Кейдж задумал пьесу в 1948 г. [14] и работал над ней четыре года — больше, чем над любым другим своим произведением [15, 16].

Как часто бывает в истории науки, у первооткрывателя нового направления были предшественники (рис.3). Однако не следует преувеличивать их заслуг. Например, хотя результат неосознанной прокрастинации Джона Кейджа [13, 14] стал предметом рассмотрения в ряде работ по музыковедению [15, 16] и семиотике [17, 18], он не получил развития и, по большому счету, остался изолированным казусом. Стоит отметить и работы отечественных авторов, входивших в литературную группу «Серрапионовы братья» [19].

Работа Аппера, напротив, до сих пор широко используется, чтобы объяснить прокрастинацию в самых различных дисциплинах, особенно в биоинформатике. Например, в одной из статей говорится: «Since its initial publication..., no comprehensive description [104] of the ViennaRNA Package has

appeared» [20] («104» — ссылка на статью Аппера), а еще в одной: «Very little is known about the transcriptional regulation of gene expression in diatoms (Upper 1974)» [21]. Важное влияние работа Аппера оказала на молодых исследователей по всему миру, что следует из большого числа цитирований в диссертациях, защищенных в ведущих европейских и американских университетах по системной биологии [22], органической химии [23, 24], механике [25], метеорологии [26], общественным наукам [27, 28] и в особенности по наукам о материалах [29–32].

Нет оснований сомневаться, что прокрастинация еще долго будет служить существенным фактором, влияющим на публикационную активность ученых как в России, так и за рубежом, даже несмотря на усилия, в том числе предпринимаемые на государственном уровне [33, 34]. ■

*Автор выражает благодарность сотрудникам своей лаборатории.*

**Работа выполнена без поддержки Российского научного фонда (проект 14-24-00155) и Российского фонда фундаментальных исследований (проект 16-54-21004).**

## Литература

1. Гнедов В. Смерть искусству: Пятнадцать (15) поэм. СПб, 1913.
2. Шапир М.И., Кацис Л.Ф. Подготовка текста и публикация. Василиск Гнедов, «Поэма конца» // Даугава. 1990. №10. С.105.
3. Саханчук О.В. Элементы перформанса в визуальной поэзии 1910-х гг. // Дергачевские чтения — 2011. Русская литература: национальное развитие и региональные особенности: материалы X Всерос. науч. конф. Екатеринбург, 2012. Т.1. С.132–137.

4. Павловец М. «Pars pro toto»: Место «Поэмы Конца (15)» в структуре книги Василиска Гнедова «Смерть искусству» (1913) // Toronto Slavic Quarterly. 2009. №27. sites.utoronto.ca/tsq/27/pavlovec27.shtml
5. Upper D. The unsuccessful self-treatment of a case of «writer's block» // J. Appl. Behav. Anal. 1974. V.7. P.497.
6. Molloy G.N. The unsuccessful self-treatment of a case of «writer's block»: a replication // Perceptual and Motor Skills. 1983. V.57. P.566.
7. Hermann B.P. Unsuccessful self-treatment of a case of «writer's block»: a partial failure to replicate // Perceptual and Motor Skills. 1984. V.58. P.350.
8. Olson K.R. Unsuccessful self-treatment of «writer's block»: a review of the literature // Perceptual and Motor Skills. 1984. V.59. P.158.
9. Skinner N.F., Perlini A.H., Frik L. et al. The unsuccessful group-treatment of «writer's block» // Perceptual and Motor Skills. 1985. V.61. P.298.
10. Skinner N.F., Perlini A.H. The unsuccessful group-treatment of «writer's block»: a ten-year follow-up // Perceptual and Motor Skills. 1996. V.82. P.138.
11. Didden R., Sigafos J., O'Reilly M.F. et al. A multisite cross-cultural replication of Upper's (1974) unsuccessful self-treatment of writer's block // J. Appl. Behav. Anal. 2007. V.40. P.773.
12. McLean D.C., Thomas B.R. Unsuccessful treatment of «writer's block»: a meta-analysis // Psychol. Rep. 2014. V.115. P.276–278.
13. Cage J. 4'33" // Edition Peters, 1960. No.6777.
14. Cage J. A composer's confessions. Éditions Allia. Paris, 2013.
15. Kahn D. John Cage: silence and silencing // The Musical Quarterly. 1997. V.81. N.4. P.556–598. [www.jstor.org/stable/742286](http://www.jstor.org/stable/742286)
16. Gann K. No such thing as silence: John Cage's 4'33". Yale University Press, 2010.
17. Гельфанд М.С. О странных текстах // V Всесоюзная школа молодых востоковедов. М., 1989. Т.2. С.46–49.
18. Гельфанд М.С. Еще раз о странных текстах // Русская альтернативная поэтика. М., 1990. С.95–99.
19. Каверин В. Здравствуй, брат. Писать очень трудно... М., 1965.
20. Lorenz R., Bernhart S.H., Höner Zu Siederdisen C., et al. ViennaRNA package 2.0 // Algorithms Mol. Biol. 2011. V.6. P.26. Doi:10.1186/1748-7188-6-26.
21. Bromke M.A., Hesse H. Phylogenetic analysis of methionine synthesis genes from *Tbalassiosira pseudonana* // Springerplus. 2015. V.4. P.391. Doi:10.1186/s40064-015-1163–1168.
22. Sbabalin A.A. Detection of low rank signals in noise and fast correlation mining with applications to large biological data. University of North Carolina at Chapel Hill, 2010.
23. Chéron N. Approche théorique de la réactivité des isonitriles en chimie organique. Ecole Normale Supérieure de Lyon, 2011.
24. Öbrngren P. Tertiary alcohol- or  $\beta$ -hydroxy  $\gamma$ -lactam-based HIV-1 protease inhibitors: microwave applications in batch and continuous flow organic synthesis // Acta Universitatis Upsalientis. 2011. V.151.
25. Heister T. A massively parallel finite element framework with application to incompressible flows. Georg-August-Universität Göttingen, 2011.
26. Hyvarinen O. Categorical meteorological products: evaluation and analysis. University of Helsinki, 2011 // Finnish Meteorological Institute Contributions. N.90.
27. Kuzmenko T. Essays in residential choice and non-market valuation. Duke University, 2012.
28. Bruijnes M. Believable suspect agents: response and interpersonal style selection for an artificial suspect. University of Twente, 2016.
29. Bubek M. Maskentechnik zur Erzeugung epitaktischer Nanostrukturen und Modifikation der magnetischen Anisotropie von ultradünnen Co/Au(111)-Filmen durch Ionenätzen. Universität Hamburg, 2011.
30. Oster N.T. Generation and characterization of anisotropic microstructures in rare earth-iron-boron alloys. Iowa State University, 2012. Paper 12425.
31. Menke T. Molecular doping of organic semiconductors. A conductivity and seebeck study. Technischen Universität Dresden, 2013.
32. Franke K. Domain wall coupling in ferromagnetic/ferroelectric heterostructures: scaling behaviour and electric field driven motion. Aalto University, 2016 // Doctoral Dissertations 95/2016.
33. Путин В.В. О мерах по реализации государственной политики в области образования и науки. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2012 г. №599. <http://kremlin.ru/acts/bank/35263>
34. Obama B. The American Recovery and Reinvestment Act of 2009. 111th Congress Public Law 5. [www.usda.gov/oig/webdocs/arra\\_update.pdf](http://www.usda.gov/oig/webdocs/arra_update.pdf)

# Великаны в стране пигмеев

Р.К.Расцветаева,

доктор геолого-минералогических наук

Институт кристаллографии и фотоники имени А.В.Шубникова РАН  
Москва

**Б**ор — один из самых легких элементов. Он не относится к числу распространенных в земной коре, но концентрируется в виде минералов, которые иногда образуют крупные месторождения. Бораты чрезвычайно разнообразны кристаллохимически, что обусловлено способностью бора находиться и в тройной, и в четверной координации из атомов кислорода. Ионный радиус бора очень мал, и тетраэдры бора малы по сравнению с тетраэдрами кремния, бериллия, алюминия и других четырех-координированных элементов. В треугольной же координации его ионный радиус еще меньше (0.01 Å), и по размеру плоские В-треугольники сопоставимы с треугольниками углерода и азота. В соединениях  $[\text{BO}_3]^{3-}$ ,  $[\text{BO}_4]^{5-}$  или  $[\text{B}(\text{OH})_4]^-$ -группы могут быть изолированными, а могут и полимеризоваться через мостиковые атомы кислорода подобно кремнекислородным тетраэдрам. Современная классификация делит бораты на островные, цепочечные, слоистые и каркасные. Сейчас расшифровано около 200 структур природных и тысячи синтетических боратов. Они поражают многообразием существующих мотивов.

## Пролог

Однажды собрались друзья — Калий, Кальций, Магний, одновалентно-интеллигентный Натрий, богатырь Стронций, важный барин Барий и мафиозный Марганец. Компания получилась пестрая, но все — большие любители путешествий. Где они только не побывали! Чего только не повидали! Колонны Лабунцовитии и кольца Эвдиалитии, шатры Уранофании и бесконечные стены Ломоносовитии\*... Друзья решили, что смотреть больше нечего, пора и по домам. Вдруг слышат тоненький голосок: «Куда же вы? Вы не были еще в одной стране». Оглянулись они и увидели крошечное создание, раз в 10 меньше Натрия, не говоря уже про Калий и Барий. А создание обрадовалось, что его наконец-то заметили, и представилось Бором, ко-

торый оказался хоть и маленьким, но энергичным (его заряд в три раза больше, чем у великана Калия!). Бор рассказал про свою страну и пригласил в гости. Конечно же, друзья с радостью согласились посетить страну пигмеев — Боратию — и тотчас отправились в путь.

## Серия первая

По дороге Бор рассказывал, что боры живут обычно в тетраэдрах, но некоторые предпочитают треугольники. Взрослым жить в треугольнике тесновато, а малышам — в самый раз, ведь бортики по росту (ученые это называют ионным радиусом) в 10 раз меньше. Да и родителям удобно приглядывать за ребятами, когда они на виду. Кроме того, в треугольных комнатах много света и воздуха, что особенно полезно детям.

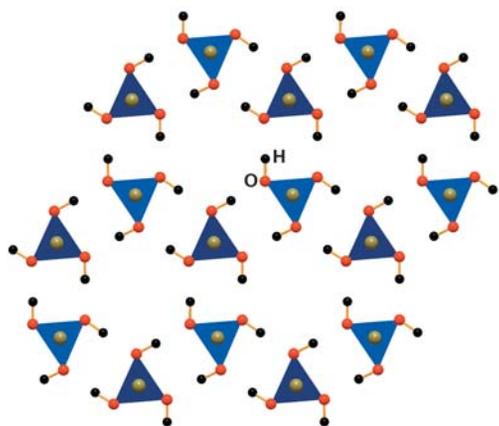
Сославшись на неотложные дела, проводник покинул гостей, предоставив их самим себе. Но друзья уже научились лавировать между всеми этими тетраэдрами и треугольниками, чтобы ненароком не наступить на какого-нибудь достопопеченного бориса или шалунишку борика.

Помещения тетраэдрической формы гости видели и раньше, потому осмотр начали с треугольных комнат, которые и представить себе не могли. Конечно, карбонатный\*\* народ тоже живет в треугольниках, но у них выбора нет. А у бора есть более просторные тетраэдры, и, тем не менее, именно треугольники пользуются особой популярностью в этой стране.

Перво-наперво гости посетили дом-ясли. Бассейнов там не было, но умывальники (гидроксильные ОН-группы по-научному) висели на каждом углу. Треугольные комнаты для прочности привязаны друг к другу невидимыми, но крепкими ниточками (ученые их называют водородными связями), а между этажами действуют и вовсе виртуальные вандерваальсовы силы. Этот дом-ясли для маленьких сосунков так и называется — **сас-солин**, по месту находки в Сассо (Италия). А второе его название знакомо нам с детства — **борная кислота**. Поскольку борятам нужен покой, гости долго не задержались и пошли дальше.

\* См. Расцветаева Р.К. Страна Лабунцовития // Природа. 2002. №4. С.40–42; Царь Эвдиалит и его династия // Там же. 2001. №4. С.63–67; Хан Уран // Там же. 2004. №4. С.33–36; Союз ломоносовитских республик // Там же. 2003. №4. С.14–17.

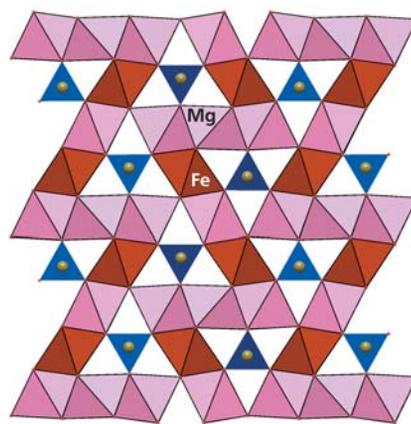
\*\* См. Расцветаева Р.К. Король Кальцит // Природа. 2016. №4. С.56–69.

сассолин  $V(OH)_3$ 

Семейство **людвигита** — опытные строители детских учреждений: яслей, детских садов и школ. Отец семейства, получивший имя в честь австрийского химика из Венского университета Э.Людвига, считал, что проект сассолина слишком легкомысленный и небезопасный. Детишкам нужны надежно защищенные помещения. Он предложил оригинальную и в то же время простую конструкцию. Ее основу составляет каркас из Fe- и Mg-октаэдров, которые соединяются ребрами в зигзагообразные стенки. А в их складках уютно пристраиваются треугольнички, которые всеми своими вершинками опираются на три стенки.

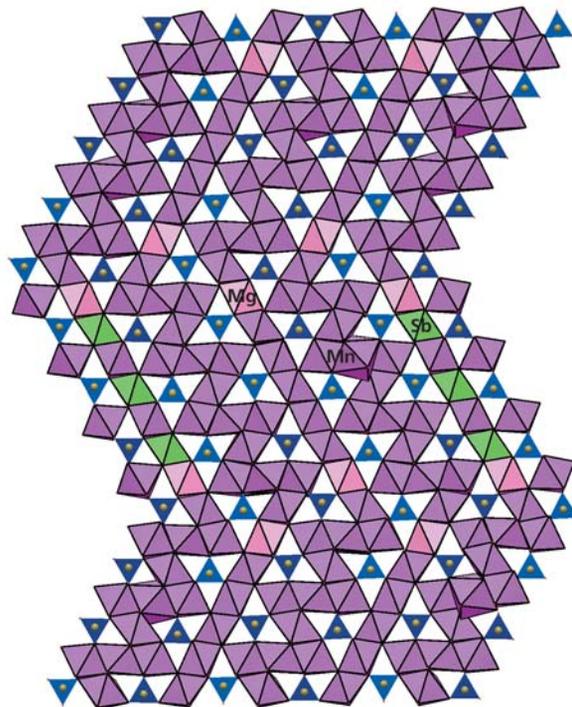
Людвигит гордился чистотой своего состава — только Mg и Fe (кроме бора, конечно). И никаких посторонних примесей (чужаки вносят хаос в семейный уклад). А вот **фредрикссонит**  $Mg_2Mn[BO_3]$ , названный в честь шведско-американского геохимика и метеоритчика К.Фредрикссона, чтобы отличаться, заменил Fe на Mn. **Бонаккордит**  $Ni_2Fe[BO_3]$ , названный по месту находки в области Бон-Аккорд Трансваала (ЮАР), заменил Mg на Ni. Это был смелый шаг. Но сделал он его не по своей воле. Во всем виноват обогащенный никелем метеорит, который воздействовал на минерал температурой  $\sim 730^\circ C$  и давлением 2 кбар. Кто ж устоит в таких условиях? **Вонсенит**  $Fe_2^2Fe^{3+}[BO_3]$ , названный в честь минералога из США М.Вонсена, соблюдал правила людвигита, но перегнул палку и построил жилище из чистого Fe. Правда, он уверял, что его Fe разных сортов — двух- и трехвалентное, но кто увидит такое различие? Строение получилось скучное и мрачноватое. Не спасло репутацию и то, что ученые обещали ему электрическую проводимость (правда, с сильной температурной зависимостью). Неудивительно, что другие посмеялись над вонсенитом и пустились во все тяжкие.

Взять хотя бы **азопроит**, названный в честь AZOPRO (Международной организации по изучению глубинных зон земной коры). Мало того что Mg и Fe у него перемешались, он добавил к ним еще и Ti —  $(Mg,Fe)_2(Fe,Ti,Mg)[BO_3]$ . Не лучше обстоят дела и с такими членами семейства, как **чес-**

людвигит  $Mg_2Fe[BO_3]$ 

**терманит**  $Mg_2(Fe,Mg,Al,Sb)[BO_3]$  и **янфулит**  $Mg_2(Fe,Mg,Al,Ti)[BO_3]$ . Чего только нет в их составе. Они любят приглашать многочисленных гостей, а потом ломают голову, как их разместить.

Чтобы всех обустроить, в честерманите увеличили размеры апартаментов в два раза и в ширину, и в длину. **Такеутиит**  $Mn(Mn,Fe,Mg,\square)_2[BO_3]$  увеличил ширину своего жилища в два раза, а длину — в три. Но его переплюнул **благгерит**, который подмешал к Mg и Mn сурьму и при той же удвоен-

благгерит  $Sb_3Mn_9(Mn,Mg)_{35}[BO_3]_{16}$ 

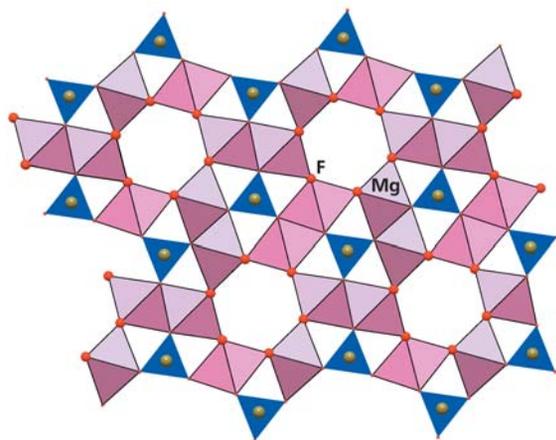
ной ширине удлинил помещение в четыре раза. Некоторые члены семейства отличились не только размерами, но и видом строений, меняя в стенках количество зигзагов. Если у людвигита в стенке три октаэдра чередуются с одним зигзагом, то в **ортопинакиолите**  $(Mg,Mn)_2Mn[BO_3]$  пять ок-

Австрийский факунгематик

таэдров чередуются с двумя зигзагами. В такеутиите с таким же набором катионов — семь октаэдров и три зигзага. Но всех опять превзошел блаттерит, в котором девять октаэдров и четыре зигзага! **Пинакиолит**  $(\text{Mg}, \text{Mn})_2(\text{Mn}, \text{Sb})[\text{BO}_3]$  увеличил и количество октаэдров, и количество зигзагов до бесконечности. Вместо одной стенки у него получились две — ровная и зигзагообразная. Из-за такой перестройки кристаллы стали плоскими. Отсюда и его название — с греческого переводится как «мелкие пластинки». Ну, а треугольничкам это не повредило, и они по-прежнему уютно разместились между октаэдрами двух стенок. **Халсит**  $(\text{Fe}, \text{Mg})_2(\text{Fe}, \text{Sn})[\text{BO}_3]$  и его родственник **магнезиохалсит**  $(\text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{Fe}, \text{Sn})[\text{BO}_3]$  последовали примеру пинакиолита, но намешали Fe с Mg в одних октаэдрах и Fe с Sn — в других.

**Варвикит**  $(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{TiO}[\text{BO}_3]_2$ , названный по месту находки близ г.Уорика в США, решил вообще обойтись без зигзагов. Строение получилось хотя и похожее на людвигитовое, но без поперечных перегородок. При этом освободилось место, и в каждом помещении оказалось по два треугольника, чему бортики были рады. Им теперь не так скучно, и они могут шалить пуще прежнего. Вдобавок здание осветили ферроэлектричеством.

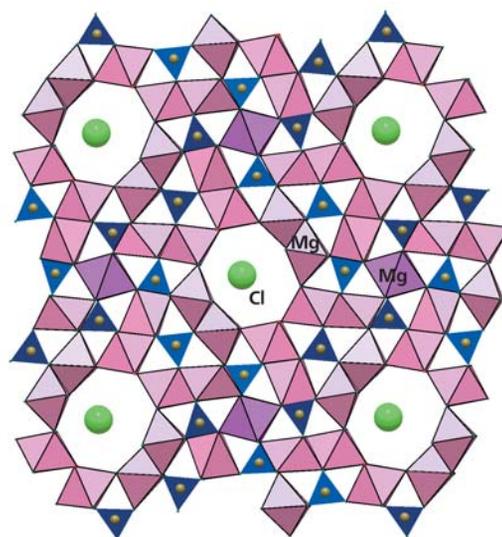
Для удешевления проекта **флюоборит** решил сэкономить на стенках. Из четырех октаэдров он



флюоборит  $\text{Mg}_3\text{F}_3[\text{BO}_3]$

оставил два, и стенки превратились в сдвоенные колонки из Mg-октаэдров, соединенных F-ребрами. Колонны вершинами объединились в каркас с каналами треугольной формы, как раз подходящими для треугольников. В каркасе параллельно каналам есть еще крупные шестиугольные колодцы. Но они пустые. В них нет даже воды.

Еще больше сэкономил **карлит**, названный в честь немецкого профессора минералогии и петрографии Ф.Карла, заменив часть сдвоенных колонок из Mg-октаэдров одинарными. Некоторым треугольничкам стало тесно, и они вынуждены были прижаться ребром к колонне. Зато в помещениях разместилось больше треугольников. А в шести-

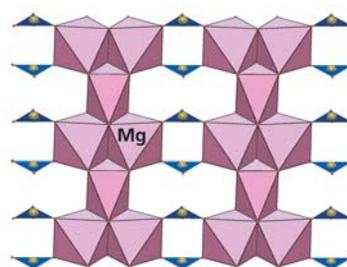


карлит  $\text{Mg}_7[\text{BO}_3]_3(\text{OH})\cdot\text{Cl}$

угольные колодцы насыпали хлор на случай эпидемии, возможной при такой скученности.

**Еремеевит**  $\text{Al}_6(\text{BO}_3)_5(\text{F}, \text{OH})_3$ , названный в честь нашего земляка — русского минералога и кристаллографа П.В.Еремеева, заменил Mg на Al. Но алюминия не хватило на целые колонки, и местами они стали одинарными и неустойчивыми. Не помогло и то, что вместо утраченных октаэдров перпендикулярно к основным поставили подпорки из дополнительных V-треугольников. Но жить в них вниз головой никому неохота. **Пейнит**  $\text{CaZrAl}_9\text{O}_{15}[\text{BO}_3]$  назван в честь А.К.Д.Пейна — коллекционера драгоценных камней, который первым распознал этот минерал. Пейнит взял проект флюоборита, но не стал экономить на здоровье детишек. Ради их безопасности он зацементировал колодцы Ca, а треугольные каналы из Al-октаэдров перегородил дорогостоящими Zr-девятивершинниками. В элитных яслях все должно быть по высшему разряду, хотя при этом количество посадочных мест для треугольников сократилось втрое. **Витманит**  $\text{Mg}_5[\text{BO}_3](\text{O})(\text{OH})_3$ , названный в честь Р.Х.Витмана — директора цементной компании в Калифорнии, тоже не стал экономить, наоборот, увеличил толщину некоторых колонок, шестиугольные же колодцы заполнил водой.

**Котоит** назван в честь японского геолога Б.Кото из Токийского университета. Неудивитель-

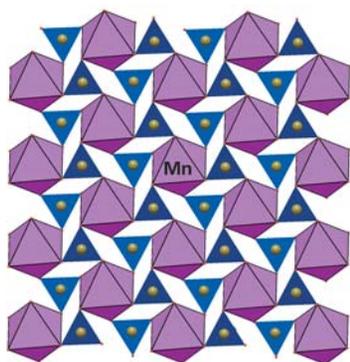


котоит  $\text{Mg}_3[\text{BO}_3]_2$

Древнейший факкультатив

но, что минерал создал проект для университета с массивными колоннами из соединенных ребрами Mg-октаэдров. Колонны располагались в шахматном порядке и соединялись между собой как ребрами октаэдров, так и вершинами треугольников, которые в бесконечных тоннелях оказались зажатými четырьмя колоннами. Студентам не сбежать, остается прилежно учиться. **Джимбоит**  $Mn_3^{2+}(BO_3)_2$ , названный в честь К.Джимбо — основателя Минералогического института в Токийском университете, построил такой же пансионат для подростков, но с колоннами не из Mg, а из Mn.

**Норденшельдин**  $CaSn(BO_3)_2$  (названный в честь знаменитого шведского минералога и путешественника Н.А.Э.Норденшельда) и **тусионит** (носящий имя р.Тусион в горах Памира) не стали замо-



тусионит  $MnSn(BO_3)_2$

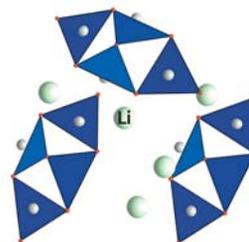
рачиваться и строить стенки или колонны из октаэдров. Они взяли пример с доломита\* и просто поставили октаэдры в шахматном порядке, объединив их вершинами в каркас, а в пределах этажа соединили октаэдры треугольниками. Этажи отличались друг от друга составом октаэдров, а от доломита — еще и бором вместо углерода. Борята полюбили тусионитовый детский сад, где они могли свободно тусить и весело проводить время.

Для двойняшек предусмотрели особые ясли, где треугольные помещения соединены друг с другом вершинкой. В таких двухместных треугольниках  $[B_2X_5]$  удобно присматривать сразу за двумя малышами.

Близкие по составу друзья и родственники **суанита**  $Mg_2[B_2O_5]$  — все сплошь магниевые, кальциевые и марганцевые, причем катионов в них столько же, сколько и треугольников. Тем не менее они умудрились создать разнообразные постройки. Сам суанит, названный по месту находки в округе Суан Северной Кореи, построил четырехрядные ленты из Mg-октаэдров, соединенных ребрами. **Курчатовит**  $CaMg[B_2O_5]$ , названный в честь советского физика И.В.Курчатова, как и его родственник **клинокурчатовит**, объединил Mg-октаэдры не ребрами, а вершинами, и не в ленты, а в слой. Ред-

кий **ссайбелиит**  $Mg_2(OH)[B_2O_4(OH)]$  (устаревшее **ашарит**, не путать с неустаревшим ашанитом — окислом ниобия) назван в честь С.Сайбели — венгерского горного служащего, нашедшего этот минерал. В своем проекте ссайбелиит использовал идеи суанита и курчатовита: Mg-октаэдры через общие ребра связываются в двоянные ленты, которые развернуты относительно друг друга, и объединяются вершинами в слой. **Суссексит**  $Mn_2(OH)[B_2O_4(OH)]$  назвали по месту находки в округе Сассекс (США). Вместе со своим родственником **магнезиосуссекситом**  $(Mg, Mn)[BO_2(OH)]$  он воспользовался проектом ссайбелиита, заменив Mg на Mn. Ну а роль двоянных треугольников всюду одна — объединять ленты и слои. Заметим, что в каждой паре один треугольник вершинами цепляется за октаэдры своей ленты (слоя), а другой — за октаэдр соседней ленты (слоя).

**Диомигнит** с греческого переводится как «божественная смесь». Он решил объединить сразу

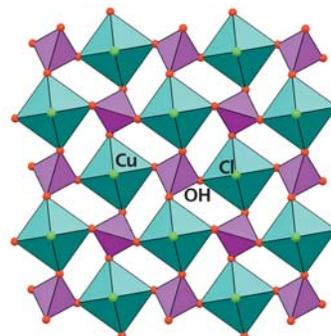


диомигнит  $Li_2B_4O_7$

четыре треугольника. Получилась несколько громоздкая, хотя и оригинальная конструкция  $[B_4X_7]$ . Но этот смелый проект не имел последователей. Оставить четверых детишек под присмотром легковесного Li мало кто решится.

## Серия вторая

Гости закончили осмотр детских учреждений, и теперь их интересовали жилища студентов и прочих холостяков. Однокомнатные квартиры тетраэдрической формы, конечно, не очень просторные, но достаточно удобные для одиноких. Как, например, в **бандилите**, который не служит пристанищем бандитов, а назван в честь амери-



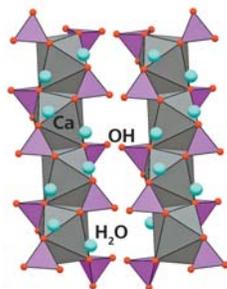
бандилит  $Cu[B(OH)_4]Cl$

\* См.: Расцветаева Р.К. Король Кальцит // Природа. 2016. №4. С.56–69.

канского горного инженера и коллекционера минералов М.Ч.Банди. Типовой проект общежития содержит колонны из связанных Si-вершинами Si-октаэдров. Медные колонны, располагаясь в шахматном порядке, по четыре объединяются вершинами тетраэдров, которые различаются лишь разворотами относительно друг друга. Здание с бесконечными коридорами скучновато, но гигиенично. В каждой комнате по четыре умывальника (ОН-группы), а колонны дезинфицируются хлором.

Проект с колоннами создал и **синхалит**  $MgAl[BO_4]$ , названный по месту находки близ Синхала (старосанскритское название Цейлона, а ныне Шри-Ланки). Но колонны здесь из Al-октаэдров. В одном направлении они объединяются через ребра и вершины тетраэдров, а в другом — через слой из Mg-октаэдров. Очень редкий **бехиерит**  $Ta[BO_4]$  назван в честь своего открывателя — французского минералога из геологической службы Мадагаскара Дж.Бехиера. Минерал использовал еще более дорогостоящий и редкий материал — тантал. Крупные Ta-восьмивершинники ребрами соединяются в зигзагообразные колонки, а в местах соприкосновения каждые вторые полиэдры соседних колонок объединяются ребрами в слой с шестичленными петлями. Соседние слои, в свою очередь, объединяются ребрами полиэдров в плотный каркас. Казалось бы, такое сооружение не нуждается в дополнительном укреплении, но бехиерит зачем-то привлек еще тетраэдры, которые ребрами соединяются с полиэдрами соседних колонок и перегораживают каналы каркаса. Зато в **типлите**  $Na_2Cl[V(OH)_4]$ , названном в честь американского химика Дж.Э.Типла, нет никаких колонн, а слои из соединенных ребрами Na-октаэдров объединяются вершинами тетраэдров двух ориентаций в единую постройку.

Колонны **гексагидроборита** состоят из крупных Ca-восьмивершинников, соединенных ребра-



гексагидроборит  $Ca[V(OH)_6]_2 \cdot (H_2O)_2$

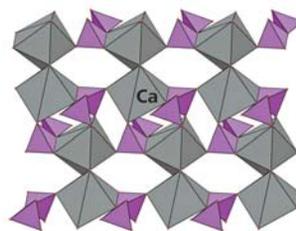
ми. Массивные колонны с двух сторон обвешаны тетраэдрами, которые просто прилепились к ним ребрами. Колонны не связаны друг с другом (если не считать водородных связей в одном направлении от свободных молекул воды, налитой между колоннами, а в другом — от ОН-групп в свободных вершинах тетраэдров). Предназначение таких строний непонятно. Они не похожи ни на

жилые, ни на учебные помещения. Возможно, это мрачные сырые казематы — места отбывания наказания за незначительные правонарушения.

В **хенмитите**  $Ca_2Cu(OH)_4[V(OH)_4]_2$ , названном в честь сразу двух персон — профессора К.Хенми и его дочери Ч.Хенми из японского университета, такие же колонны из Ca-восьмивершинников, но они соединяются друг с другом в одном направлении тетраэдрами, а в перпендикулярном — плоскими Si-квадратами. Система H-связей многочисленных ОН-групп дополнительно укрепляет всю постройку.

**Фроловит**  $Ca[V(OH)_4]_2$  назван не в честь какого-то Фролова, а по месту находки в меднорудном месторождении Новофроловском на Северном Урале. Минерал решил сэкономить цемент, и его не хватило на колонны. Ca-восьмивершинники соединяются попарно по ребру, а между собой пары объединяются ребрами и вершинами тетраэдров в слой, который держится лишь H-связями ОН-групп.

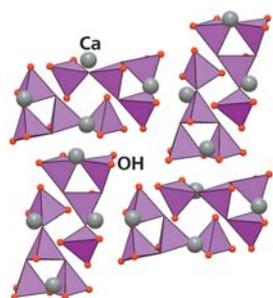
Тетраэдрические помещения тоже стали объединять попарно  $[V_2X_7]$ , по три и даже по четыре. **Пентагидроборит** назван по составу, но ошибочному (на самом деле он содержит две молекулы во-



пентагидроборит  $Ca[V_2O(OH)_6]_2 \cdot 2H_2O$

ды на формулу, а не пять). Ca-семивершинники образуют пары, соединяясь по ребру, которые, располагаясь в шахматном порядке, объединяются тетраэдрами, тоже спаренными, в слои. Один тетраэдр соединяется со своим Ca-полиэдром ребром, а с чужим — вершиной. Второй же — только вершиной и со своим, и с чужим. Слои объединяются H-связями ОН-групп в тетраэдрах и  $H_2O$  в семивершинниках. Магниевый товарищ пентагидроборита, **пинноит**  $Mg[V_2O(OH)_6]$ , названный в честь О.Пинно — главного члена Совета рудников в Галле (Германия), не стал объединять Mg-октаэдры в пары, а соединил их друг с другом парами тетраэдров. Каждый тетраэдр своими тремя свободными вершинами цепляется за три октаэдра, создавая из четырех октаэдров каркас.

**Нифонтовит**  $Ca_3[V_3O_3(OH)_6]_2 \cdot (H_2O)_2$ , названный в честь советского геолога Р.В.Нифонтова, и **ольшанскиит**  $Ca_2[V_3O_3(OH)_6](OH)(H_2O)_3$ , носящий имя геохимика из Москвы Я.И.Ольшанского, приобрели трехкомнатную квартиру  $[V_3X_9]$  в виде кольца из трех тетраэдров. Они использовали Ca-восьмивершинники, соединив их ребрами в колонки, которые по ребрам и вершинам объединили кольцами в каркас.

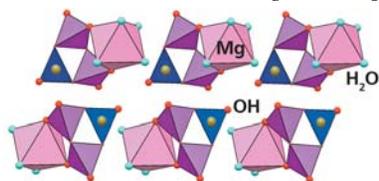


уралборит  $\text{Ca}[\text{B}_4\text{O}_4(\text{OH})_2]$

**Уралборит** назван одновременно и по месту находки на Урале, и по составу. Он использовал нифонтовитовое кольцо, но прицепил к нему еще один тетраэдр в виде ручки ковша. Гости были озадачены: «Зачем он это сделал?». Им объяснили, что в стране Боратии есть своя бордума, в которой заседают бордепы. Слуги народа вселились в специально построенный для них дом с квартирами из четырех тетраэдров  $[\text{B}_4\text{X}_{12}]$ , а чтобы ни у кого не было сомнений, что народные депутаты приехали прямо из шахт защищать интересы простых борян, их квартирам придали форму экскаваторных ковшей. И хотя полномочия некоторых депутатов давно истекли, они не собираются уезжать из столицы. Для большей прочности ковшовые блоки зацементировали Ca-восьмивершинниками, сцепленными ребрами друг с другом.

### Серия третья

Как бы ни была велика забота о подрастающем поколении в Боратии, взрослое население нуждалось в проектах для семейных пар, где предусматривались бы жилища для совместного проживания взрослых и детей. Гибридные проекты создавались на все вкусы и потребности. Особой популярностью пользовалось строение в виде кольца из двух тетраэдров и одного треугольника. Это типовая квартира  $[\text{B}_3\text{X}_6]$  для двух взрослых и одного борика. Именно такой вариант первым опробовал **индерит**, названный по месту находки у оз.Индер в Западном Казахстане. Кольца и Mg-октаэдры верши-



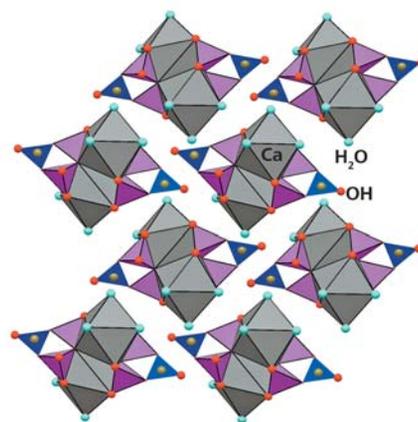
индерит  $\text{Mg}[\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_2](\text{H}_2\text{O})_2$

нами соединяются в изолированные коттеджи, которые удерживаются вместе Н-связями OH-групп и молекул воды. В укреплении связи между коттеджами участвует и бассейн (свободная молекула воды) между ними.

**Курнаковит**  $\text{Mg}[\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_2](\text{H}_2\text{O})_2$ , названный в честь советского минералога и химика Н.С.Кур-

накова, придумал, как отличаться от индерита, имеющего такой же состав (ученые называют их диморфами). Он объединил коттеджи вершинами кольцевых тетраэдров. Получившиеся цепочки попарно развернул треугольниками навстречу друг другу. Связь между цепочками двойная: за счет OH-групп в вершинах треугольников и молекул воды — в вершинах октаэдров, а между спаренными цепочками — только за счет свободных молекул воды.

Кальциевый собрат (точнее соборат) **иниоит**, названный по месту находки в округе Инью



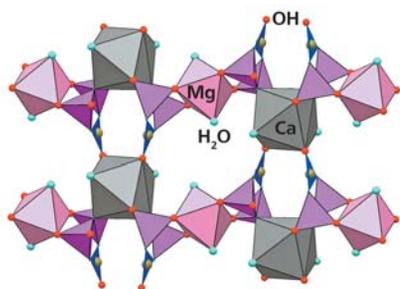
иниоит  $\text{Ca}[\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_2](\text{H}_2\text{O})_2$

(США), также объединил коттеджи, но не магниевые, а кальциевые, и не в цепочку, а попарно — через ребро Ca-восьмивершинников. Тетраэдры колец прилепились к крупным полиэдрам тоже ребрами. Громоздкие коттеджи (по-научному — гетерополиэдрические кластеры) располагаются в шахматном порядке и соединяются Н-связями OH-групп и молекул воды.

**Мейергофферит**  $\text{Ca}[\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_2]\text{H}_2\text{O}$ , названный по имени немецкого химика В.Мейергоффера, который его синтезировал, использовал двойные коттеджи иниоита, но объединил их ребрами Ca-полиэдров в громоздкие зигзагообразные колонны, к которым каждое В-кольцо прикрепил не только ребрами тетраэдров, но и вершиной треугольников. **Солонгоит**  $\text{Ca}_2[\text{B}_3\text{O}_4(\text{OH})_4]\text{Cl}$ , названный по месту находки в месторождении бора Солонго в Бурятии, состоит из тех же колонок реберносвязанных Ca-полиэдров, но двух типов — с хлором и без хлора. К тому же колонки ребрами и вершинами объединяются в стенки (пришлось вдвое увеличить количество Ca), которые, в свою очередь, сцепляются друг с другом через вершины треугольников.

**Индерборит** назвали, как и индерит, по месту находки у оз.Индер, но чтобы их не пугали, добавили к названию состав. И зря, ведь индерит тоже борат. А отличаются они тем, что индерборит наполовину магниевый, а наполовину кальциевый. Неудивительно, что он унаследовал индеритовые коттеджи на базе Mg-октаэдров и добавил к ним

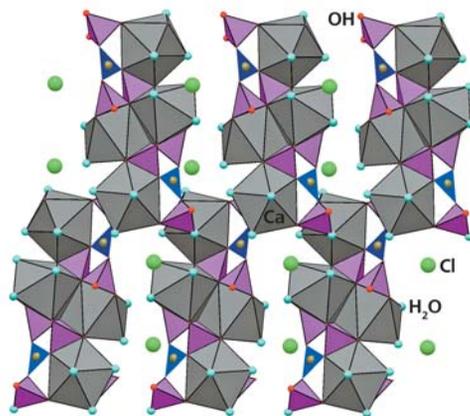
Дипломатский фракцистатив



индерборит  $\text{CaMg}[\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_5]_2(\text{H}_2\text{O})_6$

иниоитовые, но на основе одинарных Ca-восьми-  
вершинников. Чередую строения, он объединил  
их в цепочку: кальциевые — через ребра тетраэ-  
дров, магниевые — через вершины. Зигзагооб-  
разные цепочки параллельны друг другу и связы-  
ны вершинами треугольников и Ca-полиэдров сосед-  
них цепочек в дырявую стенку. Зато обошлось без  
дополнительных затрат на цементный материал.  
H-связи объединили стенки друг с другом.

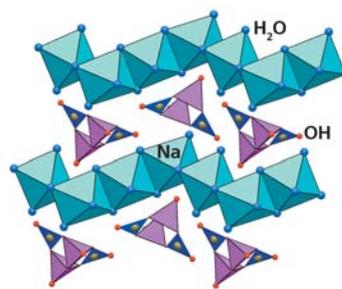
Есть семьи, для которых и трехкомнатная  
квартира недостаточна (например, бабушке тоже  
нужна комната). Редкий сезонный **гидрохлорбо-**  
**рит** образуется при выпаривании в сухой сезон  
(а растворяется в воде медленно при 23°C). Он



гидрохлорборит  $\text{Ca}_2[\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_4][\text{VO}(\text{OH})_3]\text{Cl}(\text{H}_2\text{O})$

взял за основу иниоитовый блок из двух Ca-вось-  
мивершинников, соединенных ребром, но увлек-  
ся и с двух сторон к нему подвесил еще два оди-  
ночных Ca-полиэдра. Громоздкие линейные кот-  
теджи расположил в шахматном порядке и соеди-  
нил между собой в цементную стену через верши-  
ны концевых полиэдров. Однако стена нуждалась  
в укреплении, и на помощь пришел уникальный  
блок  $[\text{B}_4\text{X}_9]$  из индеритового кольца. К его тре-  
угольнику и присоединили третий тетраэдр —  
комнату для бабушки. А стенки, как водится, скре-  
пили H-связями, а вдобавок и атомами Cl, кото-  
рый не входит в Ca-полиэдры. Другой типовой  
проект рассчитан на семью с двумя бориками.  
И опять пригодились индеритовые кольца.

**Бура** происходит от персидского «бурах» или  
арабского «бурак», что в переводе означает «бе-



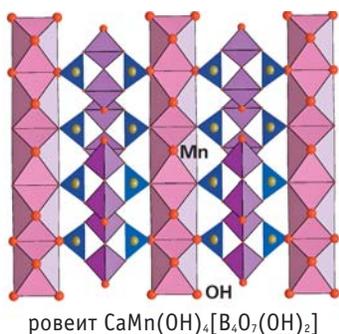
бура  $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4](\text{H}_2\text{O})_3$

лый». При выпаривании соляных озер она обра-  
зует кристаллы белого цвета. В ее проекте окру-  
женный водой Na соединяется ребрами своих ок-  
таэдров в цепочки, между которыми расположи-  
лись коттеджи  $[\text{B}_4\text{X}_9]$  из двух тетраэдров и двух  
треугольников. Они удерживаются, как виллы на  
берегу океана или кафе на пляжах, за счет водо-  
родных связей от бесчисленных молекул воды,  
разбросанных между волнообразными Na-цепоч-  
ками. Проголодавшиеся гости заглянули в кафе,  
которое так и называлось — «Бура». Никто из них  
не знал, откуда пошло это название: то ли от ло-  
зунга «**Будущее работаем!**», то ли «**Борам ура!**».  
Но служащие кафе трактуют его как «**Будем ра-**  
**ды**». Кафе оказалось уютным. Изолированные ка-  
бинки рассчитаны на четыре посадочных места  
из двух тетраэдров и двух треугольников. Сюда  
ходят семьями.

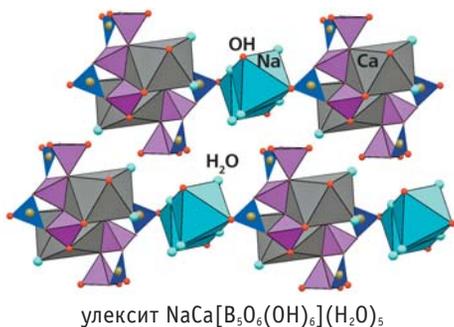
Близкого родственника буры **тинкалконита**  
 $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4](\text{H}_2\text{O})_3$ , получившего имя от tincal —  
санскритского названия буры и греческого  
kouia — «порошок», видят повсюду, где есть вы-  
сыхающие озера. В его структуре октаэдры Na по  
ребру и вершинам соединяются в гофрированные  
слои с крупными шестичленными петлями, а со-  
седние слои гранями выступающих октаэдров  
объединяются в каркас. В его крупных полостях  
блоки  $[\text{B}_4\text{X}_9]$  вершинами треугольников и тетраэ-  
дров дополнительно соединяют Na-октаэдры. Тес-  
ная структурная и химическая связь с бурой —  
причина того, что при 20–25°C и 60% относитель-  
ной влажности оба минерала быстро и обратимо  
превращаются друг в друга.

**Хангчаонит**  $\text{Mg}[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4](\text{H}_2\text{O})_7$  назван в честь  
китайского геолога С.Ханг-чао. Его блоки  $[\text{B}_4\text{X}_9]$  свя-  
заны вершиной тетраэдра с изолированными Mg-  
октаэдрами в коттеджи (по-научному — молекуляр-  
ный комплекс), которые соединяются H-связями.

Такие же блоки использовали **ровеит**, назван-  
ный в честь американского коллекционера мине-  
ралов Дж.Роуи, и его магниевый родственник **фе-**  
**доровскит**  $\text{CaMg}(\text{OH})_4[\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4]$ , которого на-  
звали в честь советского минералога Н.М.Федоро-  
ва. Они построили плоские слои из Mn(Mg)-окта-  
эдров, соединив их ребрами и вершинами. Слой  
объединяется вершинами треугольников в каркас,  
в котором есть полости и для дискретных Ca-вось-  
мивершинников, цементирующих постройку.



**Улекситу**, семья которого включает двух бориков и бабушку, пришлось из двух индеритовых колец соорудить пятикомнатную квартиру  $[\text{B}_5\text{X}_{12}]$ . Минерал назван в честь своего открывателя, не-



мецкого химика Г.Л.Улекса. Квартира построена из трех тетраэдров и двух треугольников. В ней используются два типа колонок из соединенных по ребрам полиэдров: зигзагообразная (из Ca-восьмивершинников) и прямая (из Na-октаэдров). Ca-полиэдры увешаны блоками  $[\text{B}_5\text{X}_{12}]$ , с которыми соединяются через ребра двух тетраэдров и вершину третьего, а Na-октаэдры сцепляются с блоками только вершинами треугольников. Причудливые слои держатся лишь Н-связями. Хотя блоки в постройках улексита, хангчаюита, индерита и курнаковита разные, в их основе лежит индеритовый В-блок. Они все присутствуют в одном растворе и могут переходить друг в друга.

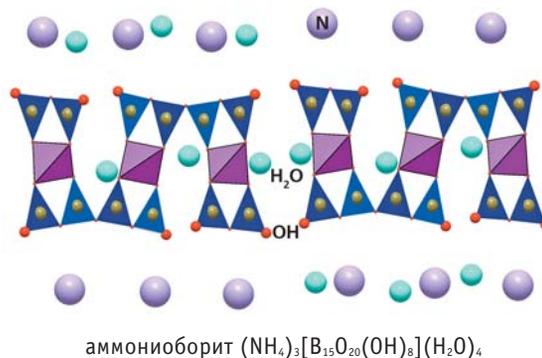
Если взрослых трое (включая бабушку или дедушку), то можно справиться и с тремя сорванцами. **Аксаит**  $\text{Mg}[\text{B}_6\text{O}_7(\text{OH})_6](\text{H}_2\text{O})_2$ , названный по месту находки близ г.Акса в Казахстане, использовал три индеритовых кольца, соединив в общей вершине три тетраэдра, попарно стянутых тремя треугольниками. Этот блок  $[\text{B}_6\text{X}_{13}]$  связывает Mg-октаэдры в цепочки. Каждый октаэдр соединяется с одним блоком через вершины тетраэдров, а с другим — через вершину треугольника. Цепочки объединяются Н-связями, с участием OH и  $\text{H}_2\text{O}$ . У родственника аксаита — **макэлистерита**  $\text{Mg}_2[\text{B}_6\text{O}_7(\text{OH})_6]_2(\text{H}_2\text{O})_9$ , названного в честь американского геолога Дж.Ф.Мак-Элистера из Геологической службы США, который его и нашел, — такой же состав. Он позаимствовал у аксаита В-блок и присоединил ребрами тетраэдров к Mg-октаэдру в виде коттеджа. Но из-за обилия воды коттед-

жи не смогли объединиться. Конечно, трое детишек ведут себя, как макаки, и лишние бассейны вокруг не лишние. Но когда наступает жара (все-го-то  $600^\circ\text{C}$ !) и все бассейны высыхают, детям заняться нечем и они приводят дом в полный упадок (ученые говорят, что кристалл аморфизуется). **Ривадавиту**  $\text{Na}_6\text{Mg}[\text{B}_6\text{O}_7(\text{OH})_6]_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  повезло быть названным в честь первого президента Аргентины и покровителя минералогических исследований Б.Ривадавии. Но структура его неизвестна. Можно только предполагать, исходя из малого количества воды на душу (Mg+Na)-катиона и большого количества катионов, что блоки  $[\text{B}_6\text{X}_{13}]$  объединяют Mg- и Na-октаэдры в каркас.

Взрослый в тетраэдре, а борята в треугольниках — такой вариант помещения удобен и для няни, и для матери-одиночки с двумя детишками. **Амегинит**  $\text{Na}[\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_4]$  назван в честь сразу двух аргентинских геологов — братьев Карлоса и Флорентино Амегино. Na-октаэдры в нем объединяются ребрами в пары, а затем кольцами  $[\text{B}_3\text{X}_7]$  — в каркасную постройку (конечно же, при участии Н-связей), причем октаэдр имеет общее ребро с тетраэдром, а общую вершину — с треугольником.

**Сборджит**  $\text{Na}[\text{B}_3\text{O}_6(\text{OH})_4](\text{H}_2\text{O})_3$  назвали в честь итальянского химика, профессора У.Сборджи из Миланского университета. Сборджит, чтобы обеспечить жильем многодетных матерей-одиночек, решил объединить два амегинитовых кольца и преуспел в этом. Блок  $[\text{B}_5\text{X}_{10}]$  состоит из одного тетраэдра и четырех треугольников. Общим для двух колец стал тетраэдр в центре блока. Na-полиэдры соединяются в шатковую трехмерную постройку через ребро одного треугольника и вершину другого. Еще большая проблема возникла у очень редкого **сантита**  $\text{K}[\text{B}_3\text{O}_6(\text{OH})_4](\text{H}_2\text{O})_2$  из fumarol, названного в честь итальянского натуралиста Дж.Сантита — директора музея естествознания в Пизе. С помощью тех же блоков ему пришлось объединить более крупные K-восьмивершинники, ребра которых с трудом приспособляются к ребрам мелких треугольников.

**Аммонийборит** из fumarольных лагун взял за основу В-блок сборджита, соединил его с двумя соседними вершинами треугольников и получил самый сложный В-блок из 12 треугольников и трех тетраэдров  $[\text{B}_{15}\text{X}_{28}]$ . Такой проект очень удобен для



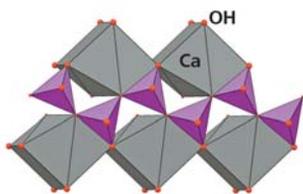
Дипломатский факультет

пионерских лагерей, где вожатые присматривают за ребятами и выстраивают их в линейку. Вокруг лагерной территории нет никаких октаэдров, много воздуха и воды. Соединяются блоки исключительно Н-связями NH<sub>4</sub>-групп, OH-групп и H<sub>2</sub>O.

### Серия четвертая

Индивидуальные коттеджи — излюбленный тип помещений для всех борян, однако не всем они по карману. Экономичнее в строительстве и в обслуживании многоквартирные дома, связанные общей системой коммуникаций, например В-цепочкой.

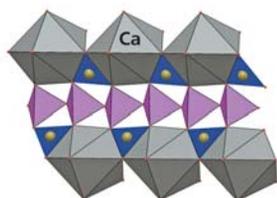
**Вимсит** из Новофрловского месторождения, названный в честь 50-летия ВИМСа (Всероссийско-



вимсит Ca[B<sub>2</sub>O<sub>2</sub>(OH)<sub>4</sub>]

го института минерального сырья), выбрал самый простой вариант. Он заимствовал сдвоенные тетраэдры пентагидроборита и соединил их вершинами в пироксеноподобную цепочку [B<sub>2</sub>X<sub>6</sub>]. Са-призмы сцепил ребрами в колонки, которые соединил В-цепочками через общие ребра и вершины тетраэдров.

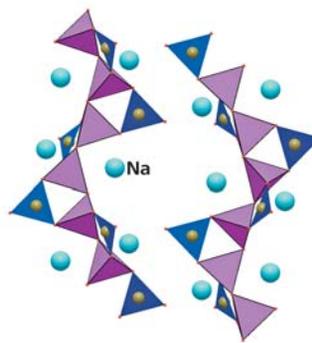
Однако более разнообразными и востребованными оказались В-цепочки из индеритовых колец, состоящих из двух тетраэдров и одного треугольника. **Кальциборит** взял на вооружение проект, в котором индеритовые противоположно



кальциборит Ca[B<sub>2</sub>O<sub>4</sub>]

ориентированные кольца соединились так, что у них один тетраэдр был общим. Связанные вершинами Са-восьмигранники образовали колонны, в которых треугольники оказались зажатыми между соседними полиэдрами, а тетраэдры, выстроившись в ряд, объединили колонны в слой и далее — в каркас.

По такому же принципу построил В-цепочку и **кернит**, названный по месту находки в округе Керн (США). Он, так же как и вимсит, использовал индеритовые кольца, объединяя их через общий тетраэдр. Ему не понравились прямые цепочки, выстроившиеся, как на параде, и свою он сделал изящно изогнутой, к тому же удобной для объеди-

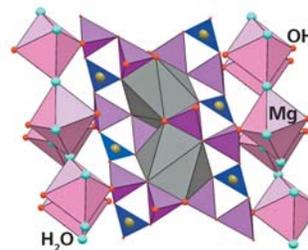


кернит Na<sub>2</sub>[B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(OH)]<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>3</sub>

нения Na-октаэдров и Na-пятигранников. Состав кернита такой же, как у буры и тинкалконита, а отличается лишь меньшим количеством воды. Хотя блок [B<sub>4</sub>X<sub>9</sub>] у них одинаковый, его форма в керните другая, и степень полимеризации тоже. Этим объясняется быстрое и обратимое взаимное превращение буры и тинкалконита и более трудное их превращение в кернит.

**Колеманит** Ca[B<sub>3</sub>O<sub>4</sub>(OH)<sub>3</sub>](H<sub>2</sub>O), названный в честь У.Т.Колемана — американского коммерсанта, основателя бородобывающей промышленности в Калифорнии, — распространен во многих засушливых районах мира. Вместе со своим братом по составу — **ярандолитом** Ca[B<sub>3</sub>O<sub>4</sub>(OH)<sub>3</sub>] — они разработали проект, в котором не стали экономить на тетраэдрах. Из индеритовых колец, скрепив их напрямую через вершины треугольника и тетраэдра, братья соорудили зигзагообразные цепочки [B<sub>3</sub>X<sub>7</sub>].

**Гидроборацит** построил из индеритовых колец такие же цепочки [B<sub>3</sub>X<sub>7</sub>]. Однако ему показалось



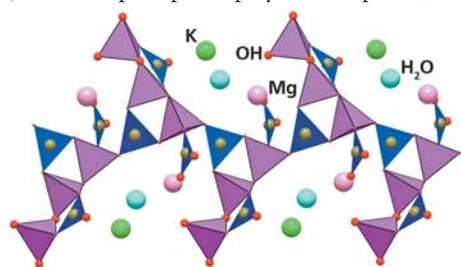
гидроборацит CaMg[B<sub>3</sub>O<sub>4</sub>(OH)<sub>3</sub>]<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>3</sub>

мало колонны из реберносвязанных Са-восьмигранников, и он добавил еще и колонку из вершинносвязанных Mg-октаэдров, чередуя их друг с другом. В-цепочки объединяют в слой Са-полиэдров через ребра тетраэдров и вершины треугольников, а Mg-октаэдры — через вершины тетраэдров. Слой соединяются через Са-колонки и Н-связи.

**Пробертит** NaCa[B<sub>5</sub>O<sub>7</sub>(OH)<sub>4</sub>](H<sub>2</sub>O)<sub>3</sub> назван в честь Ф.Х.Проберта, декана Горного колледжа Калифорнийского университета. За основу своих В-цепочек минерал взял блок улексита из двух индеритовых колец с общим тетраэдром. Блоки [B<sub>5</sub>X<sub>12</sub>] соединил через один треугольник и один тетраэдр, в то время как другие треугольники в со-

седних В-цепочках ориентированы в противоположные стороны. Цепочки  $[B_5X_{11}]$ , попарно развернутые друг к другу гладкими сторонами, объединяются полиэдрами Ca и Na. При этом Ca-девятивершинники по ребру образуют пары, а Na-октаэдры присоединяются ребром к Ca-димерам, создавая крупные тетрамеры.

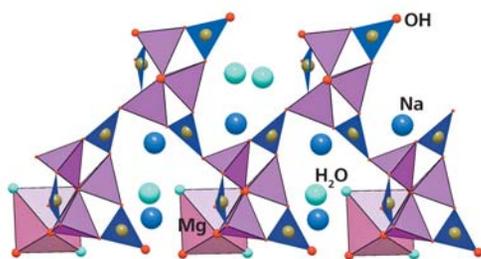
**Калиборит** тоже использовал улекситовые блоки, но попарно развернул их перпендикулярно



калиборит  $KMg_2H[B_6O_8(OH)_2](H_2O)_4$

друг другу. Кроме того, он украсил их дополнительным треугольником, прицепив его к одному из тетраэдров. Калиборита не смутило, что уникальный блок  $[B_6X_{14}]$  не встречается в изолированном виде, зато разветвленная, зигзагообразная В-цепочка получилась немисливо красивой. Mg-октаэдр соединился с ней четырьмя вершинами, как бы спрямив ее, но он не сцепил соседние цепочки. И опять на выручку пришел K-восьмивершинник. Он объединил четыре цепочки, а молекулы воды укрепили постройку своими хоть и слабыми, но многочисленными Н-связями.

Такие же разветвленные, но другого фасона В-цепочки придумал **аристаранит**, названный в честь аргентинского минералога Л.Ф.Аристарана.



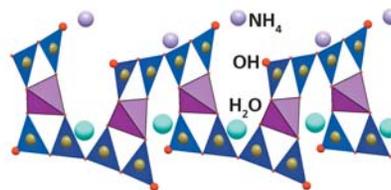
аристаранит  $Na_2Mg[B_6O_8(OH)_4](H_2O)_4$

ина. Он использовал аксаитовый блок из трех тетраэдров, сходящихся в одной вершине и попарно связанных тремя треугольниками. Блоки, как и в калиборите, соединяются в В-цепочки через вершины тетраэдров и треугольников. Эти уникальные разветвленные В-цепочки объединяются в слои через Mg-октаэдры и далее Na-полиэдрами и Н-связями — в трехмерную постройку.

**Эзкуррит**  $Na_2[B_5O_7(OH)_3](H_2O)_2$ , названный в честь Ж.М.Эзкурра, управляющего компанией в Аргентине, придумал построить цепочку  $[B_5X_{11}]$ , объединив не два индеритовых кольца, а индеритовое и амегинитовое. Его не смутило, что такой гибридный проект в изолированном виде никто

и в глаза не видел. В-цепочка получилась изящно изогнутой и соединила ленты из попарно объединившихся ребрами Na-октаэдров и Na-семивершинников.

**Лардереллит** из fumarol геотермальной области Лардерелло назван в честь Ф.де Лардерелла, владельца борпроизводящего предприятия в Тоскане. Минерал заимствовал у сборжита блоки  $[B_5X_{10}]$  и объединил их в цепочки  $[B_5X_9]$ , которые соединяются через Н-связи  $NH_4^-$  и OH- групп и свободных молекул воды. Как и в аммониибори-



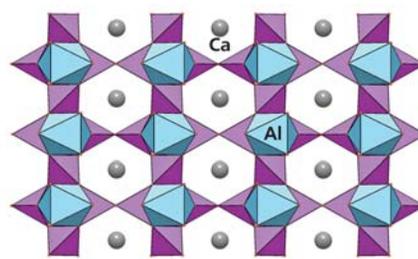
лардереллит  $(NH_4)[B_5O_7(OH)_2](H_2O)$

те, в таких помещениях удобно устраивать детские лагеря, где детишек под присмотром вожаков приучают к самостоятельной жизни.

## Серия пятая

Поселения линейного типа экономичнее индивидуальных коттеджей. Но еще дешевле в обслуживании дачные кооперативы с единой сетью коммуникаций.

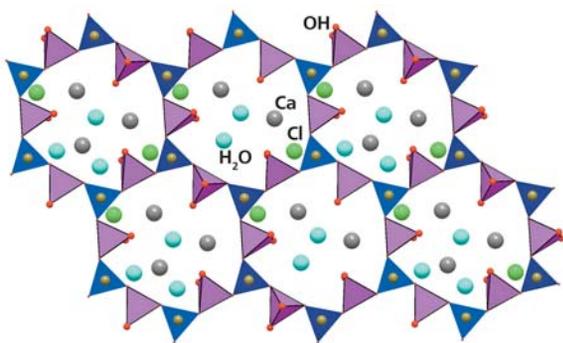
**Йохачидолит**, названный по месту находки в районе Йохатидо Северной Кореи, подумал, что если вимсит тетраэдры объединил в цепочки, то дальше их можно сплести и в сетки. Проще все-



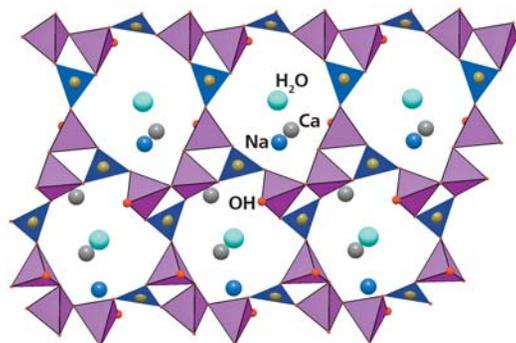
йохачидолит  $CaAl[B_5O_7]$

го оказалось построить четверные кольца и по вертикали соединить их в цепочку с общим тетраэдром, а по горизонтали цепочки через вершины боковых тетраэдров связать в сетку. Геометрически четкий рисунок такой В-сетки с четырех- и шестичленными петлями радовал глаз. Единичные Al-октаэдры пристроились к четырехчленным петлям с двух сторон, соединяясь с тетраэдрами кольца ребром и вершиной, а Ca-восьмивершинники расположились между сетками, центрируя шестичленные петли. И октаэдры, и восьмивершинники объединили В-сетки в единую постройку.

Тетраэдрическая В-сетка оказалась уникальной, и, чтобы не повторяться, строителям пришлось



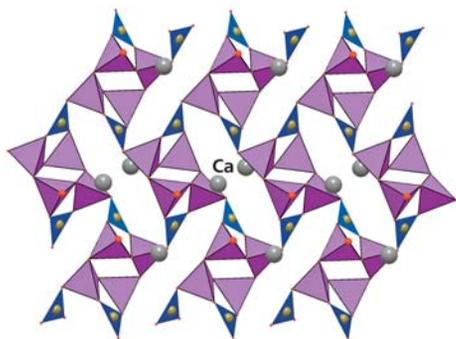
брианрулстонит  $\text{Ca}_3[\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_6](\text{OH})\text{Cl}_2(\text{H}_2\text{O})_8$



тузлаит  $\text{NaCa}[\text{B}_5\text{O}_8(\text{OH})_2](\text{H}_2\text{O})_3$

привлечь еще и треугольники. **Брианрулстонит** — очень редкий минерал выпаривания, назван в честь геолога Б.В.Роулстона. Свою В-сетку он решил создать, не заморачиваясь, и напрямую соединил чередующиеся тетраэдры и треугольники, замкнув их в кольца. Сетка получилась оригинальной, но слишком ажурной, с 12-членными петлями. Если треугольники всеми вершинками участвуют в объединении, то тетраэдры через один развернуты внутрь кольца и сохраняют свободными две вершины. Прочность такой дырявой сетки невелика, зато в огромных петлях можно хранить много полезного: Ca, Cl и молекулы воды.

Проект брианрулстонита также оказался уникальным, и большинство строений стали создаваться из трехчленных В-колец, прежде всего из обычных индеритовых. **Фабианит**, названный в честь немецкого геолога Г.И.Фабиана, развернув



фабианит  $\text{Ca}_2[\text{B}_6\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$

два таких кольца в противоположные стороны, объединил их вершинами тетраэдров. Блок  $[\text{B}_6\text{X}_{14}]$  содержал помимо двух треугольных колец еще и четверное тетраэдрическое. Расположив блоки паркетным способом, фабианит сумел соединить их через концевые треугольники в В-сетку, в которой помимо трех- и четырехчленных петель были еще и 10-членные. Колонки из Ca-восьмивершинников объединяют эти сетки.

И опять проект оказался уникальным и не имел последователей. Но оставался шанс использовать индеритовые кольца, объединив их через вершины общего тетраэдра (как в улеските). Правда, одна комната при этом пропадает, и вместо шестиком-

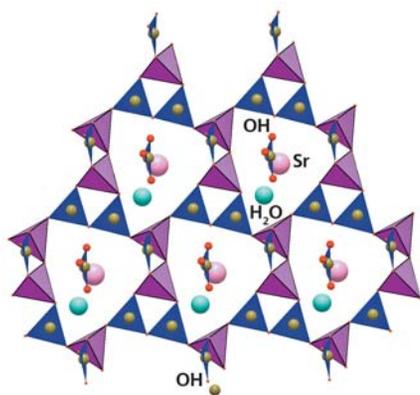
натного  $[\text{B}_6\text{X}_{14}]$  блок становится пятикомнатным  $[\text{B}_5\text{X}_{12}]$ . Но построили же из таких блоков свои В-цепочки кернит и пробертит. И хотя потери неизбежны, у них нашелся-таки последователь. **Тузлаит** из соляного рудника Тузла в Боснии и Герцеговине свои В-сетки сконструировал из блоков  $[\text{B}_5\text{X}_{12}]$ , в которых оба кольца одинаковые — индеритовые с общим тетраэдром. Тузлаит и химически связан с улескитом и пробертитом (ошибочно был даже описан как пробертит). Все трое имеют одинаковое соотношение  $\text{Na} : \text{Ca} : \text{B} = 1 : 1 : 5$  и различаются лишь содержанием OH и  $\text{H}_2\text{O}$ , а степень полимеризации зависит от степени дегидратации. В тузлаите блоки соединяются через вершины треугольников с тетраэдрами соседних блоков, а в сетке дополнительно к трехчленным петлям добавились 10-членные. Ca-восьмивершинник и Na-семивершинник, соединяясь по грани, образуют димеры, которые объединяются ребром в колонку, скрепляющую В-сетки совместно с Н-связями.

Варианты с индеритовыми кольцами исчерпались, и строители перешли на комбинирование разных колец. Например, одного индеритового (с одним треугольником), а другого — амегинитового (с двумя треугольниками). Этот гибридный блок-кирпич  $[\text{B}_5\text{X}_{11}]$  из трех треугольников и двух тетраэдров присутствует в виде В-цепочки в эзкурите. Но наибольшей популярностью он пользуется в строениях слоистого типа в семействе **бирингучита**  $\text{Na}_2[\text{B}_5\text{O}_8(\text{OH})]\cdot\text{H}_2\text{O}$ , названного в честь итальянского алхимика и металлурга XV–XVI вв. — В.Бирингучо. Отец большого минерального семейства раньше назывался гоферитом, но этого уже никто не помнит. Все треугольники, не участвующие в объединении колец, он повернул в одну сторону, и В-сетки стали односторонне гладкими. Из натриевых восьми-, семи- и шестивершинников соорудил слои: толстые ровные между гладкими сторонами В-сеток и тонкие гофрированные — между шершавыми. В девятичленных петлях В-сеток нашлось место и молекулам воды.

**Витчит** (и **р-витчит**) назван в честь Дж.А.Витча, обнаружившего бор в минеральной воде Калифорнии. Минерал использовал бирингучитовые сетки, развернув их попарно шершавыми сторонами друг к другу. Между ними он поместил

Древнейший факунгстатид

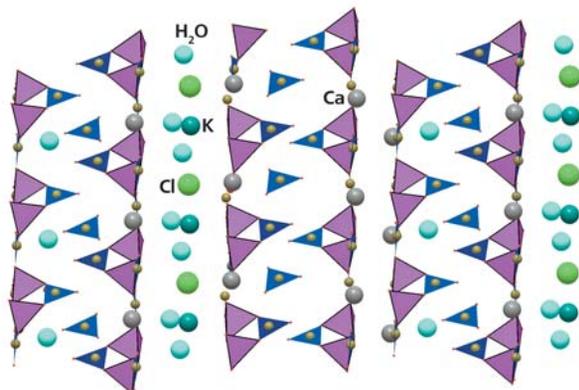
дополнительный треугольник. На всякий случай, вдруг пригодится. Строительный блок теперь стал содержать две части:  $[B_5X_9]$  и  $[BX_3]$ . Sr-полиэдры (10- и 11-вершинники) разместились в плоскости В-сеток, объединив их в толстый пакет. А ответственность за объединение пакетов возложили на хрупкие плечи Н-связей.



витрит  $Sr[B_5O_9]_2[V(OH)_3] \cdot H_2O$

Ближайший родственник бирингучита — **назинит**  $Na_2[B_5O_8(OH)](H_2O)_2$  — назван в честь итальянского химика Р.Назини. Из односторонних бирингучитовых В-сеток он, чередуя ориентацию треугольников, сделал двусторонние. В результате толстые натриевые слои не понадобились, и сетки объединились только слоями одного типа (зигзагообразными). Такие двусторонние В-сетки применили и другие члены семейства, добавив между ними треугольник. Так поступил **гоуерит**  $Ca[B_5O_8(OH)][V(OH)_3](H_2O)_3$ , названный в честь Г.П.Гоуера — горного мастера с борного рудника в Долине Смерти (США). Гоуерит поменял Na на Ca и разместил его не между В-сетками, а внутри — вместе с молекулами воды и дополнительным треугольником, который делит свое крохотное ребро с солидным Ca-девятивершинником. Ну, а в объединении сеток участвуют еще более крохотные атомы водорода ОН-групп и молекул воды.

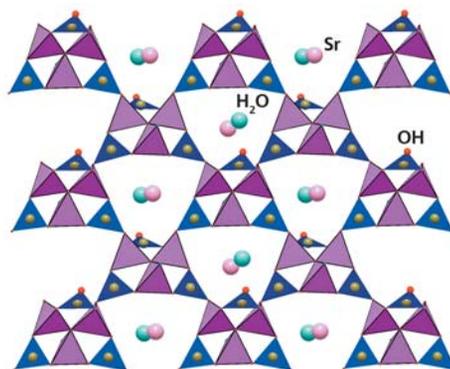
Казалось бы, все варианты В-сеток исчерпаны, но **волковскит**, названный в честь советского петрографа А.И.Волковской, впервые нашедшей



волковскит  $KCa_4[B_5O_8(OH)]_4[V(OH)_3]Cl(H_2O)_6$

этот минерал, не сдавался. Он использовал витчитовые sdвоенные сетки вместе с дополнительными треугольниками и объединил их попарно водородными связями. При этом дополнительные треугольники оказались ориентированными в противоположные стороны, а в сетках вместо Sr разместились Ca-девятивершинники. Все бы ничего, но возникла проблема с пространством между учетверенными В-сетками. Оно оказалось таким большим, что и Ca, и Sr, и им подобные там терялись и не могли удерживать вместе громоздкие пакеты. Тогда на выручку пришел великан К. Он расположился между пакетами со свитой из четырех атомов кислорода, двух анионов хлора и двух молекул воды, заполнив ими все пространство. Так К стал национальным героем в стране пигмеев.

Редкий минерал **тунеллит** назван не по месту находки в каком-то туннеле, а в честь профессора геологии Калифорнийского университета Г.Г.Тунелла. В основе его В-сетки лежит блок  $[B_6X_{13}]$ , состоящий из трех тетраэдров, которые сходятся в одной вершине и попарно объединяются тремя треугольниками. Тунеллиту приглянулись эти

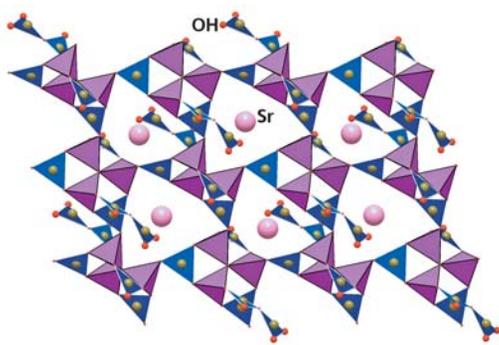


тунеллит  $Sr[B_6O_9(OH)_2](H_2O)_3$

кирпичики округлой формы. Он расположил их в шахматном порядке и соединил каждый с четырьмя соседними вершинами двух треугольников. А третий треугольник ориентировал в противоположном направлении. Объединение В-сеток осуществляют Sr-полиэдры через общую вершину  $H_2O$  вместе с Н-связями.

Так же устроен и **ноблеит**  $Ca[B_6O_9(OH)_2](H_2O)_3$ , названный в честь не Нобелевской премии, а американского геолога Л.Ф.Нобла из Геологической службы США. Ноблеит, чтобы не повторяться, поменял Sr на Ca. Ca-десятивершинник расположился в центре петли В-сетки и никак не смог дотянуться до соседних сеток, которые объединяются лишь Н-связями.

**Стронциборит** назван по составу. Он не стал отказываться от Sr (хотя знал, что его сетка такая же, как в тунеллите) и придумал другой способ отличиться, добавив к В-сетке еще пару треугольников в виде пиро группы  $[B_2X_3]$ . Конечно, этот флюгер, прикрепленный к свободной верши-

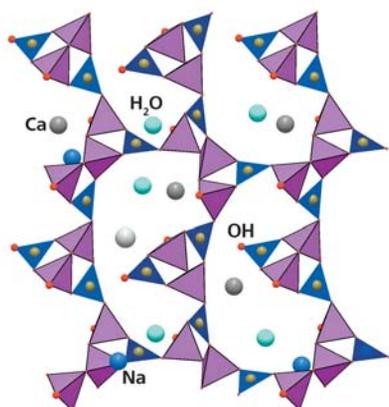


стронциоборит  $\text{Sr}[\text{B}_8\text{O}_{11}(\text{OH})_4]$

не одного из тетраэдров, смотрится нелепо (такой эклектике мог бы позавидовать сам Хундерт-вассерхауз, что красуется в Вене). И девятичленные петли сильно покорежились. Зато никто не скажет, что блок в стронциоборите  $[\text{B}_8\text{X}_{17}]$  и тунеллите один и тот же.

**Джинорит**  $\text{Ca}_2[\text{B}_{14}\text{O}_{20}(\text{OH})_6](\text{H}_2\text{O})_5$ , названный в честь итальянского промышленника П.Джинори Конти, и его стронциевый брат **стронциоджинорит**  $(\text{Sr}, \text{Ca})_2[\text{B}_{14}\text{O}_{20}(\text{OH})_6](\text{H}_2\text{O})_5$ , договорились объединить два блока — тунеллитовый и стронциоборитовый  $[\text{B}_{14}\text{X}_{29}]$ . Ни Sr-полиэдр, ни Ca-восьмигранник не соединяют слои непосредственно. К тому же некоторые молекулы  $\text{H}_2\text{O}$  между слоями не пожелали войти ни в один полиэдр. И вся постройка держит исключительно на Н-связях.

Комбинации В-колец позволяют получать новые строительные блоки, а комбинация разных блоков открывает еще одну возможность для строительства новых сооружений и привлечения дополнительных покупателей. Гибридный проект девятикомнатной квартиры, состоящей из пятикомнатной тузлаитовой и четырехкомнатной буры, реализовал **студенитсит**, названный по месту находки близ Студеницы в Сербии. Он позаимствовал блоки  $[\text{B}_5\text{X}_{12}]$  у тузлаита и объединил их с блоками  $[\text{B}_4\text{X}_9]$ , которые взял взаймы у буры, хангчаюита, федоровскита, роевита и тинкалкюнита (друзьям ничего не жалко). В гибридном блоке  $[\text{B}_9\text{X}_{20}]$  обе части развернуты в противоположные



студенитсит  $\text{NaCa}_2[\text{B}_9\text{O}_{14}(\text{OH})_4](\text{H}_2\text{O})$

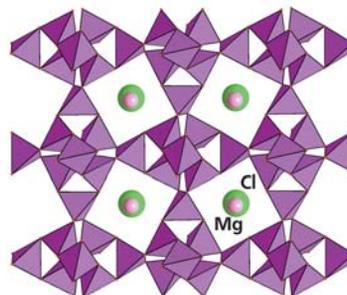
ложные стороны, а соединение их в В-сетку реализуется через треугольник и тетраэдр только пятикомнатных блоков. Четырехкомнатные блоки при этом развернуты внутрь двора и перегораживают его почти посередине. Na, Ca и  $\text{H}_2\text{O}$  заполняют двор. Студенитсит задумал проект как общежитие для семейных студентов, но он оказался для них слишком дорогим, и элитные квартиры стали покупать семьи не обязательно большие, но с большим достатком.

### Серия шестая

Городские кварталы с многоэтажными домами удручают своей скученностью. Высотки напоминают муравейники. Куда ни посмотри — одно и то же (по-научному «каркас»). Но и тут есть свои преимущества. В городе лучше развита инфраструктура, а единая сеть коммуникаций обеспечивает самое комфортное и дешевое проживание (хотя ЖКХ об этом не догадывается и постоянно повышает тарифы).

Узнав о тетраэдрических В-цепочках в вимсите и В-сетках в йохачидолите, также решил обойтись без треугольников **метаборит**  $[\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_3]$ . Минерал получил свое название из-за меньшей гидратированности по сравнению с борной кислотой. Он не стал ничего изобретать, а воспользовался изолированными блоками нифонтовита  $[\text{B}_3\text{X}_5]$  и объединил их в В-каркас, который получился дырявым с тройными, четверными и восьмерными окнами. Выручают лишь очень сильные Н-связи.

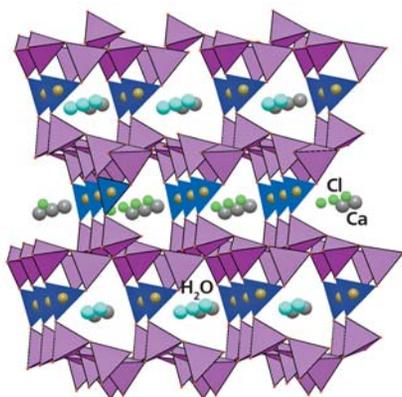
Уникальное семейство борацитов тоже построило свои каркасы из тетраэдров. Глава семейства **борацит** (как будто другие не бораты!) содержит Mg, а его родственники — Fe- и Mn-борациты. Они прославились благодаря своим свойствам — ферроэластичным, ферроэлектрическим и магнитным. Борацит воспользовался теми же нифонтовитовыми В-кольцами, но объединил их в большие блоки  $[\text{B}_{10}\text{X}_{25}]$  с совмещенными тетраэдрами. При этом в центре блока, на атоме кислорода, сходятся четыре атома бора! Ученые не поверили своим глазам, но потом успокоились, когда выяснили, что этот кислород удалился на безопасное расстояние в 1.7 Å, в отличие от остальных трех, которые находятся на расстоянии всего 1.4–1.5 Å



борацит  $\text{Mg}_3[\text{B}_7\text{O}_{13}]\text{Cl}$

от бора. К счастью для кислорода, при охлаждении некоторые борациты претерпевают (как говорят ученые) фазовый переход, при котором количество атомов бора сокращается до трех. Так, родственники борацита **чамберсит**  $Mn_3[B_7O_{13}]Cl$ , названный по месту находки в округе Чеймберс (США), а также **трембасит**  $Mg_3[B_7O_{13}]Cl$  и **конголит**  $(Fe^{2+}, Mg)_3[B_7O_{13}]Cl$  из Конго заменили не только Mg на Mn и Fe, но и один тетраэдр на треугольник. В результате в их каркасах только три тетраэдра имеют общий кислород. Такая ситуация не редкость и встречается в В-сетках тунеллита и стронциоджинорита, а в изолированном виде — в макалестерите и аксаите. Только там эти тетраэдры попарно стянуты треугольниками.

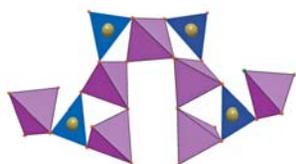
Семейство боратных цеолитов гордится своими уникальными каркасами с девятичленными окнами и диаметром каналов аж до 6 Å. Родоначальник семейства **хильгардит** (названный в честь американского геолога Ю.В.Хильгарда) и его родственни-



хильгардит  $Ca_2[B_5O_9]Cl(H_2O)$

ки **парахильгардит**, **Ca-** и **Sr-хильгардит** и пришедший к ним **тиретскит**  $Ca_2[B_5O_9(OH)]H_2O$  построили свои дома из обычных индеритовых колец  $[B_3X_8]$ , объединенных в каркас  $[B_5X_9]$ . Максимальная степень полимеризации в хильгардите связана с минимальной активностью воды и увеличением температуры (свыше 100°C). В каналах каркаса находятся Ca, Cl и  $H_2O$ . Поскольку никто толком не знал, какая вода течет в кранах — источная или сточная, то на всякий случай ее хлорировали. А чтобы устроить праздничную иллюминацию, провели пьезоэлектричество. Жить в таких домах некомфортно: шумно, и уединиться некуда. Их стали использовать как дворцы культуры.

**Преображенскит** назван в честь советского геолога П.И.Преображенского, открывшего место-



преображенскит  $Mg_3[B_{11}O_{15}(OH)_9]$

рождение Индер в Казахстане. Уникальные В-сетки преображенскита состоят из четырех индеритовых колец, которые соединяются друг с другом через общие тетраэдры. Фрагмент  $[B_{11}O_{24}]$  — один из самых больших. Он содержит 11 боров (девять участвующих в кольцах и два дополнительных концевых тетраэдра) и имеет форму подковы. Гофрированные В-сетки состоят из таких фрагментов, соединенных вершинами треугольников и тетраэдров. Сетки объединяются в В-каркас также треугольниками и тетраэдрами, а еще и Mg-октаэдрами и Н-связями.

Крупный блок преображенскита взяли за основу для своих цеолитных каркасов **принглейт** и **рутенбергит**, названные в честь канадских минералогов Г.Дж.Прингла и А.А.Рутенберга. Они имеют одинаковую формулу  $Ca_9[B_{26}O_{34}]Cl_4(OH)_{24} \cdot 13H_2O$  и близкое строение. Вместе с **пенобсквизитом**  $Ca_2FeB_9O_{15}Cl(OH)_6 \cdot 4H_2O$  (названным по месту находки в месторождении Пенобсквиз в Канаде) они относятся к самым сложным боратным минералам. В их структурах содержится до 110 атомов в независимой части ячейки (и это не считая атомов водорода). Каркасы включают очень крупные 12-членные и 18-членные окна из чередующихся треугольников и тетраэдров с большими и малыми каналами, которые заняты Ca, Cl и  $H_2O$ . Атомы хлора при этом не входят в окружение Ca и связаны с ним только через Н-связи.

Такие перенаселенные лагеря беженцев называют джунглями. В них царят беспорядки. Несмотря на хлорирование воды, возникают эпидемии. Усилия властей снести эти лагеря не приводят к успеху.

## Эпилог

Вот и закончилось путешествие великанов в страну пигмеев. А что же наши герои? Как сложилась их дальнейшая судьба? Натрий, Кальций, Магний и Марганец остались на чужбине и затерялись среди эмигрантов. Некоторые даже обзавелись собственными **бориками**. Калий, который у себя на родине был рядовым тружеником, а здесь стал национальным героем, тоже остался на ПМЖ. И только Барий (в Ломоносовитии, как вы помните, он был **борцом** за какую-то справедливость) не нашел себе достойного применения и вернулся на историческую родину, где, по слухам, стал главным **борведом** страны.

Гости даже не ожидали, что у маленького народа страна такая же, как и у всех остальных. С такими же лесами-**борами**, где растут грибы **боровики**. С больницами, где лечат **борной** кислотой и **бор**машинами. В тюрьмах такие же **борцы** за свободу и такие же **оборванцы**. Мужчины носят такие же **бороды**, а женщины — головные **уборы**. Вокруг домов такие же **заборы**, а хозяйки варят такие же вкусные **борщи**. А у народа такие же **борблемы** (простите, увлеклась!) — проблемы. ■

# Сто лет из жизни естественнонаучных музеев Оренбургского края (1830–1930)

Времена и люди

Т.Н.Савинова,  
кандидат исторических наук  
Институт степи Уральского отделения РАН  
Оренбург

Первый в крае музей был основан при Оренбургском Неплюевском военном училище (в дальнейшем переименованном в кадетский корпус) в ноябре 1830 г. (открыт 1 апреля 1831 г.) по инициативе оренбургского генерал-губернатора П.П.Сухтелена с целью краеведческого образования, причем не только воспитанников корпуса, но также жителей губернии и путешественников [1, ф.6, оп.10, д.3850, л.4, 7, 7об.]. В то время Оренбург был действительно «воротами в Азию»: здесь формировались военные, дипломатические, научные экспедиции в Среднюю Азию, и сюда же они возвращались, привозя не только разнообразные сведения о малоизвестных странах, но и различные предметы. Оренбургская губерния имела внушительные размеры, включала территорию Башкирии, часть современной Челябинской обл., в оренбургском ведомстве находился и участок Казахской степи (Младший жуз). Одной из первоочередных задач местной администрации всегда было изучение природных ресурсов. Насколько полно естественнонаучные коллекции оренбургских музеев могли представить природные богатства региона, сейчас определить почти невозможно, но, изучив сохранившиеся документы, попытаемся составить приблизительную картину их фондов.

Основу многих оренбургских музейных коллекций составили частные собрания. В Оренбурге служили Г.С.Карелин, Э.А.Эверсман, Г.Ф.Генс, В.И.Даль и другие известные исследователи, активно занимавшиеся изучением края. К сожалению, большая часть собранных ими экспонатов не оставалась в городе. Например, Карелин, один из наиболее страстных коллекционеров, свои гербарии, чучела животных, минералы и горные породы и т.п. дарил, продавал, обменивал: значительная их часть была утрачена еще в XIX в. [1, ф.157, оп.1, д.105, л.1, 1об.]; Эверсман своими биологическими находками из Оренбургской губернии пополнял музей Казанского университета.



Стенд в Оренбургском губернаторском историко-краеведческом музее с портретом П.П.Сухтелена. Гравюра XIX в. с работы Дж.Дюу.

Фото А.С.Савиновой

## Музей при Неплюевском кадетском корпусе

Музей первоначально не принадлежал кадетскому корпусу, но опекался его руководством и губернаторами. Хранителями музея были сотрудники этого учебного заведения.

В ответ на письмо губернатора Сухтелена, разосланное организациям и частным лицам и содержащее просьбу оказать содействие новому музею, в начале 1831 г. стали поступать как предложения

о присылке экспонатов, так и сами экспонаты. Из Нерчинских заводов предложили собрание минералов и коллекцию растений Даурского края [2, ф.6, оп.10, д.3850, л.32]. Из Сибири известный ботаник-систематик Н.С.Турчанинов прислал около 700 видов растений [2, ф.6, оп.10, д.3850, л.36, 36об.]. Экспонатов же, демонстрировавших природные богатства Оренбургской губернии, было значительно меньше. Интерес с этой точки зрения представляла коллекция «разных минералов и окаменелостей», переданная управляющим Илецким соляным правлением Г.Н.Струковым [2, ф.6, оп.10, д.3850, л.69–71об.]. Так, из Илецкой Защиты — уникального месторождения соли — им был представлен образец *илецкой соли, заключающий частицы бурого угля в землистом виде*, найденный *во внутренности соляного флеца*, и 13 штуфов под названием *скопление кристаллов селенита в различных изменениях на мелкозернистом гипсе*, взятых в Гипсовой горе при Илецкой Защите *вблизи соляного флеца* [2, ф.6, оп.10, д.3850, л.71об.]. Ф.К.Зан, работавший с 1831 по 1837 г. «устроителем» музея кадетского корпуса, собрал и передал в музей до 1000 штуфов (больших кусков) горных пород, до 500 видов (возможно, образцов) трав, до 1000 экземпляров насекомых [3, с.52].

Впрочем, некоторые местные коллекции отправлялись из Оренбурга в другие города. Например, Зан продал в Виленский университет «коллекции растений вместе с заметками» А.Песляка — такого же, как и он, польского ссыльного, чтобы материально поддержать своего товарища.

В одном из частных писем Е.З.Вороной, отправленных из Оренбурга, сохранилось описание музея 1833 г., т.е. сделанное через 2,5 года после его открытия. Она сообщает, что в музее имелись чучела животных и птиц, различные диковинки [4]. В «Краткой истории музея Оренбургского края» имеются данные, что в 1833 г. в музее хранилось предметов: «геогнозии [минералов. — Т.С.] — 972, ботаники — 1575, зоологии — 443» [2, ф.96, оп.1, д.80, л.50; 3, с.25]. Экспозиция занимала всего одну комнату.

Новый генерал-губернатор В.А.Перовский решил создать другой музей и перевести в течение 1836 г. часть коллекций в *отделяемый ныне в пристройке Училища земледелия довольно обширный зал* [2, ф.6, оп.10, д.3850, л.224].

В 1837 г. музей, созданный Сухтеленом, перешел в ведение кадетского корпуса. Экспонаты между двумя музеями были разделены: в учебном заве-



Бывшее здание Оренбургского Неплюевского кадетского корпуса (ныне — медицинский колледж).

Здесь и далее фото автора



Памятная доска на здании, где находился первый музей Оренбургского края.



Образец каменной соли из г.Соль-Илецка (ранее — г.Илецкая Защита) из коллекции Института степи Уральского отделения РАН.

дении оставались минералогическая, ботаническая и нумизматическая коллекции, остальные должны были стать основой Музеума Оренбургского края. В описи 1837 г., составленной директором корпуса И.М.Марковым, значились: коллекции ископаемых: 1) горнокаменных пород — 1500 [экз.], 2) руд и ископаемых — 150, окаменелостей — 63, минералов — 610; ботаническая коллекция музея Неплюевского корпуса, состоявшая из 13 травников, содержащих до 1800 растений, 45 семян, 35 деревьев в кусках; зоологическая, включавшая около 2 тыс. насекомых, двух пресмыкающихся, 125 раковин, две рыбы, 44 чучела птиц, 100 яиц и шесть чучел каких-то зверей [2, ф.6, оп.10, д.3850, л.240, 240 об.]. В составе «Статистических» предметов, помимо костюмов и предметов хозяйства и вооружения, значились Метеорологические наблюдения с 1829 по 1837 гг. [3, с.51].

В кадетском корпусе помещений не хватало не только для музея. По данным 1843 г., в здании: 1) нет особенной рекреационной залы, вместо которой служит столовая, 2) помещение музея с минералогическим, ботаническим и нумизматическими собраниями состоит из одной небольшой комнаты, не позволяющей расположить предметы в систематическом порядке и даже поместить и половины имеющихся видов, а приобретение новых хоть удобно по богатству Оренбургского края, но бесполезно по неимению места для помещения, 3) библиотека, учебные припасы и пособия также занимают одну не-

большую комнату, которая вместе служит присутственным местом Комитета, приемной для посетителей и сборною комнатою учителей и чиновников... [5].

Минералогическая, ботаническая и зоологическая коллекции в качестве педагогического пособия еще пользовались вниманием и уходом со стороны администрации корпуса, — говорится в «Краткой истории музея Оренбургского края», — а другие (археологическая, этнографическая, нумизматическая) из-за постоянных перемещений то в подвал, то на чердак, оказались изломаны и большей частью утрачены [2, ф.96, оп.1, д.80, л.50об.].

Новое здание для Неплюевского кадетского корпуса построили в 1872 г.

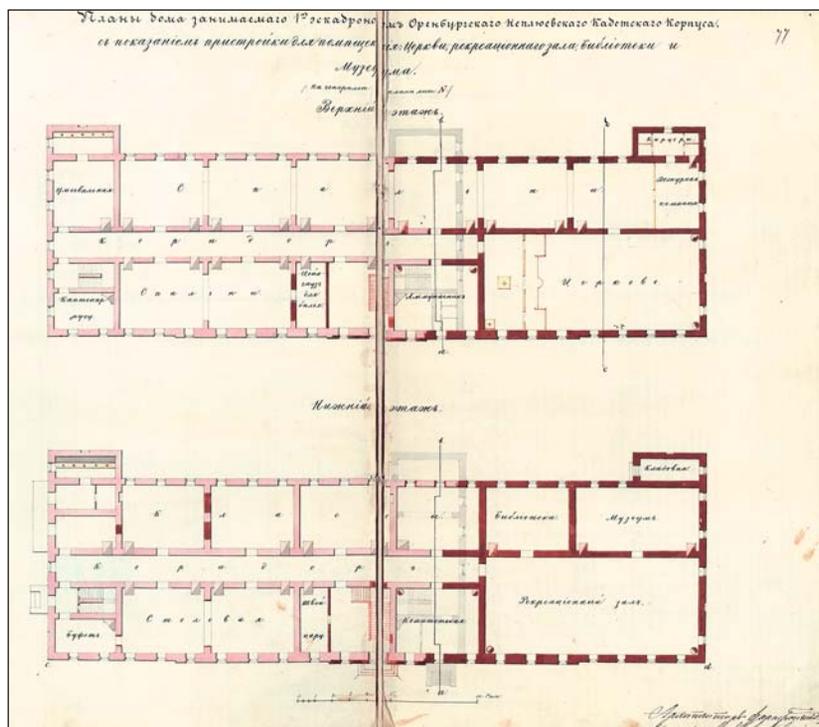
### Музеум естественных произведений Оренбургского края

Новый музей помещался сначала в доме Благородного собрания, затем в доме (и ведении) генерального штаба Оренбургского отдельного корпуса. В организации музея самое деятельное участие принимал Даль — автор известного «Толкового словаря живого великорусского языка», врач, естествоиспытатель, писатель, лингвист. В 1833–1841 гг. он служил чиновником особых поручений в канцелярии военного губернатора Перовского.

Оба музея пополнили свои коллекции до 1860-х годов [2, ф.96, оп.1, д.80, л.50].

В 1881 г. публичный музей Перовского при упразднении генерал-губернаторства потерпел полное крушение [2, ф.96, оп.1, д.80, л.50об.]. Есть сведения, что после ликвидации Оренбургского военного округа в несколько дней в Оренбурге не стало не только учреждения, но и самих лиц, ведавших и содержавших музей, его спешно расставили по местным учебным заведениям (в гражданскую гимназию, Николаевский женский институт, учительский институт и др., даже в штаб Оренбургского казачьего войска). Часть же коллекций, особенно минералогическая, были просто свалены и вывезены как мусор; между тем в их создании участвовали такие ученые, как Северцов, Леман\*

\* Н.А.Северцов (1827–1885) — географ, зоолог, неоднократно посещал Оренбург; А. Леман (1814–1842) — естествоиспытатель, путешественник; в Оренбурге зимой 1840/41 гг. занимался приведением в порядок своих коллекций и материалов.



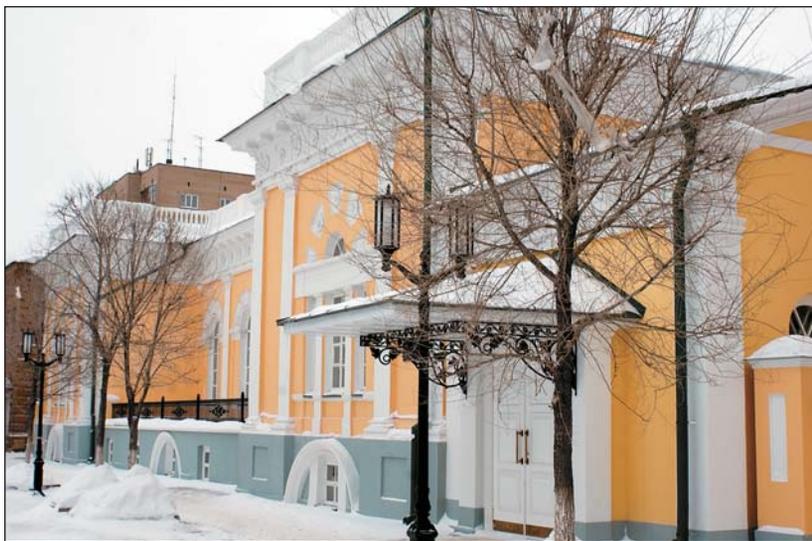
План реконструкции здания Неплюевского кадетского корпуса, на котором обозначено помещение для музея [1, ф.6, оп.10, д.5629, л.46, 77].

и др. Таким образом, к концу 80-х гг. XIX в., после 50-летнего существования, оба оренбургских музея перестали работать [2, ф.96, оп.1, д.80, л.50об.].

В 1914 г. Оренбургская ученая архивная комиссия (ОУАК) попыталась восстановить историю этих музеев и разыскать экспонаты. Сотрудниками ОУАК было установлено, что в Реальном училище хранятся остатки минералогической коллекции 1832 г. из первого оренбургского музея, а в деревянном сарае, который также принадлежал этому учебному заведению и находился на Марсовом поле в школьном саду, помещалась зоологическая коллекция из того же музея. Особенно ценным в ней члены ОУАК считали чучело тарпана — вымершей степной дикой лошади. Количество предметов определить, по-видимому, не удалось, но экспонаты *значительно страдали от моли, пыли и сырости* [2, ф.96, оп.1, д.80, л.71, 71об.].

### Музей Оренбургского отдела Императорского Русского географического общества

14 (27) января 1868 г. был открыт Оренбургский отдел Императорского Русского географического общества (ОО ИРГО) с целью естественнонаучного, статистического и этнографического изучения края. *Оренбургский край, занимающий столь обширную территорию, до сих пор весьма мало исследован, до сих пор ни наука, ни общество не имеют достоверных сведений ни о естественных богатствах, ни о производительных силах, ни о характере разноплеменного населения этой обширной области,* — писал председатель отдела генерал-майор Л.Ф.Баллюзек известному путешественнику Г.С.Карелину 30 марта 1868 г. из Оренбурга. — *Нет необходимости доказывать все вредные последствия такого незнания, достаточно сказать, что оно часто ставило в крайнее затруднение и местные административные власти, и самое правительство в их мероприятиях, относящихся до Оренбургского края* [1, ф.1754, оп.1, д.62, л.13об.].



Здание бывшего Дворянского (Благородного) собрания, где некоторое время находился Музей естественных произведений Оренбургского края.



Воспитанники 2 класса I отделения Неплюевского кадетского корпуса во время урока естественной истории [16, п.377. сн.3].

В том же году началось формирование естественнонаучного собрания. В сентябре 1868 г. от действительного члена П.И.Балдина поступили две коллекции растений (214 видов), из которых одна была собрана в окрестностях Оренбурга, а вторая — в имении крупнейших оренбургских помещиков Тимашевых в 130 верстах от города. Обе были систематизированы по «Flora Rossica» К.Ф.Ледебур. Балдиным же были переданы 17 видов папоротников, собранных преподавателем военной гимназии Л.В.Борецким [6]. Одним из видных ботаников в ОО ИРГО можно считать А.К.Носкова, слу-

жившего в 1901–1908 гг. преподавателем естествознания и географии в оренбургских учебных заведениях. В те же годы он совершил несколько экспедиций по Оренбургской и Уфимской губерниям. Результаты были отражены в статьях журнала «Известия Оренбургского отдела Императорского Русского географического общества», а гербарии демонстрировались публике во время чтения докладов [7, 1909, вып. XXI, с. 4].

Своего здания у ОО ИРГО не было, коллекции передавались на хранение в Оренбургскую ученую архивную комиссию [7, 1900, вып. XV, с. 51], созданную 9 декабря 1887 г.

### Музей Оренбургской ученой архивной комиссии

Об организации ОУАК и создании музея оренбуржцы узнали через публикации в «Губернских ведомостях» и разосланные извещения. Создание библиотеки и музея стало возможно летом 1896 г., после приобретения ОУАК в 1895 г. собственного каменного двухэтажного дома, в котором когда-то находился фотографический павильон геодезического отдела штаба Оренбургского отдельного корпуса [2, ф. 96, оп. 1, д. 80, л. 51]. И хотя здание было крайне ветхое, *для жертвователя важна уверенность, что переданные ими предметы не погибнут от случайной неосторожности, чего нельзя было не бояться, соображаясь с условиями временного помещения музейных предметов в других, не приспособленных для того местах* [8, 1897, вып. II, с. 3]. Торжественное открытие музея состоялось 10 мая 1897 г.

*Масса любопытных предметов древности и естественноисторических коллекций, благодаря сочувствию общества к учреждению, стала*

*поступать вскоре в музей, а с размещением предметов и целых коллекций в заказанных уже витринах и с открытием музея для публики по жертвованию, наверное, умножатся,* — справедливо предполагали сотрудники архивной комиссии [8, 1898, вып. IV, с. 2, 3].

Пытаясь собрать остатки музеев Неплюевского корпуса и Музеума естественных произведений Оренбургского края, правление Комиссии обратилось к частным лицам и учреждениям, хранившим у себя экспонаты из них. В конце 1897 г. свои «старинные вещи» по описи передал кадетский корпус, также в музей поступили экспонаты из Войскового хозяйственного правления и штаба Оренбургского казачьего войска, от других (например, от Реального училища) были получены положительные ответы [1, ф. 96, оп. 1, д. 80, л. 51; 8, 1898, вып. IV, с. 41]. Таким образом, новый музей, приняв к себе остатки двух прежних, стал их преемником.

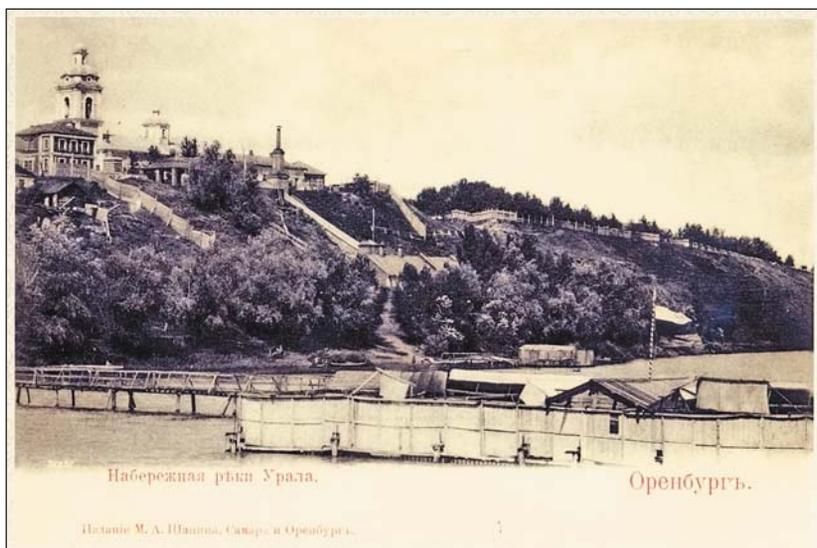
В 1897 г. в дар музею поступили *художественно выполненные акварелью рисунки листьев кисти художника Волошинцева, удостоившиеся в 1873 г. золотой медали* [8, 1898, вып. IV, с. 14]. В том же году членом ОУАК П. В. Жуковским был передан образец медной руды со следами остатков растительности с Каргалинских рудников, найденный около с. Васильевки Дмитриевской волости Оренбургского уезда [8, 1898, вып. IV, с. 19]. Это один из немногих экспонатов, поступивших в музей с территории Оренбургского уезда, большинство же передавалось из Троицкого и Челябинского уездов [8, 1898, вып. IV, с. 25, 26] или с территорий, находившихся за пределами губернии.

Летом 1900 г. музей ОУАК посетил геолог и палеонтолог А. А. Штукенберг. Ценным для истории музея стало то, что он составил описание одной из коллекций под названием «Остатки пост-плиоценовых животных музея Оренбургской ученой архивной комиссии» [2, ф. 96, оп. 1, д. 80, л. 97, 98, 98об.]. Знакомство с экспонатами, как писал ученый, *дало ему возможность составить представление о характере фауны млекопитающих юго-восточного угла Европейской России* в данный исторический период [2, ф. 96, оп. 1, д. 80, л. 97].

В 1907 г. музей насчитывал до 5 тыс. экземпляров экспонатов, располагавшихся на площади 10×8 аршин\*. Современники писали, что они лежат *один на другом не только в витринах, которые занимают все четыре стены и середину комнаты, ос-*

В 1907 г. музей насчитывал до 5 тыс. экземпляров экспонатов, располагавшихся на площади 10×8 аршин\*. Современники писали, что они лежат один на другом не только в витринах, которые занимают все четыре стены и середину комнаты, ос-

\* Аршин — старорусская единица измерения длины. 1 аршин равен 0.7112 м.



Набережная реки Урала.

Оренбург.

Илларион М. А. Шапкин. Самарь и Оренбург.

Бывшее здание Оренбургской ученой архивной комиссии, справа — Марсово поле.

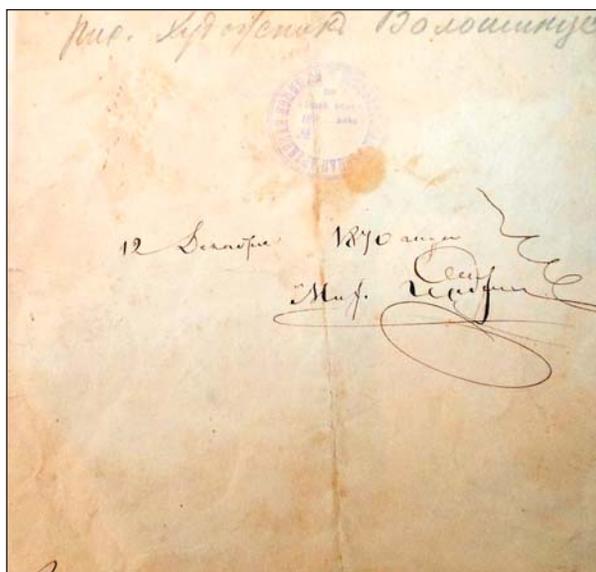


Рисунок Волошинцева [1, ф.96, оп.2, д.59, л.25] и его оборотная сторона [1, ф.96, оп.2, д.59, л.25об.].

тавляя лишь свободным проход для одного человека, но на полу, в углах и покрывают собою стены до потолка [9]. Положение оставалось неизменным и в последующие годы [10; 2, ф.96, оп.1, д.80, л.51].

Но пополнение музея продолжалось. Правда, скажем, в 1912 г. из 21 пожертвования к естественнонаучной коллекции музея можно отнести только несколько: коллекцию минералов — дар М.З.Рамеева в запечатанном ящичке с описью; зуб мамонта (найденный на берегу р.Урал, около 12 верст вниз от Оренбурга, на границе между землей городской и Чернореченского поселения), преподнесенный М.Т.Лебедевым; восемь образцов горного хрусталя из пос.Елизаветинского Кваркенской станицы от Ив.Филатова; *засушенная рыба камбала*; камни с горы Мертвые Соли (с перегона станицы Маячная-Илецк Ташкентской железной дороги) и шесть штук плодов физалиса из Семиреченской обл. — подарок А.И.Мякутина [8, 1913, вып. XXIX, с.192, 193]; но лишь три или четыре из них имели отношение к Оренбургской губернии.

Из-за того что многие экспонаты лежали в витринах в несколько слоев, невозможно было хранить гербарии — по признанию членов Комиссии, они превратились бы в труху. В 1914 г. минералогическая, этнографическая и коллекция находок из раскопанных курганов лежали неразо-



Окаменелые деревья с Каргалинских медных рудников из коллекции Института степи Уральского отделения РАН.

бранными в ящиках [2, ф.96, оп.1, д.80, л.51]. Музей ОУАК вынужден был отказаться от гербария степных растений, собиравшимся ученым-садоводом Ташкентской железной дороги Андросовым, от коллекции стрекоз г.Оренбурга, собранной членом ОО ИРГО П.А.Воронцовским [2, ф.96, оп.1, д.80, л.72, 72об.], и т.д. Одним словом, — писал председатель ОУАК, — *всякое научное изучение края остановилось. Прежде этот край пользовался большим вниманием центральных научных учреждений, особенно со стороны Император-*

ского Русского географического общества и Главного штаба. Кроме того, его посещали и описывали всевозможные научные экспедиции в Среднюю Азию как попутную область, наконец, военные экспедиции точно так же служили к описанию и изучению этого края. Теперь все это давно прекратилось, а центральные научные учреждения главное свое внимание уделяют ныне далеким окраинам [2, ф.96, оп.1, д.80, л.73].

Но, несмотря на тесноту, музей все же планировал увеличение коллекций, надеясь на новое здание. К имеющемуся фонду предполагалось добавить дары Зоологического музея Императорской Санкт-Петербургской академии наук и подвижного музея учебных пособий, Тургайское областное правление намеревалось передать в музей остатки своей экспозиции с Нижегородской выставки 1896 г. ОУАК в 1907 г. подала в Городскую думу просьбу об отводе места под постройку музея. Совместно с ОО ИРГО был организован конкурс проектов и выбран победитель, но отдельное здание для музея и библиотеки Архивной комиссии и Оренбургского отдела Русского географического общества так и не было построено. Первая мировая война, начавшаяся в 1914 г., революции 1917 г., Гражданская война не позволили воплотить задуманное.

### Горный музей Войскового хозяйственного правления Оренбургского казачьего войска

Документы, по которым можно было бы составить подробную историю музея, не сохранились. В настоящее время удалось обнаружить только косвенные свидетельства о дате его основания и составе фондов.

В 1904 г. началось систематическое изучение и описание рудных богатств территории Оренбургского казачьего войска (ОКВ). С 1904 г. горным инженером войскового хозяйственного правления служил коллежский асессор С.А.Подьяконов. Собранные им в 1904–1905 гг. коллекции были размещены в витринах и послужили основой Горного музея при войсковом хозяйственном правлении ОКВ [11]. Таким образом, его можно считать одним из основателей данного музея [15].

В 1906 г. Подьяконов собрал образцы песчаника по рекам Челябинского и Троицкого уездов [2, ф.37, оп.1, д.154, л.34, 34об.], в 1908 г. совершил поездку от Оренбурга до Орска. Общее пространство района изучения составило 29 тыс. кв. верст [2, л.97–98об.]. На основании текста «Маршрута поездки войскового горного инженера ОКВ Подьяконова для изучения войсковой территории в геологическом отношении в 1908 г.», в котором обозначено, какие населенные пункты он посетил и на какое расстояние от них удалялся, можно предположить, что в коллекцию музея попали образцы асбеста и яшмы, поскольку им были осмотрены асбестовое месторождение, находившееся между поселками Подгорный и Губерлинский, и Яшмовая гора (гора Полковник) около г.Орска [2, ф.37, оп.1, д.229, л.13–14об., 70, 70об.]. Кроме того, во время командировки Подьяконов, по данным его рапорта, сделал 85 фотографий с наиболее замечательных областей [2, ф.37, оп.1, д.229, л.97об.]. Альбом с видами оренбургских ландшафтов «Характеристика пути из г.Оренбурга в г.Орск в фотографиях (к докладу войскового горного инженера Оренбургского казачьего войска С.А.Подьяконова)» хранится в собрании Центрального государственного архива кинофотофонодокументов Санкт-Петербурга и датирован 1900-ми годами [16, п.361].



Вид местности на 44-й версте (степь Урало-Сакмарского водораздела). Фото из альбома «Характеристика пути из г.Оренбурга в г.Орск в фотографиях (к докладу войскового горного инженера Оренбургского казачьего войска С.А.Подьяконова)» [13, п.361, сн.9].



Вид местности в районе 12-й версты (степь правой стороны р.Урал). Фото из альбома «Характеристика пути из г.Оренбурга в г.Орск в фотографиях (к докладу войскового горного инженера Оренбургского казачьего войска С.А.Подьяконова)» с тенью фотографа [1, п.361, сн.4].

В марте 1911 г. Подьяконов проводил углеазведочные работы в пос.Тугайкульский (ныне входит в состав г.Копейска Челябинской обл.), но в то же время Войсковое хозяйственное правление приказало ему продолжить геологическое обследование войсковой территории. Для присмотра за буровыми работами в данном поселке Подьяконов пригласил студента Петроградского горного института, сотника Войскового хозяйственного правления ОКВ Б.Н.Наследова [2, ф.37, оп.1, д.203, л.10, 10об.]. По окончании работ в Оренбург были отправлены образцы горных пород и руд. Подьяконов писал, что все собранные им во время изысканий коллекции хранятся в Войсковом хозяйственном правлении [2, ф.37, оп.1, д.203, л.12].

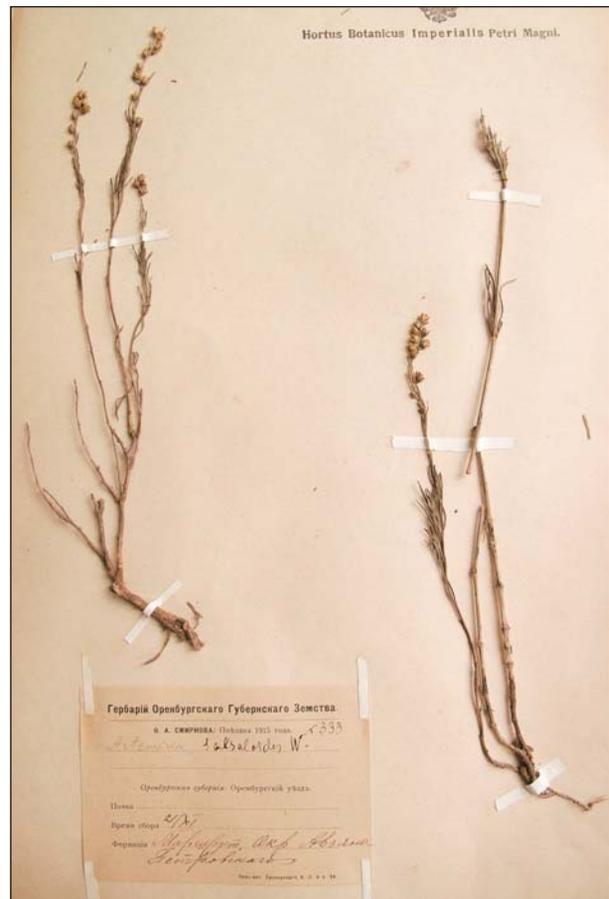
После его отъезда из Оренбурга дальнейшим пополнением коллекций музея занимался следующий горный инженер ОКВ — Наследов, в 1915 г. с отличием закончивший Горный институт, в дальнейшем — выдающийся исследователь геологии рудных месторождений Средней Азии, основатель узбекской школы рудной геологии.

В июне 1917 г. на заседании Войсковой управы (бывшего Войскового хозяйственного правления) среди прочих поднимался вопрос о создании при музее лаборатории, *необходимой хотя бы для того, чтобы в люди не ходить* [т.е. не обращаться в другие организации для проведения химических анализов. — Т.С.] и *обывателя заинтересовать* [2, ф.157, оп.1, д.18, л.1об.].

## Музей Оренбургского губернского земства

С 1 января 1913 г. было введено Оренбургское губернское земство. Спустя почти два года, зимой 1914–1915 гг., земским руководством было принято решение о проведении почвенных исследований в Оренбургской губернии, целью которых было деление губернии *на однородные в почвенном отношении местности и выяснение пропорции почв в отдельных владениях* [14, с.3] для оценочного отдела Оренбургской губернской земской управы. Собранные во время Почвенной экспедиции коллекции почв, горных пород, минералов, гербарии, карты и книги должны были стать основой естественноисторического музея при губернской земской управе [15, с.13].

В 1915–1916 гг. К.А.Космовским, О.А.Смирновой и другими участниками работ был собран большой гербарий [15, с.81]. Всего членами экспедиции в течение примерно 80 дней 1915 г. было пройдено свыше 15 тыс. верст и описано более 1200 почвенных разрезов (из них около тысячи — искусственные ямы) [15, с.81]. В Петроград для определения и проведения исследований было отправлено чуть более 250 пудов почвенных коллекций из Оренбурга, Челябинска и Миасса. Гербарий экспедиции составил девять ящиков [15, с.82]. Ботанические коллекции после обработки в Главном



Гербарный лист О.А.Смирновой и этикетка. Поездка 1915 г.  
Фото О.Г.Калмыковой

ботаническом саду планировалось передать Оренбургскому земству [16]. В течение лета 1916 г. ботаническими обследованиями были охвачены Челябинский, часть Троицкого и Оренбургский уезды. Гербарий составлялся не только для оренбургского музея, но и для «руководства» почвоведом [14, с.12]. О.Г.Калмыковой, кандидатом биологических наук, старшим научным сотрудником Института степи Уральского отделения РАН, в Гербарии Ботанического института имени В.Л.Комарова (Санкт-Петербург) были обнаружены образцы,

собранные в 1915–1916 г. О.А.Смирновой, К.А.Космовским и Е.Н.Алисовой, на этикетках которых значится *Гербарий Оренбургского губернского земства* [17]. По ним можно не только более подробно составить маршруты экспедиции, но и сделать вывод, что гербарий, отправленный для определения растений в Петроград, так и не попал в оренбургский музей.

За счет почвенных, ботанических и геологических коллекций экспедиции предполагалось расширить также Горный музей Войскового хозяйственного правления и организовать музеи при Челябинской уездной земской управе и Троицком военном отделе казачьего войска [14, с.13].

### Судьба музейных коллекций

В 1918–1919 гг. Оренбург несколько раз переходил во власть то войск атамана А.И.Дутова, то Красной армии. Первый период советской власти длился с 18 января по 2 июля 1918 г. А 3–4 апреля казацкие войска совершили налет на город, с 19 апреля по 22 мая бои шли вокруг Оренбурга, несколько раз подвергавшегося артиллерийскому обстрелу.

Тем не менее, несмотря на военное положение, 26 апреля Оренбургский исполнительный комитет Уездного совета рабочих, крестьянских, солдатских, казачьих и мусульманских депутатов обратился к А.В.Попову, председателю ОУАК, с просьбой оказать содействие в организации нового Музея наглядных пособий с отделом родинovedения и краеведения [2, ф.96, оп.1, д.95, л.81]. Новый музей ставил перед собой скромные задачи: собрать от любителей природы чучела, *несколько экземпляров растений, насекомых или минералов*, образцы изделий кустарной промышленности, местный фольклор и т.п. [2, ф.96, оп.1, д.95, л.81, 81об].

В мае 1918 г., благодаря усилиям Попова, под музей, библиотеку и архив ОУАК было передано здание гауптвахты, находившееся по соседству с домом ОУАК [2, ф.96, оп.1, д.80, л.28]. 3 июля 1918 г. казацкие войска вошли в Оренбург. А уже 6 июля Попов писал атаману Дутову: *Во время вторжения в город большевиков сначала матросами, а потом красноармейцами было разграблено множество библиотек и музеев, в том числе музей и библиотека Военного кавалерийского училища, военного собрания, общественного собрания, полков Рымникского, Ларго-Кагульского, епархиального училища и проч. <...> По моему указанию бывшей советской властью были отображены от Красной армии остатки библиотеки и музея Рымникского полка, находящиеся временно в здании губернской земской управы, возможно, что они будут небрежно выброшены оттуда как предметы совершенно чуждые управе и пропадут* [2, ф.96, оп.1, д.95, л.157]. Он просил разрешения взять все сохранившееся в музей ОУАК

[2, ф.96, оп.1, д.95, л.157об.]. Поскольку мы не располагаем документами полков и учебных заведений, сейчас невозможно говорить о том, имели ли в составе данных музеев естественнонаучные коллекции; более того, мы вообще не имеем четкого представления об этих музеях.

13 сентября 1919 г. в помещении бывшего офицерского собрания состоялось открытие Музея Оренбургского края. В 1920 г. Оренбург стал столицей Киргизской (Казахской) АССР. 31 августа 1920 г. Музей Оренбургского края перешел в ведение Кирнаркомпроса. В ноябре 1920 г. было создано Общество изучения Киргизского края, которому во временное пользование, *впредь до возобновления деятельности этих обществ*, перешли библиотеки и музеи ОО ИРГО и ОУАК.

В 1921 г. в Оренбург вернулся из заключения член ОО ИРГО П.А.Воронцовский и возобновил свои энтомологические исследования. В 1922 г., во время экспедиций «своими средствами» по Оренбургскому уезду, он собрал и обработал коллекции стрекоз (в которой было шесть новых для региона видов, а всего она состояла из 41 формы в 283 экз.) и пчел (110 форм), обработал коллекции дневных и сумеречных бабочек, сверчков, саранчовых и кузнечиков. Все это Воронцовский передал в дар музею [18, с.74]. Став его сотрудником, он поставил перед собой цель — *заложить фундамент Музея природы Киргизского края* в Оренбурге [18, с.73], и даже совместно с Г.И.Филипповичем предпринял попытку наладить работу биологической лаборатории при музее [18, с.75]. Воронцовский считал, что краеведческий музей — это, в первую очередь, центр изучения края, научное учреждение, и только потом — культурно-просветительное [18, с.77].

К 1924 г., по свидетельству заведующего отделом живой природы краевого музея Воронцовского, многие предметы были изъедены молью, запылены, имели механические повреждения [18, с.73].

В 1925 г. столицу КСССР было решено перенести в Кзыл-Орду. Специальная комиссия по экономическому размежеванию КСССР и Оренбургской губернии начала раздел предприятий, учреждений, учебных заведений и музеев. Из письма С.Е.Кучеровской-Рожанец из Оренбурга от 12 мая 1926 г., адресованного Б.А.Федченко, можно узнать, что в ботанических коллекциях Оренбурга, возможно — музейных, в то время еще имелся небольшой гербарий Д.Н.Соколова [1, ф.810, оп.3, д.888, л.18] — геолога, географа, краеведа, бывшего председателем ОО ИРГО.

5 августа 1927 г. была составлена докладная записка «О ходе работ по разделу экспонатов Казкраймузея». Всего в оренбургский музей было принято 1146 предметов, из них по отделу естественной истории 471. Заметим, что в этом же списке значился *окончательно разрушившийся №88 — жаворонок рогатый и уничтоженный паразитами один ящик стрекоз*, возможно, из собрания Во-

ронцовского [2, ф.Р-2554, оп.1, д.4, л.37]. *Вообще все экспонаты (чучела, коллекции насекомых, ткани и проч.) чрезвычайно заражены паразитами и зачастую почти уничтожены, — говорится далее в документе. — Каждый новый экспонат, попадая в зараженную среду, конечно, также быстро заражается и приходит в ветхость* [2, ф.Р-2554, оп.1, д.4, л.37, 37об.]. Все выделенные для оренбургского музея экспонаты сложили в одной комнатке, которая оказалась совершенно заставлена и производить в ней какую-либо работу по систематизации экспонатов, а тем более по подбору их к экспозиции совершенно невозможно [2, ф.Р-2554, оп.1, д.4, л.37об.].

В январе 1928 г. в оренбургский музей было передано 2596 экспонатов («номеров») [2, ф.Р-2554, оп.1, д.4, л.31об.]. Естественнонаучный отдел составили 690 предметов, из которых 71 был намечен к исключению; звери, птицы, рыбы и пресмыкающиеся, за небольшим исключением, требовали срочной замены, так как пришли в непригодность [2, ф.Р-2554, оп.1, д.4, л.3об.]. Но из другого документа, составленного 25 января 1928 г., явствует другое число — 743 [2, ф.Р-2554, оп.1, д.4, л.34]. Впрочем, все эти цифры мало что значат, если учесть вышеприведенные цитаты о состоянии естественнонаучного отдела музея.

В Казахстан из Оренбурга были вывезены все экспонаты без указания дат или места их приобретения. Город целиком утратил геологическую коллекцию Горного музея Оренбургского казачьего войска (171 ящик), чучела «крупнейших млекопитающих» — оленей, медведей и др., так как местом их поимки была указана Башкирия, почти целиком были переведены минералогические и геологические коллекции, «представлявшие Уральские горы». Плюс к этому были вывезены историко-этнографические, нумизматические и военные экспонаты [2, ф.Р-2554, оп.1, д.4, л.60; 19]. По данным из архива научного сотрудника оренбургского музея И.А.Зарецкого, обнаруженным Т.И.Тугай в Центральном государственном архиве Республики Казахстан, в Оренбурге осталось не более 10% экспонатов [18, с.86].



Витрина в экспозиции, посвященной истории изучения края, в Оренбургском губернаторском историко-краеведческом музее.

Впоследствии удалось вернуть лишь единичные экземпляры из некогда богатых коллекций. В акте, составленном 20 января 1929 г., говорится, что часть возвращенных предметов пришла в полную ветхость; некоторые другие, по мнению комиссии, не имели краеведческого характера и музейной ценности (сюда были отнесены фотографии офицеров Оренбургского казачьего войска и чиновников, кресты, иконы, в том числе и местночтимая икона Табынской Божьей Матери); еще часть предметов нуждалась в ремонте, причем указывалось, что многие из этих последних приобретены в 1840–1845 гг. В 1928–1929 гг. были «приведены в должный порядок» 68 экспонатов [2, ф.Р-2554,

оп.1, д.8, л.39]. В списке к включению в фонд и «за-мещению» значились чучела животных и птиц [2, ф.Р-2554, оп.1, д.8, л.40об., 41, 42, 42об.].

\* \* \*

Таким образом, можно считать, что к 1930 г. была утрачена основная часть музейных естественно-научных коллекций Оренбурга, собранных в XIX — начале XX в. В Гербарии Ботанического института имени В.Л.Комарова есть гербарные сборы, готовившиеся для Оренбургского земского музея, а в Зоологическом институте РАН хранятся образцы насекомых, собранные Воронцовским [20].

*Автор выражает глубокую благодарность старшему научному сотруднику Института степи УрО РАН Ольге Геннадьевне Калмыковой за предоставленную информацию о гербарных листах Оренбургского губернского земства и заведующей лабораторией биогеографии и мониторинга биоразнообразия того же института Натальи Олеговне Кин за поддержку работ по истории научных исследований в Оренбургском регионе.*

## Литература

1. Санкт-Петербургский филиал Архива РАН.
2. Государственный архив Оренбургской области.
3. *Модестов Н.* Магистр философии Фома Карлович Зан в Оренбурге // Труды Оренбургской ученой архивной комиссии. Вып.35. Оренбург, 1917. С.52.
4. *Воронина Е.З.* Письма из Оренбурга 1833 года // Русский архив. 1902. №8. С.651.
5. Российский государственный военно-исторический архив. Ф.1754. Оп.1. Д.62. Л.13об.
6. Записки Оренбургского отдела Императорского Русского географического общества (Казань). 1870. Вып.1. С.50, 51, 54.
7. Известия Оренбургского отдела Императорского Русского географического общества (Оренбург).
8. Труды Оренбургской ученой архивной комиссии. Оренбург.
9. Оренбургская ученая архивная комиссия: протоколы заседаний за 1901–1907 годы и отчет за 1907 год. Оренбург, 1909. С.72.
10. Оренбургская ученая архивная комиссия: отчет и протоколы заседаний за 1908 год. Оренбург, 1909. С.9.
11. Отчет о состоянии Оренбургского казачьего войска за 1911 год. Часть гражданская. Оренбург, 1912. С.99.
12. Отчет о состоянии Оренбургского казачьего войска за 1908 год. Часть гражданская. Оренбург, 1909. С.98.
13. Центральный государственный архив кинофотофонодокументов Санкт-Петербурга.
14. *Неуструев С.С.* Почвенные исследования в Оренбургской губернии. Оренбург, [1917]. 29 с. (отдельный оттиск).
15. *Неуструев С.С.* Краткий отчет о результатах рекогносцировочного почвенного исследования Оренбургской губернии в 1915 г. с планом работ подробного исследования // Доклад 3-й сессии по оценочно-стат. отделению Оренб. губ. земской управы. Оренбург, 1916. С.88–104.
16. План работ по ботаническому обследованию Оренбургской губернии // Доклад 3-й сессии по оценочно-стат. отделению Оренб. губ. земской управы. Оренбург, 1916. С.99.
17. Гербарий Ботанического института имени В.Л.Комарова РАН.
18. *Тугай Т.И.* Оренбургские краеведы в сохранении памятников истории и культуры (1917–1930 гг.). Оренбург, 2016.
19. *Сафонов Д.А.* Возвращение в Россию: судьба научных и культурных ценностей края // Оренбургский край. 1994. Вып.1. С.11.
20. *Бенедиктов А.А.* О малоизвестных таксонах коньков группы *Chorthippus biguttulus* (Orthoptera, Acrididae, Gomphocerinae) // Вестник Московского университета. Сер.16: Биология. 1999. №1. С.43.
21. *Еремينا Н.А.* История музея. Оренбург, 2006. С.3.

В настоящее время два музея считают, что они были основаны в Оренбурге при Неплюевском кадетском корпусе в 1830–1831 гг. — это Оренбургский губернаторский историко-краеведческий музей\* [21] и Центральный государственный музей Республики Казахстан (Алма-Ата)\*\*. Но это скорее дань историческому факту организации первого музея в регионе. ■

\* <http://www.ooikm.ru/pages/istoriya/37>

\*\* *Кукашев Р.Ш.* «Ликвидация неграмотности» — постоянная экспозиция в Музее Казахской ССР // Museum. 1990. №3. С.19; <http://csmrk.kz/index.php/about-muz-menu>

# Новости науки

## Астрофизика

### Звездообразование в газовом диске линзовидной галактики

Группа ученых Государственного астрономического института имени П.К.Штернберга Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова (ГАИШ МГУ), работающая в рамках проекта «VOLGA — View On Life of GALaxies» под руководством О.К.Сильченко, обнаружила область звездообразования в противовращающемся газовом диске линзовидной галактики IC 560 (она находится на расстоянии 23 Мпк от Земли)\*. Полученные результаты опровергают устоявшееся мнение, что образование звезд в галактиках подобного типа не идет.

Обработывая по методике А.Ю.Князева (ГАИШ МГУ) и В.В.Власюка (Специальная астрофизическая обсерватория РАН) данные спектрографа RSS с длиной щелью, полученные в 2013 г. на телескопе SALT (Southern African Large Telescope) в Южно-Африканской астрономической обсерватории (г.Кейптаун), мы обнаружили в спектре IC 560, в пределах 1 кпк от ее центра, сильные эмиссионные линии ионизованных газов (водорода, азота, кислорода, серы) и установили по ним, что газовый диск этой галактики вращается в противоположную по отношению к вращению ее звездного диска сторону. В ходе спектральных исследований удалось также выяснить, что в небольшой (предположительно, кольцеобразной) области противовращающегося газового диска сейчас идет образование новых звезд. При этом газ диска уже сильно обогащен разными химическими элементами, и показатель обогащения — так называемая металличность — превышает значение, определенное для звездного диска IC 560.

Учитывая, что все химические элементы, кроме водорода, гелия и лития, рождаются в нед-

рах массивных звезд или при их взрыве, обилие и соотношение элементов показывает, насколько сильно проэволюционировал этот газ, т.е., говоря упрощенно, как много раз он уже побывал в звездах. Различие химического состава и кинематики газа и звезд означает, что в исследуемую галактику газ попал откуда-то извне. Предположительно, на IC 560 упала галактика-спутник, в межзвездном газе которой содержалось большое количество разных химических элементов. Однако вблизи IC 560 возможных источников газа не видно: ближайшие соседи располагаются в сотнях килопарсеков. Теперь мы ищем ответ на вопрос, откуда взялся газ в IC 560 и что влияет на протекание процесса звездообразования в дисках линзовидных галактик.

Кроме IC 560, есть и другие галактики, где звездный и газовый диски вращаются в разные стороны (или с наклоном по отношению друг к другу). Их изучение позволит понять, как происходит эволюция таких систем.

© И.С.Прошина,

А.Ю.Князев,

кандидат физико-математических наук,

О.К.Сильченко,

доктор физико-математических наук

Государственный астрономический институт имени П.К.Штернберга МГУ

Москва



Распределения скоростей звездного и газового компонентов галактики IC 560 в проекции на луч зрения. Звездами отмечены измерения для звездного компонента, остальные значки соответствуют измерениям различных эмиссионных линий ионизованного газа: косые кресты — изменениям эмиссионных линий водорода, плюсы — азота, ромбы — кислорода, квадраты — серы.

\* Proshina I.S., Kniazev A.Yu., Silchenko O.K. Counter-rotating gas disk in the S0 galaxy IC 560 // Astronomy Letters. 2016. V.42. №12. P.783–789.

### Первые достоверные данные о переходе пульсаров в режим «пропеллера»

Группа астрофизиков, в которую входят сотрудники Института космических исследований РАН, Московского физико-технического института (государственного университета) и Пулковской обсерватории РАН, зарегистрировала быстро угасающее излучение рентгеновских пульсаров после мощных вспышек — переход в так называемый режим «пропеллера». Теоретически этот эффект предсказали более 40 лет назад советские ученые А.Ф.Илларионов и Р.А.Сюняев, но только сейчас он был впервые достоверно зарегистрирован для пульсаров 4U0115+63, V0332+53 и SMC X-2. Результаты измерений, расчеты и выводы опубликованы в журналах *Astronomy & Astrophysics*\* и *Astrophysical Journal*\*\*.

4U0115+63, V0332+53 и SMC X-2 принадлежат к особому типу объектов — к вспыхивающим (или транзиентным) рентгеновским пульсарам. Большую часть времени они находятся в спокойном состоянии, когда их излучение едва регистрируется в рентгеновском диапазоне. Но иногда (как правило, раз в несколько лет) пульсары вспыхивают на несколько месяцев, становясь яркими источниками рентгеновского излучения. Такие особенности поведения связаны с наличием у каждого из них довольно необычной звезды-компаньона класса Ве, которая вращается вокруг своей оси настолько быстро, что время от времени вдоль ее экватора образуется и растет газовый диск. В процессе его увеличения наступает момент, когда газ начинает аккрецировать на нейтронную звезду, интенсивность излучения последней резко возрастает — происходит вспышка. Постепенно вещество в оттекающем от Ве-звезды газовом диске заканчивается, аккреционный диск истощается, его давление на магнитосферу нейтронной звезды уменьшается. Радиус, на котором диск взаимодействует с магнитосферой, увеличивается, и в какой-то момент вещество уже не может падать на нейтронную звезду из-за влияния магнитного поля и центробежных сил. Возникает эффект «пропеллера». В таком режиме нейтронная звезда не аккрецирует, и рентгеновский источник на небе пропадает. Причем этот переход происходит очень быстро.

С помощью рентгеновского телескопа на космической обсерватории Swift агентства NASA фи-

зики впервые смогли напрямую измерить пороговую интенсивность излучения, т.е. светимость объекта, ниже которой он переходит в режим «пропеллера». Эта величина зависит от магнитного поля и от периода вращения пульсара. Для исследуемых источников периоды собственного вращения нейтронных звезд известны по измерению времени прихода излучаемых ими импульсов: 3.6 с — для 4U0115+63, 4.3 с — для V0332+53 и 2.7 с — для SMC X-2. Проведенные измерения пороговых светимостей позволили независимым способом рассчитать в пульсарах напряженность магнитного поля — она совпала со значениями, полученными другими методами.

Интересно отметить, что светимость объектов упала не в ~400 раз, как ожидалось в соответствии с теоретическими предсказаниями, а лишь в ~200. Авторы высказали предположение: либо нагретая вспышкой поверхность нейтронной звезды охлаждается и тем самым служит дополнительным источником излучения, либо эффект «пропеллера» не может полностью заблокировать перетекание вещества от обычной звезды, и существуют другие каналы «утечки».

Переходный режим уловить трудно, поскольку он довольно короткий, а в «выключенном состоянии» пульсар почти не излучает. Во время прошлых вспышек транзиентных источников уже были попытки его поймать, но из-за низкой чувствительности доступных на тот момент приборов «выключенное состояние» зарегистрировать не удалось. Достоверно подтвердили его только сейчас. Информация о переходе в режим «пропеллера» может быть использована для определения напряженности и структуры магнитного поля нейтронных звезд. В процессе работы удалось для трех нейтронных звезд измерить дипольную составляющую магнитного поля, которая как раз и отвечает за эффект «пропеллера». Сравнение этой независимо полученной величины с величиной магнитного поля, уже известной по измерениям циклотронных линий, позволило оценить вклад других составляющих более высокого порядка, которые входят в структуру поля, и показать, что они малы.

© А.А.Лутовинов,

доктор физико-математических наук  
Институт космических исследований РАН  
Москва

### Нанотехнологии и наноматериалы

#### Кремниевые наночастицы для нелинейных наноантенн

Переносчики электромагнитного излучения — фотоны — не обладают массой и электрическим зарядом. По этой причине светом нелегко управлять, в отличие от электронов, движением которых в электронных устройствах можно управлять,

\* Tsygankov S., Lutovinov A., Dorosbenko V. et al. Propeller effect in two brightest transient X-ray pulsars: 4U 0115+63 and V 0332+53 // *Astronomy & Astrophysics*. 2016.V.593. P.7.

\*\* Lutovinov A., Tsygankov S., Krivonos R. et al. Propeller Effect in the Transient X-Ray Pulsar SMC X-2 // *Astrophysical Journal*. 2017. V.834. P.209.

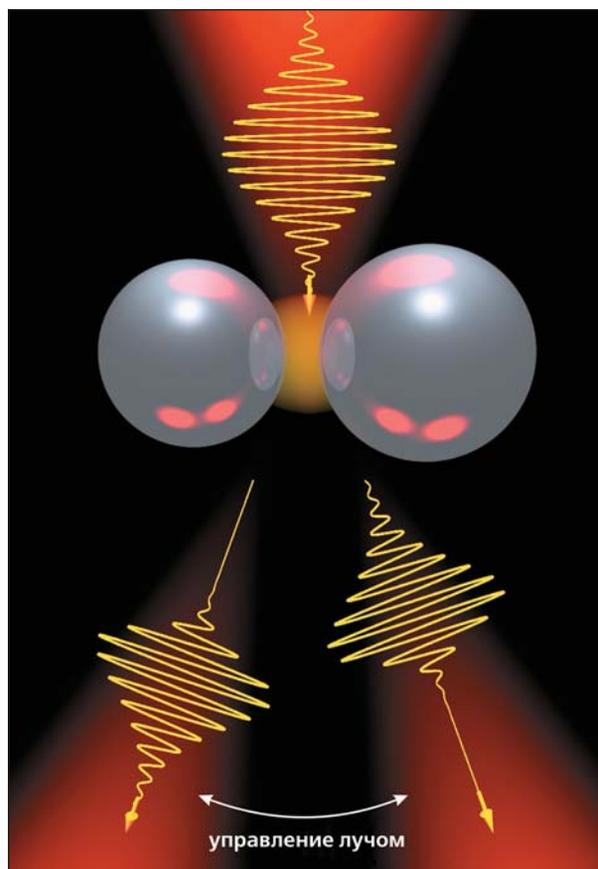
прикладывая статическое электрическое и магнитное поля. Тем не менее наноантенны — миниатюрные аналоги обычных антенн — позволяют добиться определенной степени контроля при распространении оптического излучения.

В свете телекоммуникационных приложений (для обработки информации, передаваемой по оптическим каналам) особенно привлекательна и важна задача создания нелинейных наноантенн, характеристиками которых (например, диаграммой направленности, т.е. распределением рассеянной интенсивности по направлениям) можно динамически управлять, прикладывая постоянное электрическое или магнитное поле, либо изменяя интенсивность падающего света.

В работе, опубликованной в *Laser & Photonics Reviews*, коллектив физиков из Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, Московского физико-технического института (государственного университета) и Техасского университета в Остине (США) разработал устройство новой нелинейной наноантенны, которая позволяет изменять направление рассеяния света в зависимости от интенсивности падающей волны\*. Основа наноантенны — две кремниевые наночастицы, в которых под действием мощного и короткого лазерного импульса происходит возбуждение электрон-дырочной плазмы.

Кремний — полупроводник, и при обычных условиях его зона проводимости практически не заполнена электронами. Однако при поглощении электромагнитного излучения электроны переходят в зону проводимости, что значительно меняет свойства кремния. В частности, для заметного изменения оптических свойств кремния в видимом диапазоне требуется создать плазму плотностью порядка  $10^{21} \text{ см}^{-3}$ . В предыдущей работе авторы демонстрировали более простое нелинейное рассеяние света на одной кремниевой наночастице\*\*. Теперь команда исследователей добилась поворота рассеянного света путем изменения интенсивности лазерного импульса.

Наноантенна состоит из двух кремниевых сферических наночастиц различных диаметров, одна из частиц — резонансная на длине волны используемого лазерного источника. При освещении слабым лазером плазма не генерируется, и рассеяние антенной происходит вследствие несимметричной геометрии в сторону. При освещении же мощным импульсом лазерного излучения активно возбуждается электрон-дырочная плазма



Схематическое изображение нелинейного рассеяния света на системе двух кремниевых частиц с изменяемой диаграммой направленности.

в резонансной частице, поскольку интенсивность наведенного электрического поля в ней во много раз превосходит интенсивность в другой частице. Это приводит к изменению оптических свойств резонансной частицы и всей наноантенны, так что рассеяние идет в другом направлении. Для рассматриваемой геометрии авторы использовали импульс длительностью 200 фемтосекунд с пиковой интенсивностью  $40 \text{ ГВт/см}^2$ . Освещение таким импульсом приводит к генерации плазмы плотностью  $10^{21} \text{ см}^{-3}$  в резонансной кремниевой частице и последующему повороту рассеянного пучка на 20 градусов.

Нелинейная антенна, разработанная исследователями, увеличивает возможности управления светом в наномасштабе, которое необходимо для реализации функциональных фотонных устройств, и на один шаг приближает к созданию оптических вычислительных чипов.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 16-32-00444).

© Д.Г.Баранов,

кандидат физико-математических наук  
Московский физико-технический институт  
(государственный университет)

\* Baranov D.G., Makarov S.V., Krasnok A.E. et al. Tuning of near- and far-field properties of all-dielectric dimer nanoantennas via ultrafast electron-hole plasma photoexcitation // *Laser Photon. Rev.* 2016. V.10. P.1009.

\*\* Baranov D.G., Makarov S.V., Milichko V.A. et al. Nonlinear transient dynamics of photoexcited resonant silicon nanostructures // *ACS Photonics.* 2016. V.3. P.1546.

### Бозиит — новый минерал надгруппы турмалина

Недавно в рудах месторождения золота Дарасун (Восточное Забайкалье) был открыт новый минерал надгруппы турмалина — бозиит\*, имеющий формулу  $\text{NaFe}_3^{3+}(\text{Al}_4\text{Mg}_2)(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_3\text{O}$ . От известного турмалина с высоким содержанием железа (бюргерита) он отличается тем, что вместо двух из шести атомов алюминия в его кристаллическую решетку входят два атома магния. Ранее турмалин с таким составом в природе не встречался. 30 марта 2015 г. бозиит, названный в честь итальянского минералога, специалиста по турмалинам Ф.Бози из Римского университета Ла Сапиенца, утвержден Комиссией по новым минералам, номенклатуре и классификации Международной минералогической ассоциации. Его эталонные образцы находятся в коллекциях Музея естествознания в Вене (Австрия) и Минералогического музея имени А.Е.Ферсмана РАН в Москве.

Понимание того, что нами обнаружен новый минерал, пришло не сразу. Мы обратили внимание на необычный состав находки. Но, поскольку у всех минералов надгруппы турмалина он переменный, этот факт не мог стать доказательством открытия нового минерального вида\*\*. Только специальные рентгеновские исследования в кооперации со специалистами из Венского университета (Австрия) убедили нас в этом.

\* Ertl A., Baksheev I., Giester G., Lengauer C., Prokofiev V., Zorina L. Bosiite,  $\text{NaFe}_3^{3+}(\text{Al}_4\text{Mg}_2)(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_3\text{O}$ , a new ferric member of the tourmaline supergroup from the Darasun gold deposit, Transbaikalia, Russia // *European Journal of Mineralogy*. 2016. V.28. P.581–591.

\*\* Baksheev I.A., Prokofiev V.Yu., Yapaskurt V.O. et al. Ferric-iron-rich tourmaline from the Darasun gold deposit, Transbaikalia, Russia // *Canadian Mineralogist*. 2011. V.49. P.263–276.



Срастания агрегатов мелких иголочек бозиита и оксидравита (черного цвета) с прозрачным кварцем.

Бозиит, кристаллы которого имеют темно-коричневый или черный цвет с бледно-коричневыми прослоями, — минерал хрупкий и сравнительно твердый (его твердость по шкале Мооса оценивается в 7 баллов из 10). Он не обладает флюоресценцией, его невозможно расколоть с получением плоских поверхностей. Плотность бозиита, измеренная методом пикнометрии, составляет 3.23 г/см<sup>3</sup>. При определении химического состава и структуры минерала мы использовали самые современные и универсальные методы, позволяющие получать аналитическую информацию высокого качества: электронно-зондовый микроанализ, масс-спектрометрию с индуктивно связанной плазмой, Мёссбауэровскую спектроскопию и рентгено-структурный анализ.

Дарасун, в жилах которого обнаружен бозиит, представляет один из двух главных промышленных типов месторождений золота Забайкалья, так и названный дарасунским\*\*\*. Его открыли в конце XIX в. и разрабатывали более 100 лет. В советское время рудник был вторым по значимости золотодобывающим предприятием Читинской области, которое производило до 3 т благородного металла ежегодно. В 2006 г. после трагической аварии его закрыли. Сегодня рудник, на балансе которого до сих пор числится более 70 т золота, ждет решений по реконструкции. Дарасун изучали многие известные минералоги. Однако турмалин, широко развитый в его золотоносных жилах, считался шерлом ( $\text{NaFe}_3^{2+}(\text{Al}_6)(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_3\text{OH}$ ) — другим минеральным видом надгруппы турмалина. И только на современном этапе исследований удалось понять, что в рудах Дарасунского месторождения минералы надгруппы турмалина представлены не одним, а несколькими видами: дравитом, оксидравитом, шерлом, а также ранее неизвестным бозиитом. Возможно, новые находки этого минерала будут способствовать открытию месторождений золота дарасунского типа в других местах.

© И.А.Бакшеев,

кандидат геолого-минералогических наук  
Московский государственный университет  
имени М.В.Ломоносова

В.Ю.Прокофьев,

доктор геолого-минералогических наук  
Институт геологии рудных месторождений,  
минералогии, петрографии и геохимии РАН  
Москва

Л.Д.Зорина,

кандидат геолого-минералогических наук  
Институт геохимии имени А.П.Виноградова СО РАН  
Иркутск

А.Эртл

Венский университет (Австрия)

\*\*\* Prokofiev V.Yu., Garofalo P.S., Bortnikov N.S. et al. Fluid inclusion constraints on the genesis of gold in the Darasun district (Eastern Transbaikalia), Russia // *Economic Geology*. 2010. V.105. №2. P.395–416.

**Археология**

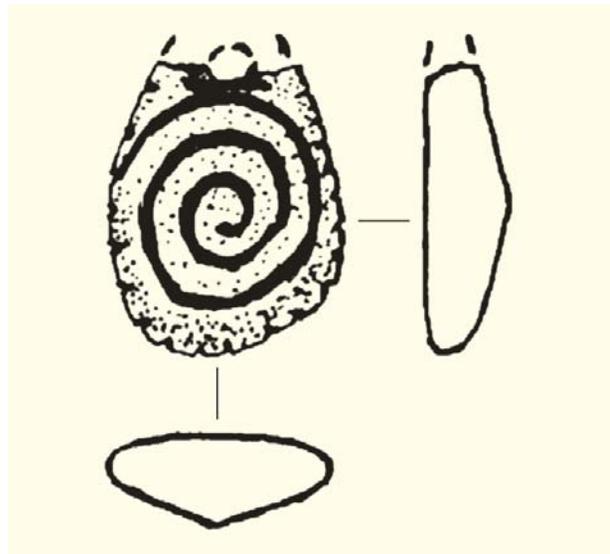
**Подвеска с солярной символикой из Северного Приохотья**

Самая древняя приморская культура в Северном Приохотье — токаревская — существовала с VIII в. до н.э. по V в. н.э. (по калиброванным датам). Ее расцвет приходится на период палеометалла. Стоянки токаревцев были обнаружены на побережье и островах в районе Тауйской губы Охотского моря, в основном на низких, 3–5-метровых террасах, сложенных галечниками\*. Одно из крупнейших поселений сосредоточено на о.Спафарьева. В северной части острова на поверхности террасы выявлено 30 жилищных впадин. Носители токаревской культуры проживали здесь, согласно радиоуглеродным датировкам, с IV в. до н.э. по V в. н.э., занимаясь морским промыслом, рыболовством, охотой и собирательством.

Яркая особенность данной культуры выразилась в изготовлении подвесок и амулетов из камня\*\*. Больше всего таких изделий встречается на о.Спафарьева. Сделаны они из небольших овальных галечек и пластинок из кремнистого туфа и тонкослоистого туффита. При их изготовлении использовались шлифовка, резьба и сверление. В верхней части изделий проделаны биконические отверстия. Подвески орнаментированы насечками по краю, резными линиями, для образности сюжета использованы круглые высверленные отверстия. Изделия служили не только украшениями, но и амулетами, лично охраняя и помогая охотиться на морских животных.

Одна из подвесок имеет солярную символику в виде спирали на лицевой стороне, выполненной прорезанным желобком. Витки спирали направлены от центра против часовой стрелки. Подвеска каплевидной формы, изготовленная из галечки мелкозернистого песчаника коричневатого цвета, односторонне выпуклая в профиле, орнаментирована насечками по краю. Ниже биконического отверстия с двух сторон располагаются резные желобчатые линии. Именно по ним произошел облом. Обратная сторона изделия гладкая. Такая подвеска впервые обнаружена на токаревских памятниках.

Украшение из камня в виде пуговицы с изображением рельефной спирали, но выполненное в совершенно другой манере (желобчатой выборкой), ранее было найдено на стоянке Токарева, расположенной на материковом побережье



Подвеска с солярным знаком (спиралью) с о.Спафарьева (эпоха палеометалла, IV в. до н.э. — V в. н.э.).

в 20 км от поселения на о.Спафарьева\*\*\*. Древние эскимосы вырезали спирали на костяных лопаточках — керамических штампах. Такие предметы обнаружены в Уэленском и Эквенском могильниках. Датируются они первой половиной 1-го тыс. н.э., а некоторые даже второй половиной 1-го тыс. н.э. В то же время на Нижнем Амуре спиральные фигуры имеются на петроглифах Сикачи-Аляна и на керамике различных неолитических поселений.

Токаревские предметы с изображением спирали, которые можно рассматривать как солярные знаки, скорее всего, служили оберегами. Морские зверобои с Охотского побережья особо почитали солнце. Древние приморские жители представляли светило как некую благодатную силу, к которой можно обратиться за помощью в случае болезни или неудачи на промысле или на охоте.

Возникнув еще в неолите на юге Дальнего Востока, изображение спирали в результате культурных трансляций, возможно, постепенно распространилось с Нижнего Амура на северные территории, проникнув в 1-е тыс. н.э. и к эскимосам. Однако не исключено, что древних приморских охотников могли вдохновить на изобретение солярного символа природные аналоги, в частности спиральная структура прибрежных морских раковин брюхоногих моллюсков.

© А.И. Лебединцев,

кандидат исторических наук  
Северо-Восточный комплексный  
научно-исследовательский институт имени Н.А.Шило  
Магадан

\* Лебединцев А.И. Древние приморские культуры Северо-Западного Приохотья. Л., 1990.

\*\* Лебединцев А.И. Художественные сюжеты и орнаментальные мотивы в искусстве токаревской культуры // Археологические исследования на Севере Дальнего Востока. Магадан, 1996. С.140–159.

\*\*\* Лебединцев А.И. Изображение спирали в неолите Приохотья // Природа. 1984. №10. С.120.

# Информация 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. Авторами могут быть специалисты, работающие в том направлении, тема которого раскрывается в статье. Суть проблемы необходимо излагать ясно и просто, избегая узкопрофессиональных терминов и математически сложных выражений. Статьи рецензируются и проходят редакционную подготовку.

Допустимый объем статьи — до 30 тыс. знаков (с пробелами). В редакцию материалы можно

прислать по электронной почте. Текст статьи, аннотация (на русском и английском языках), таблицы, список литературы и подписи к иллюстрациям оформляются одним файлом в формате doc, txt или rtf. Иллюстрации предоставляются отдельными файлами. Принимаются векторные и растровые изображения в форматах EPS или TIFF (без LZW-компрессии). Цветные и полутоновые изображения должны иметь разрешение не ниже 300 dpi, черно-белые (Bitmap) — не менее 800 dpi. Векторные изображения должны быть выполнены в программе CorelDRAW или Adobe Illustrator.

Поступление статьи в редакцию подтверждает полное согласие автора с правилами журнала. См.: [www.ras.ru/publishing/nature.aspx](http://www.ras.ru/publishing/nature.aspx); [www.naukaran.com/zhurnali/katalog/priroda/](http://www.naukaran.com/zhurnali/katalog/priroda/)

## ПРИРОДА

Ответственный секретарь  
**Е.А.КУДРЯШОВА**

Литературный редактор  
**Е.Е.ЖУКОВА**

Научные редакторы  
**М.Б.БУРЗИН**

**Т.С.КЛЮВИТКИНА**

**К.Л.СОРОКИНА**

**Н.В.УЛЬЯНОВА**

**М.Е.ХАЛИЗЕВА**

**О.И.ШУТОВА**

**А.О.ЯКИМЕНКО**

Художественный редактор  
**Т.К.ТАКТАШОВА**

Заведующая редакцией  
**И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА**

Перевод  
**А.О.ЯКИМЕНКО**

Графика, верстка:  
**С.В.УСКОВ**

Свидетельство о регистрации  
№1202 от 13.12.90

Учредитель:  
Президиум Российской академии наук

Издатель: ФГУП «Издательство «Наука»  
117997, Москва, Профсоюзная ул., 90

Адрес редакции: 117997,  
Москва, ул.Профсоюзная, 90 (к.417)  
Тел.: (495) 276-70-36 (доб. 4171, 4172)  
E-mail: [priroda@naukaran.com](mailto:priroda@naukaran.com)

Подписано в печать 23.03.2017

Формат 60×88 1/8

Бумага офсетная. Офсетная печать

Усл. печ. л. 11,16. Уч. изд. л. 12,2

Тираж 297 экз.

Заказ 172

Цена свободная

Отпечатано ФГУП «Издательство «Наука»,  
(типография «Наука»)  
121099, Москва, Шубинский пер., 6

[www.ras.ru/publishing/nature.aspx](http://www.ras.ru/publishing/nature.aspx)

При использовании материалов ссылка на журнал «ПРИРОДА» обязательна.

в следующем номере



Белый фосфор — один из самых опасных загрязнителей окружающей среды. Тем не менее его применяют в промышленности и в военных целях, а значит, он хотя бы в малых количествах неизбежно попадает в окружающую среду. Относительно недавно удалось впервые получить культуры микроорганизмов, которые растут в средах с содержанием белого фосфора до 1%. А ведь эта концентрация превышает предельно допустимую в сточных водах в 5000 раз! В специальных средах, содержащих белый фосфор в качестве единственного источника этого химического элемента, микроорганизмы растут, не испытывая фосфорного голодания. Значит, они окисляют ядовитое вещество до фосфата, необходимого им для жизнедеятельности. Это первый в мире пример включения белого фосфора в биосферный круговорот.

**А.З.Миндубаев, А.Д.Волошина, Ш.З.Валидов, Д.Г.Яхваров**  
БИОДЕГРАДАЦИЯ БЕЛОГО ФОСФОРА

