

# ПРИРОДА

7 13



**В НОМЕРЕ:****3 Амусья М.Я., Попов К.Г., Шагинян В.Р.**  
**Фермионный конденсат — норма аномалии**

Фермионный конденсат кардинально меняет ферми-жидкость Ландау и превращает ее в сильнокоррелированную — объект пристального внимания современной фундаментальной физики.

**12 Клёнова А.В., Зубакин В.А.****О чем поет большая конюга?**

В последнее десятилетие эти колониальные морские птицы привлекают внимание этологов. Как выяснилось, конюги, чтобы произвести впечатление на потенциального партнера или конкурента, используют три типа сигналов — помимо акустического и визуального еще и запаховый. Какую информацию несет каждый из них?

**24 Князев Ю.П.****Самые живописные места планеты**

В списке Всемирного наследия ЮНЕСКО подавляющее большинство особо охраняемых природных территорий отвечают критерию живописности. Это обладающие исключительной природной красотой и эстетической ценностью природные пейзажи, шедевры неживой природы, культовые центры религий и водные объекты.

**35 Корякин В.С.****Арктические ледники и глобальное потепление**

В XX в. площадь ледников на арктических островах — от Исландии до Северной Земли — существенно сократилась. Закономерности этого процесса изучаются по самым различным данным — от образных описаний путешественников начала прошлого века до современных спутниковых снимков высокого разрешения.

**42 Шлотгауэр С.Д., Пронкевич В.В., Кондратьева Е.В.****Жемчужина Нижнего Приамурья****48 Ярошевский А.А.****Еще раз об информационной природе «парадокса Гиббса»****51 Панова Т.Д.****Природный камень в жизни средневекового человека****Вести из экспедиций****56 Шефтель Б.И., Махров А.А., Бобров В.В., Артамонова В.С., Александров Д.Ю., Коблик Е.А., Банникова А.А.****Затерянный мир «Лианхуашаня»****Заметки и наблюдения****66 Захаров И.А.****Новый завоеватель мира из Азии****Комаров В.Н., Багатаев С.Г.****Секреты мыльного камня (70)****74 Блох Ю.И.****Причудливые ходы гиппогрифа  
К 125-летию Ерванда Когбетлянца****Рецензии****85 Гиляров А.М.****Семья и геоботаника**

(на кн.: А.М.Семенова-Тян-Шанская. Записки о пережитом)

**Некролог****90****Редет ближний круг...**

Памяти Астона Антоновича Комара

**В конце номера****92 Мельников И.А.****К Полюсу относительной  
недоступности**

## CONTENTS:

### **3 Amusia M.Ya., Popov K.G., Shaginyan V.R.** **Fermi Condensate as a Standard of Anomaly**

*Fermi condensate cardinaly changes Landau Fermi liquid and turns it into the strongly correlated one — the object of close attention of modern fundamental physics.*

### **12 Klenova A.V., Zubakin V.A.** **What Crested Auklet Sings about?**

*In last decade these colonial seabirds draw attention of ethologists. As it turned out, crested auklets use three types of signals to impress potential partner or competitor: besides acoustic and and visual they employ olfactory channel. What information carries each of them?*

### **24 Knyazev Yu.P.** **The Most Scenic Places of the Planet**

*In the list of UNESCO World Heritage a vast majority of protected areas meet the criteria for scenic beauty. These are natural landscapes possessing extraordinary beauty and aesthetic value, inanimate nature masterpieces, cult centers of religions and water bodies.*

### **35 Koryakin V.S.** **Arctic Glaciers and Global Warming**

*In 20 century the area of glaciers at Arctic islands, from Iceland to Severnaya Zemlya, has reduced significantly. The patterns of this process are studied using very wide kinds of data, from word-painting descriptions of travelers of the early last century to modern high-resolution satellite images.*

### **42 Shlotgauer S.D., Pronkevich V.V., Kondrat'eva E.V.** **A Pearl of Lower Amur Valley**

### **48 Yaroshevsky A.A.** **Once Again on Informational Nature of the Gibbs Paradox**

### **51 Panova T.D.** **Natural Stone in the Life of Medieval Man**

#### Notes from Expeditions

### **56 Sheftel B.I., Machrov A.A., Bobrov V.V., Artamonova V.S., Aleksandrov D.Yu., Koblik E.A., Bannikova A.A.** **The Lost world of «Lianhuashan»**

#### Notes and Observations

### **66 Zakharov I.A.** **New World Conqueror from Asia**

### **Komarov V.N., Bagataev S.G.** **Secrets of Soapstone (70)**

### **74 Blokh Yu.I.** **Bizarre Moves of Hippogriff** To 125th Anniversary of Ervand Kogbetliantz

#### Book Reviews

### **85 Ghilyarov A.M.** **Family and Geobotanics** (on book: A.M.Semenova-Tian-Shanskaya. Notes about Gone Through)

#### Obituary

### **90** **Thins out Close Circle...** In Memorial of Aston Antonovich Komar

#### In the End of the Issue

### **92 Melnikov I.A.** **To the Pole of Relative Inaccessibility**

# Фермионный конденсат — норма аномалии

М.Я.Амусья, К.Г.Попов, В.Р.Шагинян

Системы, с которыми мы хотим вас познакомить, представляют собой коллективы большого числа (с плотностью до  $10^{19}$  см<sup>-3</sup>) частиц с полужелтым собственным спином (1/2, частицы Ферми) при предельно низких температурах (~1 К и ниже). Эти частицы взаимодействуют друг с другом специфическим образом. Наряду с классическим электромагнитным взаимодействием они влияют друг на друга посредством квантовых корреляций.

## Слабость и сила корреляций

Порождаемые квантовыми корреляциями силы по своей абсолютной величине малы, нелокальны и самосогласованны. Однако при некоторых условиях именно они определяют и поведение системы, и те экзотические свойства, которые она демонстрирует. В этом случае говорят о сильных корреляциях. Поскольку понятие корреляции вводится в математической статистике хоть и довольно наглядно, но через лишние для нашего изложения формулы, ограничимся рассмотрением примера, надеясь, что визуализация этого понятия позволит понять его на интуитивном уровне. Тот же принцип пояснений новых понятий мы будем использовать и далее.

© Амусья М.Я., Попов К.Г., Шагинян В.Р., 2013



**Мирон Янкелевич Амусья**, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Физико-технического института им.А.Ф.Иоффе РАН (Санкт-Петербург), профессор Еврейского университета (Иерусалим). Область научных интересов — общая теория многих тел, атомных ядер, многоэлектронных атомов, кластеров, фуллеренов и эндоэдралов, теория фермионного конденсата и ее приложения.



**Константин Геннадьевич Попов**, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник отдела математики Коми научного центра Уральского отделения РАН. Специалист в области оптики и спектроскопии, компьютерного моделирования, вычислительной физики, теории ферми-систем.



**Василий Робертович Шагинян**, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Петербургского института ядерной физики Российского национального центра «Курчатовский институт». Занимается теорией ферми-систем.

На рис.1 изображена огромная стая скворцов, движущаяся столь согласованно (скоррелированно), что возникает ощущение, будто кроме притяжения к земле и взаимодействия с воздухом на птиц действует некая коллективная сила, придающая стае сложную форму и управляющая ее изменением. Мы знаем, что причина этого явления кроется в психологии поведения (не одних лишь птиц — по-



Рис.1. Согласованный полет стаи скворцов.

[www.youtube.com/watch?v=Mt6uZPJhJ6c](http://www.youtube.com/watch?v=Mt6uZPJhJ6c)

добным образом могут вести себя также рыбы и насекомые). В процессе своего полета скворцы не только борются с гравитацией и сопротивлением воздуха, но и контролируют расстояние до ближайших соседей (поддерживают постоянную плотность стаи), а также повторяют их маневры. С учетом погрешностей и внешних возмущений стая ведет себя как единая система, управляемая распределенным по ее объему (нелокальным) корреляционным взаимодействием. Отметим еще раз, что, хотя корреляционное взаимодействие мало по сравнению с гравитационным притяжением и усилиями птиц по обеспечению полета, именно оно определяет форму стаи и динамику ее изменения.

Поэтому, прежде чем перейти к непосредственному описанию системы ферми-частиц, ответим на вопросы: «Нужно ли для понимания свойств системы учитывать все взаимодействия, действующие в ней? Нужна ли вся информация о составляющих систему частицах?». Оказывается, нет. Рассмотрим похожую проблему, возникающую при описании поведения Мирового океана. Почти все наблюдаемые в океане процессы — от мелкой зыби и берегового прибоя до штормов, цунами и приливов — могут представляться как волны на его поверхности или коллективные возбуждения некоторой доли его частиц. Для анализа перечисленных явлений нет необходимости рассматривать всю информацию обо всех частицах океана; это непосильная задача, и результат ее решения скорее похоронил бы нужные результаты в массе ненужных, чем дал ответ на интересующие нас вопросы. Эффективный подход к решению этой задачи основан на сопоставлении каждой волне понятия «квазичастица» и описании ансамбля квазичастиц как некоторой модели океана. Квазичастицы удобно представлять в осо-

бом — импульсном — пространстве, когда каждая из них характеризуется определенной энергией и количеством движения — импульсом.

П.Дираку принадлежит метафора: «Окружающий нас мир есть океан ферми-частиц». Действительно, вещество вокруг нас в основном состоит из электронов, протонов и нейтронов, являющихся фермионами. Объединяясь в связанные группы, фермионы могут образовывать бозоны или снова фермионы (например, так получаются бозоны — атомы гелия  $^4\text{He}$  или фермионы —  $^3\text{He}$ ). Напомним, что все обнаруженные до сих пор частицы делятся на два класса: бозоны, имеющие целочисленный спин (1, 2 и т.д.),

и фермионы, несущие полуцелый спин ( $1/2$ ,  $3/2$  и т.д.). Это различие определяет их коллективное поведение. Так, в одном состоянии может находиться сколько угодно бозонов, но не более двух фермионов, и те должны иметь противоположно направленные спины (в соответствии с принципом Паули).

Например, при температуре абсолютного нуля свободные бозоны соберутся на самом нижнем энергетическом уровне, образуя систему под названием «бозонный конденсат», а фермионы при тех же условиях последовательно заполняют некоторый набор нижних состояний, «сбравшись» в конструкцию, которая в импульсном пространстве имеет форму сферы (рис.2,а). Л.Д.Ландау по-своему переформулировал наблюдение Дирака, заметив, что свойства ферми-жидкостей определяются их возбуждениями, важнейшие из которых — квазичастицы [1]. Квазичастицы, так же как и частицы, имеют массу, которую называют эффективной, поскольку она отличается от обычной, инерционной массы частицы, заряд и спин. Содержательность теории ферми-жидкости Ландау состоит в том, что именно квазичастицы задают термодинамические, транспортные и другие свойства ферми-жидкостей. В теории Ландау принципиальным было очень слабое влияние квазичастиц друг на друга, так что они походили скорее на идеальный газ, чем на жидкость. Поэтому их взаимодействие друг с другом и с внешними полями учитывалось относительно легко. В результате эффективная масса квазичастиц получилась того же порядка, что и масса фермионов, образующих жидкость, и не зависела от температуры, наложенного магнитного поля и других внешних факторов. Построенная Ландау теория нормальных ферми-жидкостей оказалась столь успешной, что за нее была присуждена Нобелевская премия по физике 1962 г.

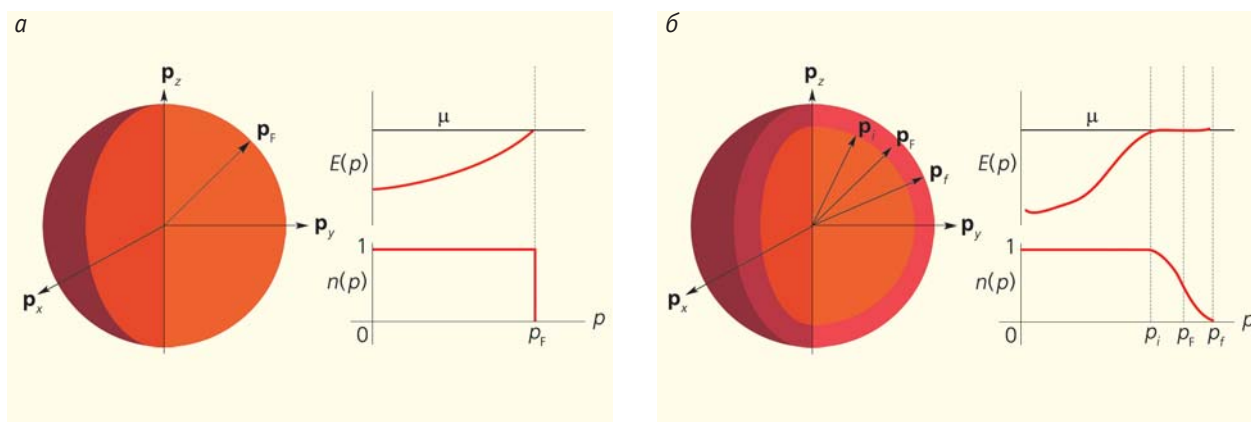


Рис.2. Сфера Ферми в разрезе (слева), одночастичный энергетический спектр  $E(p)$  и функция распределения квазичастиц по импульсам  $p$  (справа) при температуре  $T = 0$ : нормальная ферми-жидкость Ландау (а) — квазичастицы заполняют ферми-сферу до граничного импульса  $p_f$ , определяющего двумерную поверхность сферы; аномальная ферми-жидкость с фермионным конденсатом (б) — ферми-поверхность «распухает» в трехмерный слой, ограниченный импульсами  $p_i$  и  $p_f$ ; в этом же интервале энергия квазичастиц постоянна и равна  $\mu$ .

За последние 30 лет был открыт и исследован новый класс веществ, названный сильнокоррелированными ферми-системами. Их поведение принципиально отличается от нормальных ферми-жидкостей и не поддается описанию в рамках теории Ландау. Эффективная масса квазичастиц становится в сотни и тысячи раз больше той, что характерна для обычных металлов и других ферми-жидкостей. К тому же она существенно зависит от температуры, магнитного поля и других внешних полей. Поскольку в теории Ландау эффективная масса определяет термодинамические, транспортные и другие свойства, то необъяснимым становится все поведение сильнокоррелированных ферми-систем, к которым относятся высокотемпературные сверхпроводники, металлы с так называемыми тяжелыми фермионами, квазидвумерный изотоп гелия  $^3\text{He}$ , квазикристаллы и квантовые спиновые жидкости.

### От метаморфоз в импульсном пространстве к аномалиям свойств

Чтобы понять суть процессов, происходящих в новых необычных веществах, рассмотрим несколько полезных для этого идей. Начнем с внешне парадоксального утверждения: «Абсолютный нуль температуры — «горячая точка» физики». Если поведение вещества при очень высоких температурах ( $T > 10^{27}$  К) породило Теорию великого объединения (ТВО), описывающую состояние вещества с максимальной степенью симметрии, то описание вещества при  $T = 0$  привело к возникновению «анти»-ТВО-теории.

ТВО-теория представляет изменения в системе при ее охлаждении как фазовые переходы между состояниями с различной симметрией. Под сим-

метрией понимается сохранение свойств физической системы при каких-либо изменениях или преобразованиях. Так, сферическая симметрия тела означает, что тело выглядит по-прежнему, если его поворачивать в пространстве на произвольные углы. То же самое можно сказать про обычное вещество: при достаточно высокой температуре оно находится в состоянии с максимальной степенью симметрии (например, газообразном). При охлаждении, в результате тепловых процессов, происходит понижение симметрии — упорядочение, которое может проявиться в возникновении кристаллической структуры. При достижении абсолютного нуля ресурс генерации новых состояний за счет тепловых процессов оказывается исчерпанным.

Однако, как выяснилось, даже при  $T = 0$  возможны фазовые переходы, которые получили название квантовых. Среди них выделяются топологические фазовые переходы, рассмотренные в пионерских работах И.М.Лифшица (см., например, [2]). При этих переходах преобразуется поверхность Ферми, определяющая форму многочастичной системы в импульсном пространстве. Остановимся на топологическом фазовом переходе, переводящем нормальную ферми-жидкость в сильнокоррелированную. Напомним, что если система свободных бозе-частиц при  $T = 0$  представляется в импульсном пространстве в виде точки в начале координат (все частицы занимают состояние с нулевой энергией и нулевым импульсом), то система свободных ферми-частиц, как было отмечено ранее, занимает объем, ограниченный сферой Ферми. Сфера Ферми имеет двумерную поверхность — поверхность постоянной энергии, ее внешняя граница при нулевой температуре разделяет свободные и занятые состояния.

Схематическое изображение функции распределения квазичастиц по импульсам  $n(p)$  при  $T = 0$  приведено на рис.2,а. Резкая граница ферми-сферы означает отсутствие квазичастиц вне сферы и соответствует ступенчатому обрыву функции  $n(p)$  при некотором импульсе  $p = p_F$ , названном импульсом Ферми. Энергия квазичастиц  $E(p)$  монотонно возрастает с ростом импульса и равна  $\mu$ , так называемому химическому потенциалу, при  $p = p_F$ . В этой картине корреляции между частицами пока отсутствуют. Что же произойдет в системе при нарастании в ней корреляционного взаимодействия? Влиять на квантовые корреляционные эффекты в ферми-системе можно за счет нескольких факторов. Можно специальным образом подобрать химический состав соединения (обычно в него входят редкоземельные или переходные металлы). Можно управлять фазовым переходом, приложив к системе магнитное поле или давление. И наконец, можно просто менять радиус ферми-сферы, изменяя концентрацию квазичастиц. Во всех случаях надо добиваться, чтобы в конкуренции кинетической энергии (поддерживающей хаос в системе), энергии электростатического взаимодействия и энергии корреляционного взаимодействия (порождающей коллективные эффекты) возростала роль последней. Когда ее доля становится достаточно большой, вклад кинетической энергии сокращается, что можно представить как увеличение эффективной массы, которое переходит в неограниченный рост и ведет к фазовому переходу. Этот фазовый переход, минимизируя корреляционную энергию, превращает ферми-поверхность в ферми-объем, в котором все квазичастицы приобретают одинаковую энергию  $\mu$ , как это показано на рис.2,б. Можно сказать, что квазичастицы ферми-объема находятся в безразличном равновесии, и отдельная квазичастица «путешествует» в этом объеме без изменения энергии. В итоге система приобретает неферми-жидкостное поведение, определяемое, как было отмечено выше, неограниченным ростом эффективной массы при понижении температуры. Такой квантовый фазовый переход — по сути топологический: он связан с трансформацией ферми-сферы, которая из двумерного многообразия превращается в трехмерное [3] (см. рис.2,б). Как показал Г.Е.Воловик [4], этот фазовый переход обладает устойчивостью по отношению к деформациям ферми-сферы, как, например, устойчив бублик, прославившийся своей дыркой и не желающий просто так превращаться в шар. Из рисунка видно, что ферми-сфера распалась на две подсистемы: внутренняя часть шара осталась неизменной, а ферми-поверхность стала трехмерной: квазичастицы этой трехмерной оболочки имеют одинаковую энергию в интервале импульсов от  $p_i$  до  $p_f$ , и их функция распределения непрерывным образом изменяется от 1 до 0. Тот факт, что квазичастицы разбухшей оболочки имеют одинаковую

энергию, позволило авторам этого открытия В.А.Ходелю и В.Р.Шагиняну ввести для них название «фермионный конденсат» (ФК) [3].

Чем сходны и чем различаются ферми-конденсат и бозе-конденсат? Оба они представляют собой макроскопическое количество квазичастиц, объединенных (сконденсированных) в одну группу, которая характеризуется одной общей для всех частиц энергией. Если для бозе-конденсата это энергия  $E_g$  самого глубокого состояния, то для фермионного конденсата это энергия ферми-поверхности. Иллюстрирует это различие рис.3, на котором приведен график плотности состояний, или график количества квазичастиц, занимающих малый интервал по энергии  $dE$ , от энергии  $E$  до  $E + dE$ . Таким образом, ферми-конденсат создает ту же плотность состояний в ферми-объеме, что и бозе-конденсат при малой энергии. Однако есть и существенное различие с бозе-системой, которая при нулевой температуре становится полностью упорядоченной и чья энтропия в соответствии со знаменитой теоремой Нернста равна нулю. Квазичастицы ферми-системы, находящиеся в ФК, могут перемещаться из одного состояния в другое без изменения энергии и поэтому все время «поддерживают беспорядок», что приводит к конечному значению энтропии даже при нулевой температуре. Ниже мы увидим, какую физику порождает эта остаточная энтропия и что предпринимает система, чтобы сохранить теорему Нернста.

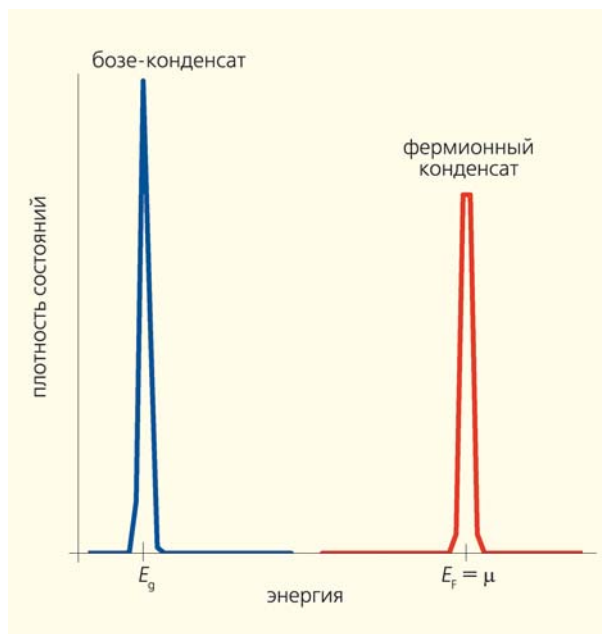


Рис.3. Плотности состояний как функция энергии частиц, указывающие на общую физику, управляющую бозе- и фермионным конденсатом. Плотности состояний выглядят одинаково, несмотря на то что пики расположены при разных энергиях.

## Штрихи к портрету фермионного конденсата

Отметим несколько специфических особенностей ФК [3, 5]. На рис.4 представлены схематические фазовые диаграммы ферми-систем с различными типами взаимодействия между частицами: кулоновским между электронами и вандерваальсовым между атомами  $^3\text{He}$ . В обоих случаях влияние корреляций на систему меняется с помощью варьирования плотности. В электронных системах фермионный конденсат возникает при понижении плотности, поскольку кинетическая энергия убывает быстрее кулоновской. Как только полную энергию начинает определять кулоновское взаимодействие, кинетическая энергия перестает управлять поведением квазичастиц у ферми-сферы и соответствующий рост эффективной массы вызывает фермионную конденсацию. В гелиевой системе, наоборот, фермионная конденсация происходит при увеличении плотности, поскольку вандерваальсово взаимодействие резко возрастает с уменьшением расстояния между атомами, что снижает роль кинетической энергии, и дальше события следуют по кулоновскому сценарию. Поэтому, несмотря на кажущееся различие гелиевой и электронной систем, в обоих случаях фазовый переход, как уже отмечалось, происходит при увеличении вклада корреляционной энергии. Как видно из рис.4, фазовый переход (линия красного цвета) происходит в некотором интервале плотностей, так что при уменьшении (увеличении) плотности растет объем «ферми-поверхности». При приближении с понижением температуры к красной линии эффективная масса частиц неограниченно растет, что показано на рис.4 пунктирными кривыми у краев фазовых переходов.

Образование ферми-конденсата заставляет вещество вести себя совсем не по-«ферми-жидкостному». Такое «вызывающее» поведение связано с огромной эффективной массой и конечной (остаточной) энтропией при абсолютном нуле температур. Эта остаточная энтропия затем исчезает вследствие разнообразных фазовых переходов системы в «нормальные» состояния с нулевым значением энтропии (например, в ферромагнитное или антиферромагнитное, в сверхпроводящее или сверхтекучее). Реализация того или иного перехода есть итог конкуренции между ними,

при которой определяющую роль играют конкретные свойства самой системы — ее состав, тип кристаллической решетки (если это твердое тело), расположение атомов в решетке и прочие особенности.

Сценарий уничтожения остаточной энтропии разыгрывается так, чтобы в финале, при  $T = 0$ , система оказалась в состоянии с наименьшей энергией и нулевой энтропией. Подобное поведение наблюдается экспериментально и выражается в огромном разнообразии фазовых переходов, которые претерпевают сильнокоррелированные ферми-системы с понижением температуры, и все «страдания» — ради того, чтобы подчиниться строгой теореме Нернста! Причем это разнообразие, как мы увидим, не нарушает универсального поведения сильнокоррелированных систем.

Переход в состояния с нулевой остаточной энтропией может осуществиться и магнитное поле, которое, взаимодействуя с магнитными моментами квазичастиц, запрещает их свободное перемещение внутри ферми-объема, занятого ФК, в результате чего остаточная энтропия обращается в нуль. С другой стороны, в металле может существовать ненулевое магнитное поле, сформированное каким-либо «посторонним» фазовым переходом, который выстраивает магнитные моменты электронов в определенный порядок. Иногда наложением внешнего магнитного поля можно полное поле внутри металла сделать равным нулю, разрушив соответствующее упорядочение маг-

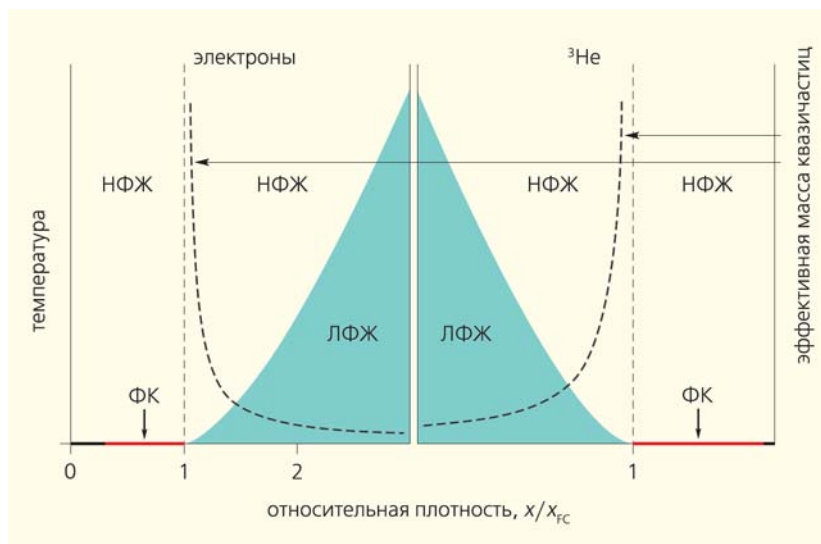


Рис.4. Фазовые диаграммы «температура—плотность» для электронов (слева) и масса—плотность для  $^3\text{He}$  (справа). Режим ферми-жидкости Ландау (ЛФЖ) выделен голубым цветом, области неферми-жидкостного поведения обозначены НФЖ, критическая линия ферми-конденсатного квантового фазового перехода показана красным. Кривые пунктирные линии демонстрируют расходимость эффективной массы квазичастиц при приближении системы к фазовому переходу. Эффективная масса квазичастиц приведена в относительных единицах. Фермионный конденсат (ФК) образуется при плотности  $x_{FC}$ .



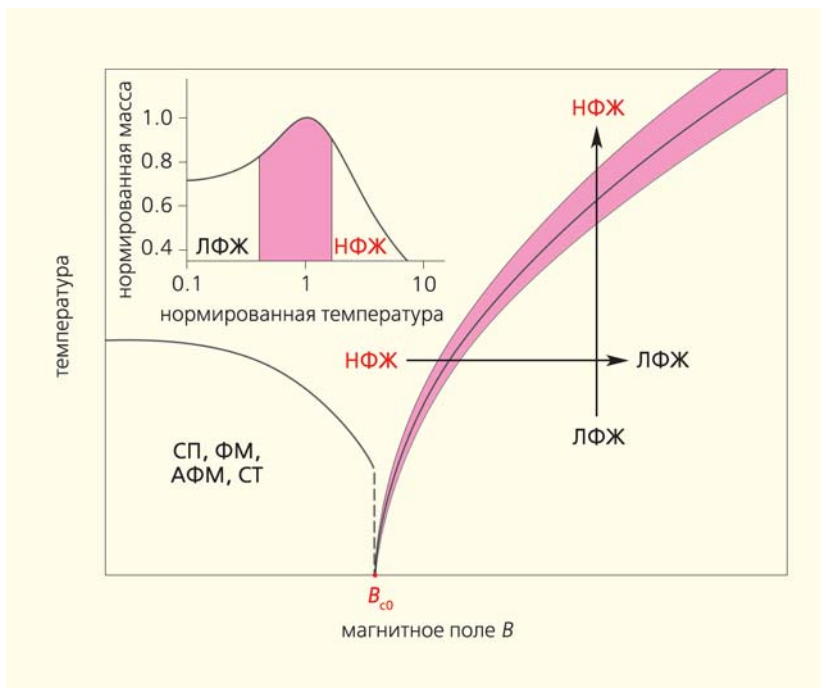


Рис.5. Схематическая фазовая диаграмма «температура — магнитное поле» для сильнокоррелированной ферми-системы.  $B_{c0}$  — критическое поле ферми-конденсатного квантового фазового перехода; горизонтальная пунктирная и вертикальная сплошная стрелки демонстрируют управляемые переходы между неферми-жидкостным (НФЖ) и ландау-ферми-жидкостным (ЛФЖ) режимами. Переходная между этими режимами область показана розовым. Буквами СП (сверхпроводимость), СТ (сверхтекучесть), ФМ (ферромагнетизм) и АФМ (антиферромагнетизм) обозначены области возможного развития этих состояний, порожденных соответствующими фазовыми переходами. На вставке приведен график универсальной зависимости нормированной эффективной массы квазичастиц от нормированной температуры.

нитных моментов. Такое поле ( $B_{c0}$ ) называют критическим, в некоторых металлах оно переводит сильнокоррелированную электронную жидкость в состояние ФК. Поскольку эффективная масса электрона (величина которой, напомним, зависит от температуры) в этом случае становится большой, подобные металлы называют металлами с тяжелыми фермионами.

На рис.5 приведена схематическая фазовая  $T-B$  диаграмма сильнокоррелированной электронной жидкости ( $B$  — индукция магнитного поля). Как мы видели выше, состояние ФК, имеющее остаточную энтропию, устраняется различными фазовыми переходами. Переходная область на фазовой диаграмме разделяет области ферми-жидкостного и неферми-жидкостного поведения. Система может быть обратно переведена из одного режима в другой путем изменения магнитного поля (горизонтальная стрелка) или температуры (вертикальная стрелка). Этот факт может найти практическое применение в устройствах спинтроники как переключатель из одного магнитного состояния в другое.

## От теории к реальности...

Физика — наука экспериментальная. Какие же существуют доказательства реальности фермионного конденсата на опыте? Их поиск облегчается тем, что ФК, возникающий как следствие топологического (и квантового — поскольку происходит при нулевой температуре) фазового перехода, наделяет соответствующую систему универсальным поведением, которое проявляют самые разнообразные вещества. Главная особенность систем с ФК — одинаковая зависимость эффективной массы от температуры и магнитного поля — позволяет не только привести экспериментальные доказательства, но и объяснить удивительно похожее поведение множества самых разных систем. Эта особенность эффективной массы системы с ФК дает возможность положить ее в основу экспериментального подтверждения теории сильнокоррелированной ферми-жидкости. Отметим, что концепция фермионного конденсата обобщает теорию ферми-жидкости Ландау. Сохранив один из самых важных элементов теории Ландау — понятие квазичастиц, новая теория наделила квазичастицы принципиально новым качеством: их эффективная масса стала сильно зависеть от температуры, наложенного на систему магнитного поля, давления и других факторов. Именно это свойство ложится в основу сложной зависимости характеристик системы от температуры и магнитного поля, а также обеспечивает универсальный характер этой зависимости. На рис.6, слева показаны результаты измерения величины, пропорциональной эффективной массе: электронной теплоемкости, деленной на температуру ( $C_{el}/T$ ), при различных магнитных полях. Как видно из графиков, при низких температурах эффективная масса квазичастицы постоянна: магнитное поле достаточно сильно, чтобы разрушить влияние ФК и восстановить в правах теорию ферми-жидкости Ландау. Затем, с ростом температуры, масса достигает максимума и начинает убывать. Эта переходная область соответствует ослаблению действия магнитного поля и отделяет режим ферми-жидкости Ландау от неферми-жидкостного, когда эффективная масса начинает зависеть от температуры. Из теории ФК следует, что эффективная масса обладает свойством масштабируемости,

алью новым качеством: их эффективная масса стала сильно зависеть от температуры, наложенного на систему магнитного поля, давления и других факторов. Именно это свойство ложится в основу сложной зависимости характеристик системы от температуры и магнитного поля, а также обеспечивает универсальный характер этой зависимости. На рис.6, слева показаны результаты измерения величины, пропорциональной эффективной массе: электронной теплоемкости, деленной на температуру ( $C_{el}/T$ ), при различных магнитных полях. Как видно из графиков, при низких температурах эффективная масса квазичастицы постоянна: магнитное поле достаточно сильно, чтобы разрушить влияние ФК и восстановить в правах теорию ферми-жидкости Ландау. Затем, с ростом температуры, масса достигает максимума и начинает убывать. Эта переходная область соответствует ослаблению действия магнитного поля и отделяет режим ферми-жидкости Ландау от неферми-жидкостного, когда эффективная масса начинает зависеть от температуры. Из теории ФК следует, что эффективная масса обладает свойством масштабируемости,

или скейлинга. Если нормировать  $C_{el}/T$  на ее значение в какой-нибудь точке, например в точке максимума, а температуру, соответственно, — на значение, при котором отношение  $C_{el}/T$  максимально, то поведение нормированной величины будет описываться некоей универсальной функцией, совпадающей с аналогичным образом нормированной функцией эффективной массы. Эта функция не зависит от химического состава образца, приложенного магнитного поля, плотности квазичастиц, конкретного типа фермионов и т.д. Из теории Ландау известно, что многие физические характеристики ферми-систем зависят от эффективной массы квазичастиц — значит, и они обладают скейлинговым поведением. На рис.6, справа приведены нормированные графики  $C_{el}/T$ ; как и следовало ожидать, они совпадают друг с другом, обнаруживая скейлинг в очень широком диапазоне — при изменении нормированной температуры более чем на три порядка. Поведение нормированной эффективной массы квазичастиц иллюстрируется вставкой на рис.5, где приведена ее теоретическая зависимость от температуры при различных значениях магнитного поля, в которое помещена рассматриваемая система. Расчетная кривая из этой вставки наложена на экспериментальные данные, показанные на рис.6, справа. Хорошее согласие теории с экспериментом служит доказательством существования ФК. На рис.7 приведены кривые зависимости нормированной эффективной массы от нормированной температуры, извлеченные из измерений теплоемкости, магнитной восприимчивости, сопротивления, коэффициента объемного расширения ряда металлических сплавов, а также энтропии тонких пленок  $^3\text{He}$ . Видно, что все кривые хорошо совпадают друг с другом и с универсальной функцией, вычисленной в теории ФК.

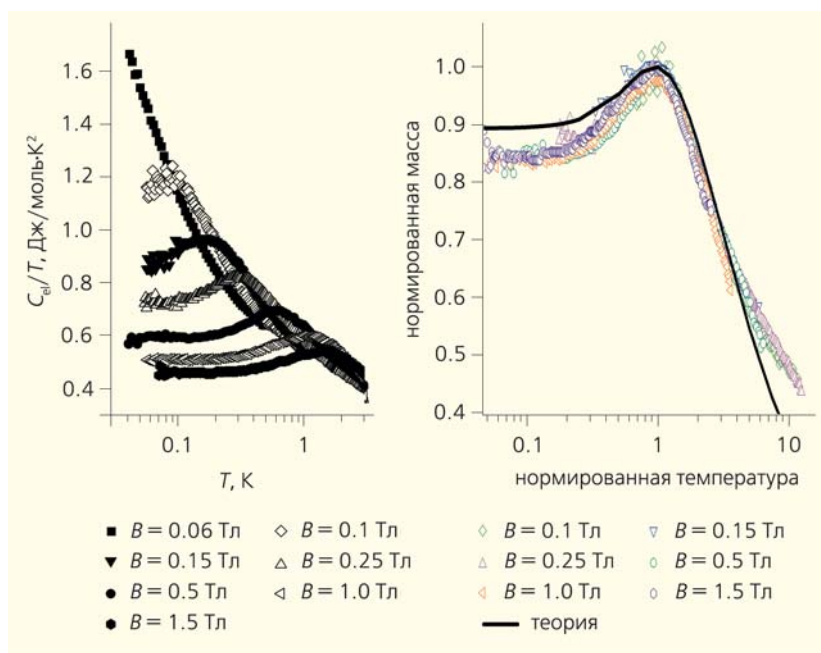


Рис.6. Зависимость электронной теплоемкости  $C_{el}$ , деленной на температуру  $T$ , для металла с тяжелыми фермионами  $\text{YbRh}_2\text{Si}_2$  как функция температуры для различных значений магнитного поля  $B$  (слева); то же после масштабирующего преобразования (правая панель). Сплошная линия — наш расчет [6].

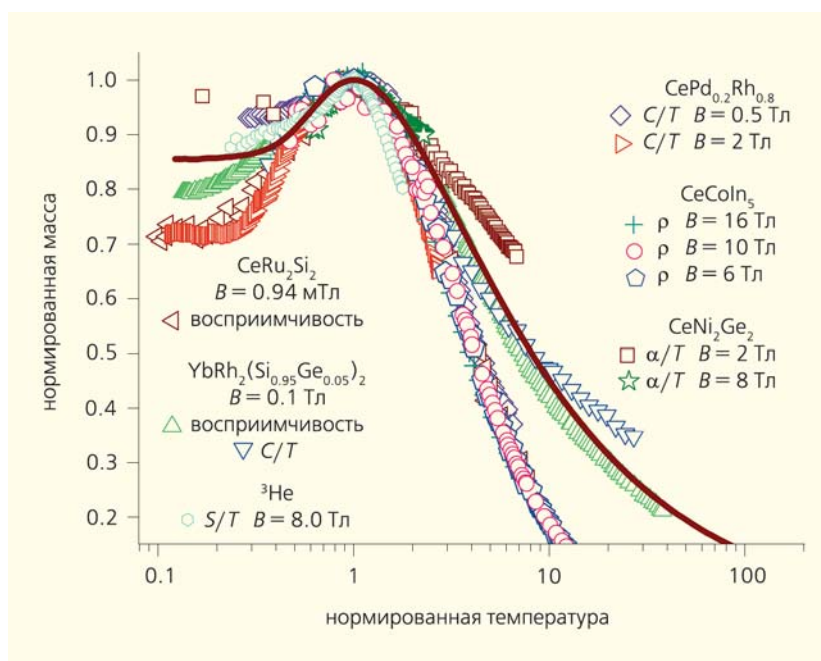


Рис.7. Температурные зависимости нормированной эффективной массы, найденной из теплоемкости и магнитной восприимчивости металла с тяжелыми фермионами  $\text{YbRh}_2(\text{Si}_{0.95}\text{Ge}_{0.05})_2$ , магнитной восприимчивости для  $\text{CeRu}_2\text{Si}_2$ , теплоемкости  $\text{CePd}_{0.2}\text{Rh}_{0.8}$ , сопротивления  $\text{CeCoIn}_5$ , коэффициента объемного расширения  $\text{CeNi}_2\text{Ge}_2$  и энтропии для  $^3\text{He}$ . Когда вдоль оси  $x$  откладывается температура, нормированная на значения, при которых эффективная масса максимальна, кривые сливаются в одну, демонстрируя скейлинговое поведение, предсказываемое теорией (сплошная кривая).

### ...и к конкретным проблемам

В качестве примера применения отметим недавние достижения теории фермионного конденсата в выявлении и описании квантовой спиновой жидкости в минерале гербертсмитите  $ZnCu_3(OH)_6Cl_2$  и объяснении термодинамических свойств квазикристалла  $Au_{51}Al_{34}Yb_{15}$ . Обе эти задачи имеют многолетнюю драматическую научную историю и достойны отдельных статей. Мы же лишь кратко остановимся на применении теории ФК к этим пока еще очень необычным объектам.

В 1973 г. Ф.Андерсон выдвинул гипотезу о возможности существования спиновой жидкости [7], в которой не сами частицы сильно взаимодействуют и движутся неупорядоченно, а их спины. Идея положила начало экспериментальным поискам спиновых жидкостей в природных объектах и теоретическому изучению ее гипотетических свойств. Поиск увенчался успехом лишь в последние годы, когда были проведены прецизионные исследования нового минерала  $ZnCu_3(OH)_6Cl_2$ , получившего название гербертсмитита в память о минерологе Г.Смите. Эксперименты по измерению теплоемкости и магнитной восприимчивости, теоретический анализ этих характеристик, а также прямое наблюдение квазичастиц-спинов в опытах по рассеянию нейтронов на этом кристалле в 2012 г. позволили заключить, что он содержит экзотическую квантовую спиновую жидкость [8]. Гербертсмитит — изолятор со слоистой структурой, в каждом слое которой реализована плоская кагоме-решетка (названная так из-за внешнего сходства с узором японской плетки) с ионами меди  $Cu^{+2}$  со спином  $1/2$  в вершинах равносторонних шестиугольников. Математическое исследование энергетических спектров кагоме-решетки показало, что существует плоская, бездисперсионная ветвь, идентичная энергетическому спектру фермионного конденсата. В связи с этим вполне естественно рассмотреть модель сильнокоррелированной фермижидкости, состоящей из электрически нейтральных частиц, обладающих полуцелым спином, — спинов. Проведенные в рамках теории ФК расчеты [9], результаты которых показаны вместе с экспериментальными данными на рис.8, хорошо описывают термодинамику гербертсмитита и демонстрируют, что квантовая спиновая жидкость в этом минерале обладает скейлинговыми свойствами и характеризуется универсальным поведением, специфическим для металлов с тяжелыми фермионами. Это поведение отмечено важным исключением: гербертсмитит — изолятор, т.е. не проводит электрический ток. Термодинамические свойства изоляторов, как известно, кардинально отличаются от соответствующих свойств металлов, что делает гербертсмитит с его «металлическим» характером изолятором и магнитом нового типа.

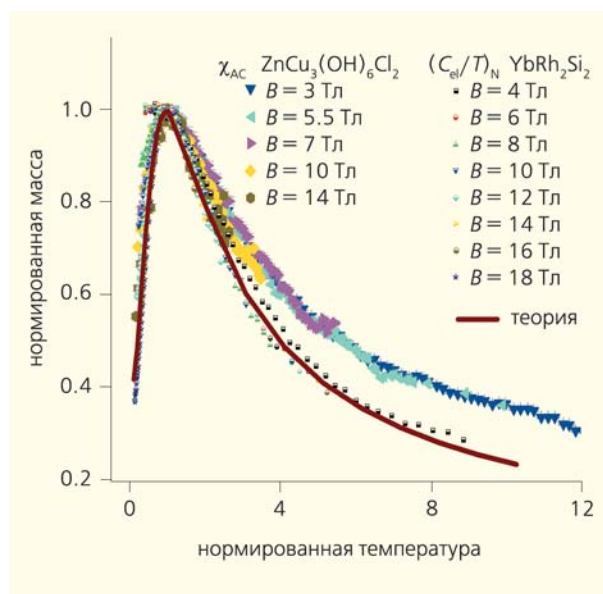


Рис.8. Нормированная эффективная масса, определенная по измерениям  $C_{el}/T$  на металле с тяжелыми фермионами  $YbRh_2Si_2$  и магнитной восприимчивости  $\chi$  для гербертсмитита  $ZnCu_3(OH)_6Cl_2$ , как функция нормированной температуры при различных значениях магнитного поля, указанных в прямоугольниках. Скейлинговое поведение: кривые совпадают друг с другом и с вычисленной нами зависимостью (сплошная линия) при относительно невысоких значениях нормированной температуры ( $< 4$ ); в сильных магнитных полях это поведение разрушается.

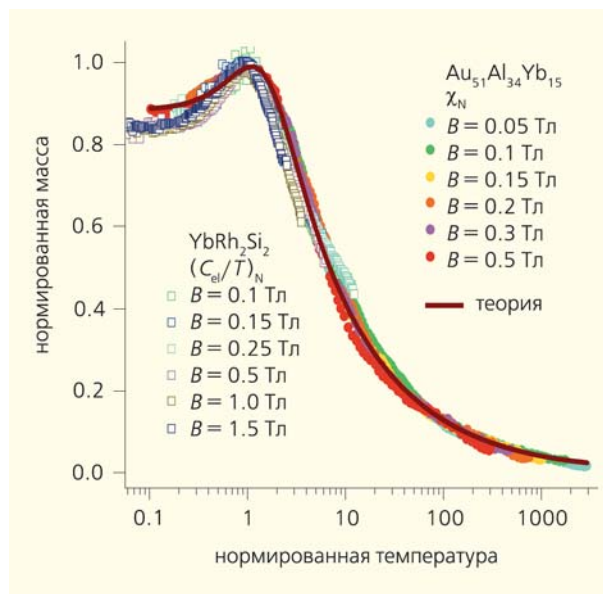


Рис.9. Нормированная эффективная масса, извлеченная из измерений  $C_{el}/T$  на металле с тяжелыми фермионами  $YbRh_2Si_2$  и из магнитной восприимчивости  $\chi$  для квазикристалла  $Au_{51}Al_{34}Yb_{15}$  как функция температуры при различных магнитных полях. Все кривые совпадают друг с другом и с результатами расчета (сплошная линия).

А в 1982 г. Д.Шехтман получил рентгеновский спектр сплава, который свидетельствовал, что у объекта есть ось симметрии пятого порядка, т.е. поворот его вокруг этой оси на угол  $360^\circ/5 = 72^\circ$  был тождественным преобразованием. Кроме того, у образца не существовало дальний порядок, но отсутствовала трансляционная симметрия [10]. Полученный результат показывал, что в руки исследователей попал не кристалл, а что-то иное. В итоге такие структуры получили название квазикристаллов, а Шехтман — Нобелевскую премию за 2011 г. Примечательно, что вначале его результаты отказывались даже публиковать, а дважды лауреат Нобелевской премии Л.Полинг утверждал: «Нет квазикристаллов, есть квазиученые».

Исследование квазикристаллов сейчас — чрезвычайно интересная задача хотя бы потому, что они занимают некоторое промежуточное положение между кристаллами и аморфным веществом. В наше время ученые вооружились технологиями выращивания высококачественных кристаллов и квазикристаллов, а также техникой, позволяющей проводить измерения при температурах до 10 мК в магнитных полях величиной в десятки тесла. Поэтому только теперь появились надежные экспериментальные данные о термодинамических и транспортных характеристиках ряда веществ. В частности, были обнаружены пиковые плотности состояний (аналогичные приведенным на рис.3) в квазикристалле  $\text{Au}_{51}\text{Al}_{34}\text{Yb}_{15}$ , а измерения магнитной восприимчивости как функ-

ции температуры и магнитного поля показали, что электронная система этого соединения ведет себя как сильнокоррелированная. Анализ экспериментальных данных в рамках теории ФК показал, что квазикристалл данного типа ведет себя аналогично металлам с тяжелыми фермионами [11]. На рис.9 приведена иллюстрация сказанному: расчеты в рамках теории ФК сравниваются с поведением нормированной эффективной массы, извлеченной из эксперимента.

\* \* \*

В заключение отметим, что область физических систем, рассматриваемых в рамках теории фермионного конденсата, может быть расширена. Среди «кандидатов» можно упомянуть нейтронные звезды, атомные кластеры, ультрахолодные газы в ловушках, ядра, кварк-глюонную плазму и даже Вселенную, жизнь в которой возможна благодаря отсутствию в ней антивещества. Вполне вероятно, что антивещество устраняется фермионным конденсатом. Успешное объяснение разнообразных свойств металлов с тяжелыми фермионами, квантовой спиновой жидкости, квазикристаллов и ряда других веществ свидетельствует, что теория фермионного конденсата предлагает неожиданно простое и надежное описание сильнокоррелированных ферми-систем, которые из редких лабораторных образцов превращаются в широкий класс новых, технологически перспективных и самых разнообразных материалов. ■

## Литература

1. Ландау Л.Д. Теория ферми-жидкости // ЖЭТФ. 1956. Т.30. С.1058—1067.
2. Каганов М.И., Лифшиц И.М. Электронная теория металлов и геометрия // УФН. 1979. Т.129. С.487—529.
3. Ходель В.А., Шагинян В.Р. Сверхтекучесть в системах с фермионным конденсатом // Письма в ЖЭТФ. 1990. Т.51. Вып.9. С.488—490.
4. Воловик Г.Е. О новом классе нормальных ферми-жидкостей // Письма в ЖЭТФ. 1991. Т.53. Вып.4. С.208—211.
5. Khodel V.A., Sbaginyan V.R., Khodel V.V. New approach in the microscopic Fermi system theory // Physics Reports. 1994. V.249. P.1—134.
6. Sbaginyan V.R., Amusia M.Ya., Msezane A.Z., Popov K.G. Scaling behavior of heavy fermion metals // Physics Reports. 2010. V.492. P.31—109.
7. Anderson P.W. Resonating valence bonds: A new kind of insulator? // Mater. Res. Bull. 1973. V.8. №2. P.153—160.
8. Han T., Helton J.S., Chu S. et al. Fractionalized excitations in the spin-liquid state of a kagome-lattice antiferromagnet // Nature. 2012. V.492. P.406—410.
9. Sbaginyan V.R., Msezane A.Z., Popov K.G. et al. Identification of strongly correlated spin liquid in herbertsmithite // Europhysics Lett. 2012. V.97. P.56001—56006.
10. Shechtman D., Blech I., Gratias D., Cahn J. Metallic phase with long-range orientational order and no translational symmetry // Phys. Rev. Lett. 1984. V.53. №20. P.1951—1954.
11. Sbaginyan V.R., Msezane A.Z., Popov K.G. et al. Common quantum phase transition in quasicrystals and heavy-fermion metals // arXiv:1302.1806.

# *О чем поет большая конюга?*

А.В.Клёнова, В.А.Зубакин





Хорошо известно, что животные с помощью сигналов, будь то звуки, запахи или демонстрации брачных украшений, могут распространять самые разные сведения о себе — например, о поле, возрасте, физиологическом состоянии, социальном положении или намерениях. Нередко «резюме» бывает приукрашено, особенно если у потенциальных партнеров или конкурентов нет возможности напрямую оценить качества сородича. Разобраться, правдива ли информация, порой очень непросто. Между тем правильная ее оценка чрезвычайно важна для животных, особенно при выборе брачного партнера. «Лучший» из них тот, кто позволит произвести на свет и вырастить большее количество потомков, т.е. особь, обладающая наилучшей физической формой, занимающая лучшую территорию, имеющая достаточно навыков и опыта, необходимого для выращивания потомства, и т.п.

Преимущества, получаемые от «правильного» выбора партнера для размножения, вполне понятны. Например, если самка предпочтет самца, который смог отвоевать самый большой и кормный участок, ее детеныши будут обеспечены пищей в течение всего периода их развития. Кроме того, они получают от такого самца «хорошие гены», позволившие ему силой или хитростью отстоять эту территорию от посягательств конкурентов. Однако в реальности особь обладает и множеством других качеств, не всегда жестко связанных друг с другом. Чтобы оценить все достоинства и недостатки потенциального партнера, животным приходится анализировать информацию, получаемую по всем доступным им каналам связи. Как соотносятся различные коммуникативные сигналы (звук, запах и т.д.) и на что различные виды животных обращают первостепенное внимание? Эти вопросы, давно

© Клёнова А.В., Зубакин В.А., 2013



**Анна Викторовна Клёнова**, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории поведения животных кафедры зоологии позвоночных Биологического факультета МГУ им.М.В.Ломоносова. Область научных интересов — акустическая коммуникация и социальное поведение птиц.



**Виктор Анатольевич Зубакин**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологии и управления поведением птиц Института проблем эволюции и экологии им. А.Н.Северцова РАН. Занимается изучением феномена колониального гнездования птиц.

интересовавшие ученых, активно обсуждаются и в настоящее время, но до полной ясности еще далеко.

В последнее десятилетие активно изучается социальное поведение необычной птицы семейства чистиковых — большой конюги (*Aethia cristatella*), которая использует для коммуникации визуальный, акустический и ольфакторный (от лат. olfactorius — благовонный, душистый) сигналы [1]. Интересно было сравнить значение каждого из них, понять, какая информация передается, например,



Подлетающие на колонию большие конюги.

Здесь и далее фото А.В.Клёновой

звуками, какая — запахами, могут ли эти каналы связи дублировать друг друга и если да, то зачем это нужно птице.

### Общежитие

Большая конюга — морская колониальная птица массой около 300 г с очень оригинальной внешностью. Характерные украшения (орнаментация) — хохолок над ярко-оранжевым клювом и белые косицы за глазами — появляются весной, перед началом сезона размножения, а с осенней линькой

почти полностью исчезают. Большая конюга относится к трибе Aethini, включающей еще три вида (малую конюгу, конюгу-крошку и белобрюшку), которые также выглядят весьма неординарно и стали прекрасным объектом для изучения социального поведения, роли полового отбора в развитии орнаментации и хемокоммуникации [1, 2]. Все конюги мономорфны, т.е. самцы и самки почти не отличаются ни размерами, ни окраской оперения, ни характерной орнаментацией.

Обитают эти птицы лишь в северной части Тихого океана — в Беринговом и Охотском морях, а также в зал. Аляске; питаются зоопланктоном.





Каменные осыпи, заселенные большой конюгой.

В период гнездования большие конюги населяют каменистые осыпи на береговых склонах небольших островов, образуя многотысячные колонии; в наиболее крупных из них более миллиона птиц. Гнезда они устраивают в естественных расщелинах между камнями. В «многоэтажном общежитии» до нескольких метров глубиной гнездовые камеры могут сообщаться с поверхностью общим выходом, но в каждой из них поселяется лишь одна семейная пара [1, 2].

Большие конюги прилетают на колонии в начале мая, когда на многих участках осыпей еще лежит снег, и формируют пары. Птицы эти строго моногамны, однако не все пары сохраняются длительное время (в течение как минимум четырех сезонов подряд), около половины семей распадается уже на следующий год. Далеко не всегда смена партнеров связана с гибелью одного из них; известны, например, случаи, когда самцы-соседи меняются самками, а спустя год одна из прежних пар восстанавливается [3]. Самцы, как правило,

жестко привязаны к своим территориям, и при образовании новой пары сохраняют за собой гнездовую камеру.

В кладке большой конюги лишь одно яйцо, которое попеременно насиживают оба родителя, сообща они заботятся и о птенце. Но выкормить даже единственного отпрыска бывает непросто: в случае гибели одного из партнеров второй часто не справляется с возросшей нагрузкой, и птенец погибает. Подросшие птицы становятся самостоятельными (покидают гнездо и сразу улетают в море) в возрасте 35–40 дней, а к размножению приступают на третий-четвертый год жизни [1, 2]. Данных о продолжительности жизни больших конюг очень мало, но живут они, видимо, долго: известны встречи особей, окольцованных 20 лет назад.

Среди множества прочих морских птиц конюги выделяются поразительно высокой социальной активностью и по времени, которое они тратят на взаимодействия с собратьями в колонии, могут



Птенец в гнездовой камере.

сравниться с такими высокосоциальными млекопитающими, как, например, колониальные грызуны и приматы. Важно подчеркнуть, что такой ритм жизни конюги сохраняют не только в мае, во время формирования пар, но и в период насиживания и даже в первые дни выкармливания птенцов. Пока один родитель находится в гнезде, второй, свободный в это время от семейных забот, активно участвует в жизни колонии на поверхности осыпи [4].

Общаются, «флиртуют» с соседями, формируют пары большие конюги в «клубах» (такие скопления — характерная особенность социальной организации колоний этого вида). Именно здесь проводят около четверти времени не только холостые, но и свободные от насиживания птицы в течение всего периода размножения — от прилета на снежки до середины периода выкармливания птенцов [1, 2, 4]. Интересно, что в «клубах» проявляется индивидуальность птиц — одни весьма ветрены, «флиртуют» со всеми подряд, другие общаются только с кем-то одним, причем такие «клубные связи» на следующий год могут стать полноценными брачными союзами [4].

Важную роль при социальном взаимодействии больших конюг с особями своего вида имеют элементы орнаментации: например, и самцы, и самки предпочитают партнеров с большими хохолками. Оказалось, что чем меньше длина этого украшения у самки, тем больше вероятность, что ее партнер в будущем выберет другую подругу, и ничто (ни успех предшествующего размножения пары, ни физическая форма) не спасет пару от разрыва. Получается, что размер хохолка, никак не связанный с размером или состоянием особи, сам по себе — фактор, на который конюги прежде всего обращают внимание при образовании пары [5].

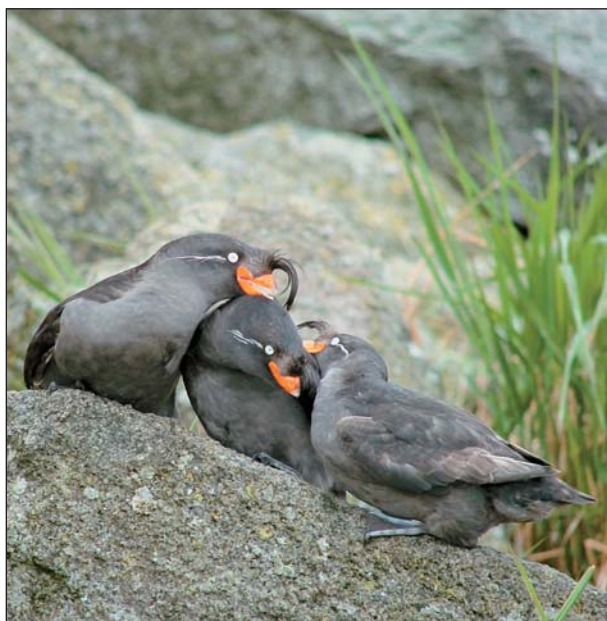
## Цитрусовый аромат

Другая уникальная особенность больших конюг — специфический приятный, цитрусовый, аромат их оперения, который хорошо ощущается даже человеком. Запах, как и орнаментация, появляется перед началом сезона размножения, а исчезает осенью. Благоухают и самцы, и самки, а источают пахучие вещества видоизмененные нитевидные перья, расположенные на загривке и между лопатками [6]. У класса птиц в целом обоняние развито гораздо хуже, чем, например, у млекопитающих; не обнаружены и специальные пахучие кожные железы [7]. Большая конюга — редкое исключение среди пернатых, и неудивительно поэтому, что эта особенность так привлекает внимание специалистов по хемокommunikации.

В настоящее время существует два возможных объяснения наличия запаха у большой конюги. По первому предположению, пахучие вещества защищают ее от эктопаразитов [8]. Дело в том, что в состав секрета желез птицы входят ненасыщенные альдегиды, которые выделяют и некоторые насекомые, использующие их в качестве репеллентов против беспозвоночных. Гипотеза была подтверждена в лабораторных условиях, причем смесь альдегидов оказалась эффективнее ее компонентов в отдельности [9]. Однако позднее выяснилось, что в естественной среде цитрусовый аромат не влияет на выживаемость эктопаразитов. Кроме того, оказалось, что у близкого большой конюге вида — конюги-крошки (*A. pusilla*), живущей в тех же условиях на тех же островах, нет цитрусового запаха и при этом она меньше заражена перьевыми паразитами и пухоедами, чем ее «ароматная» родственница [10]. Тем не менее, полностью от этой гипотезы ученые пока не отказываются.

Более правдоподобным выглядит другое предположение: цитрусовый запах — это элемент ольфакторной сигнализации [6, 7, 11, 12]. Во-первых, он, как и брачный наряд из перьев и ярких пластин на клюве, начинает появляться у конюг незадолго до сезона размножения и утрачивается к его концу [7]. Во-вторых, в экспериментах конюги с искусственно усиленным естественным запахом по сравнению с обычно пахнущими птицами вызывали больший интерес собратьев, причем как самцов, так и самок [12]. В-третьих, обнаружена связь между концентрацией секрета кожных желез и содержанием прогестерона в крови у самцов большой конюги. По-видимому, выделения пахучих веществ вызвано сезонными изменениями концентрации стероидных гормонов, которые влияют на различные физиологические процессы [13].

Наблюдая за большой конюгой в природе, нельзя не заметить птиц, которые, принимая различные позы (угрожающие, токовые и др.), распу-



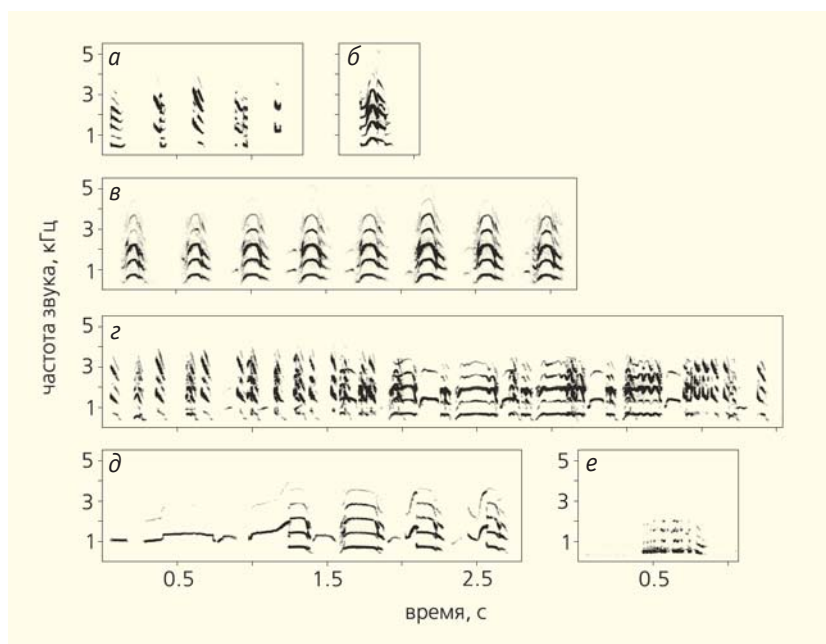
Большие конюги, привлеченные цитрусовым запахом демонстрирующей себя птицы.

шают перья на загривке, что, по-видимому, способствует формированию вокруг них запахового облака. Это, в свою очередь, привлекает к демонстрирующей себя птице соседних конюг и побуждает их прикоснуться к ней и погрузить клюв в ее оперение. Взаимодействуя таким образом, конюги могут лучше оценить запах демонстрирующей себя особи. Кроме того, предполагается, что так может переноситься запах с одной птицы

на другую — в первую очередь между партнерами и соседями, гнездящихся поблизости. Это может способствовать формированию группового запаха, важного при ориентации в море и при выборе места приземления в колонии.

Ольфакторная сигнализация характерна для некоторых коллективных высокосоциальных видов млекопитающих — например, перенос запаха описан у большой песчанки (*Rbombomys opimys*)

[14]. Для птиц же такая особенность уникальна; во всяком случае, большая конюга — вероятно, единственный вид из семейства чистиковых, для которого доказана важная роль обоняния в социальных взаимоотношениях. Для этой птицы, по-видимому, запах имеет не меньшее значение при установлении социального статуса, чем брачный наряд. Между тем, конюги обладают еще и чрезвычайно высокой вокальной активностью и сложным репертуаром, в котором присутствуют как одиночные крики, так и комплексные последовательности, включающие акустические сигналы различной структуры, издаваемые в определенном порядке [15]. Мы предположили, что у конюг звуки должны играть не меньшую роль в системе социальных взаимоотношений, чем орнаментация и запах.



Спектрограммы криков: а — бормотание, б — лай, в — сериальный лай, г — кеклинг (дуэт самца и самки), д — триумфальный крик, е — воркование.



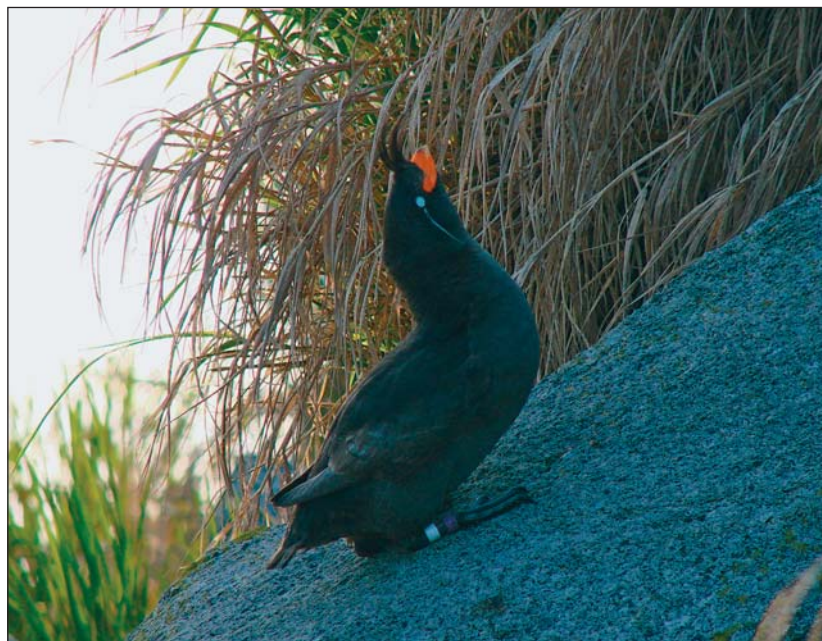
Северный склон о.Талан, где располагается одна из крупнейших колоний большой конюги в Охотском море.

### Триумфальный крик в позе «токующего глухаря»

Для изучения акустического поведения больших конюг мы отправились на о.Талан, где существует одна из самых крупных (около 250 тыс. особей) колоний этих птиц Охотского моря. Материал для этой работы мы собирали в летние месяцы в 2008—2011 гг. Наблюдения за поведением птиц и записи их звуков проводили на участке склона площадью около 80 м<sup>2</sup>. Там птиц отлавливали, метили цветными кольцами и взвешивали, а также измеряли основные морфометрические параметры и брали образцы перьев для генетического определения пола. Всего за первые два года исследования нам удалось пометить 112 конюг. Чтобы меньше беспокоить птиц, наблюдали за ними из засидки, расположенной в 15 м от центра площадки, а микрофоны выносили поближе к центрам активности птиц. Записывали мы триумфальный крик, который издают конюги, принимая позу, напоминающую токующего глухаря, потому этот крик еще называют «глухариная песня». Обычно так «поют» самцы, но иногда и самки, причем явных половых различий в структуре крика мы

не выявили. Заслышав его, конюги-соседи стремятся приблизиться к певцу и погрузить клюв как можно глубже в оперение его шеи или спины либо хотя бы дотронуться до него.

Триумфальный крик имеет довольно сложную структуру: последовательность различных звуков грубо можно подразделить на две группы — более громкие низкочастотные и более тихие высокочастотные (их птицы издают, по-видимому, на



Самец большой конюги, принявший позу, в которой всегда исполняется триумфальный крик.



Поющие самцы (отмечены стрелками), которые привлекли внимание других птиц. Слушатели нередко пытаются приблизиться к певцу и дотронуться до его оперения или даже погрузить клюв как можно глубже в районе шеи или спины.

вдохе). Всего было проанализировано более 1.5 тыс. криков от 41 самца.

На первом этапе работы было решено протестировать на индивидуальные различия записи триумфальных криков 21 самца, полученные в течение нескольких сезонов размножения. В результате статистических анализов, позволяющих учитывать сразу несколько параметров криков, мы обнаружили в «глухариных песнях» конюг индивидуальные особенности, причем необычайно яркие и устойчиво сохраняющиеся из года в год. Любопытно, что никакие перемены (например, смена партнера по размножению или местоположения гнезда) не сбивали с толку поющих самцов и не мешали им всегда воспроизводить свои песни с невероятной точностью. В песнях некоторых конюг индивидуальные особенности оказались столь заметны, что их можно было легко различить не только на спектрограммах, но и на слух.

Такие яркие индивидуальные черты были обнаружены в звуках лишь очень ограниченного количества млекопитающих и птиц. А уж их устойчивое сохранение на протяжении трех сезонов подряд и вовсе стало неожиданной находкой. Известно, что со временем у довольно многих видов позвоночных животных звуки постепенно и неуклонно меняются, что приводит к постоянному «размыванию» их различий. Пока известно лишь четыре вида птиц, у которых индивидуальные особенности в звуках сохраняются более года, и десятки видов без такой устойчивости.

В нашем исследовании мы также затронули интересный фундаментальный вопрос о степени пластичности акустических сигналов у вида со сложной социальной организацией. Известно, что к вокальному обучению в явном виде способны лишь три неродственные группы птиц (попу-

гаи, колибри и певчие воробьиные) и четыре группы млекопитающих (люди, летучие мыши, китообразные и ластоногие). Однако заметная пластичность вокализаций под воздействием условий социальной среды была описана и у некоторых видов животных, не входящих в этот «закрытый клуб». Например, самцы обыкновенной гагары (*Gavia immer*), переселившись на новое озеро, меняют рисунок своего крика так, чтобы максимально отличаться от новых соседей по территории [16]. А вот некоторые приматы, попав в новую группу, наоборот, стараются подражать крикам соседей [17]. Но в нашем исследовании, посвященном большой конюге, ничего похожего обнаружить не удалось. Социальное окружение никак не влияло на характер триумфальных криков. Напомним, самцы жестко придерживались определенного, раз и навсегда выбранного рисунка песни и не стремились изменить его, оказавшись в окружении других птиц или получив другого партнера по размножению. Можно предположить, что конюгам важнее сохранять индивидуальность, чтобы оставаться узнаваемыми для своих соседей от года к году.

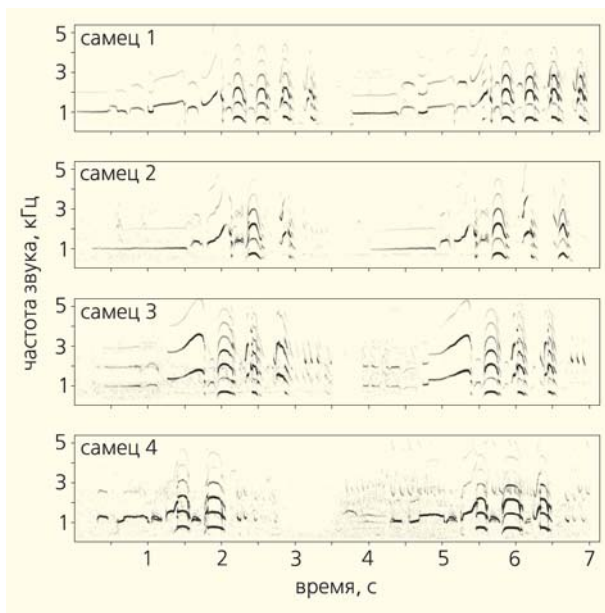
### «Вокальные дуэли»

Во второй части исследования мы анализировали признаки качества птицы по ее триумфальному крику. Другими словами, мы решили выяснить, достаточно ли услышать «глухариную песню», чтобы узнать о физических данных и социальном положении исполнителя.

Но прежде нам необходимо было самим оценить качество каждого поющего самца, и сделать это оказалось не так-то просто. Всех отловленных



Фрагменты «вокальной дуэли» двух самцов: вверху — один (1) поет на вершине камня, а другой (2) находится у его основания и молчит; внизу — самец 2 поет у основания камня, самец 1 молчит, оставаясь на его вершине.



Спектрограммы триумфальных криков четырех самцов (по два крика от каждого самца). Индивидуальные особенности в рисунке частотной модуляции заметны даже невооруженным глазом.



Один из микрофонов, которые мы устанавливали около мест наибольшей активности больших конюг.

для индивидуального меченья конюг мы взвешивали, измеряли длину крыла, цевки и клюва, что может служить хорошими показателями размера и физического состояния птицы. Кроме того, мы мерили высоту клюва, длину косицы и хохолка, а это, напомним, важные признаки для поиска партнера по размножению, а также для «клубной» активности. Мы предположили, что чем крупнее и тяжелее самец или чем длиннее его хохолок и косицы, тем выше должны быть его физические данные, его «качество».

Далее мы проверили, существует ли какая-либо взаимосвязь между частотно-временными параметрами триумфального крика и физическими данными исполнившей его птицы. Для этого были проанализированы «песни» 28 самцов (по 4–10 криков на птицу, всего более 350). Выяснилось, что чем тяжелее поющий самец, тем более низкочастотные звуки он может издавать. Однако ни один из параметров орнаментации (ни длина хохолка или косиц, ни высота клюва) не был достоверно связан ни с одним из промеренных частотно-временных параметров триумфального крика.

Оценить социальное положение поющего самца оказалось еще сложнее. Для этого пришлось внимательно наблюдать за поведением птиц в колонии. Давно было замечено, что большие конюги стремятся петь не где-нибудь, а на вершинах камней, расположенных по соседству с гнездовыми камерами. Большие и относительно плоские камни привлекают конюг со всех окрестных расщелин, и каждый самец старается занять место на вершине такого камня или так близко к ней, как только это возможно. Естественно, каждая птица, заняв вершину, старается не допустить на нее конкурентов. Так формируется некая иерархическая «лестница», по-видимому, хорошо отражающая социальный статус каждой особи. Именно положение самца на камне во время пения относительно других певцов мы и использовали в качестве его социального статуса. А затем оценили зависимость между этим показателем и параметрами триумфального крика каждого самца.

Мы проанализировали 23 ситуации, в которых на камне одновременно пели не более двух самцов. Победителем «вокальной дуэли» считали того, кто окончил петь на вершине камня. Он обладал более высоким социальным статусом по сравнению с самцом, оказавшимся в конце песни у подножия камня. Для анализа мы выбирали только те «дуэли», которые окончились поражением (уходом с камня) одного из дуэлянтов и в которых каждый из самцов успел пропеть не менее четырех триумфальных криков.

Вновь проведя многофакторный статистический анализ, мы обнаружили, что социальный статус поющего самца достоверно связан с длительностью триумфального крика, а также со значениями основной частоты высокочастотных (издаваемых на вдохе) звуков. У самцов, поющих на

вершине, «глухаринная песня» была продолжительнее, а высокочастотные звуки в ней — ниже по основной частоте, чем у оказавшихся внизу «дуэлянтов». Интересно, что информация о социальном статусе и физических данных поющей птицы оказалась закодирована в различных акустических параметрах триумфального крика. Это означает, что «песня» большой конюги, как и ее внешний вид и запах, может играть важную роль в социальных взаимоотношениях птиц и при выборе партнера по размножению.

Система социальных взаимоотношений у больших конюг оказалась устроена сложнее, чем

предполагалось ранее. Пока неясно, почему она сформировалась именно у этого вида морских птиц, в то время как прочие виды ограничиваются одним—двумя типами связи. Возможно, трехуровневая система коммуникации предоставляет птицам дополнительную надежность, оберегая от ошибки при оценке «качества» потенциального партнера по размножению или конкурента, претендующего на лучшее место для гнездования. Такая надежность, бесспорно, чрезвычайно важна для вида, размножающегося в очень плотных колониях и суровых климатических условиях Северной Пацифики. ■

**Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 12-04-00414а.**

## Литература

1. Gaston A.J., Jones I.L. The Auks. Oxford, 1998.
2. Jones I.L. Crested auklet (*Aethia cristatella*) // The Birds of North America / Eds A.Poole, F.Gill. Philadelphia; Washington, 1993. №70. P.1—16.
3. Зубакин В.А., Зубакина Е.В. Наблюдения за мечеными чистиковыми птицами на острове Талан, Охотское море // Морские птицы Берингии: Информационный бюллетень. Вып.1. Магадан, 1993. С.48, 49.
4. Зубакин В.А. О социальной организации морских птиц // Материалы V Всероссийской школы по морской биологии. Ростов-на-Дону, 2007. С.180—202.
5. Fraser G.S., Jones I.L., Hunter F.M., Cowen L. Mate switching patterns in crested auklets (*Aethia cristatella*): the role of breeding success and ornamentation // Bird Behav. 2004. №16. P.7—12.
6. Douglas III H.D. Prenuptial perfume: alloanoointing in the social rituals of crested auklet (*Aethia cristatella*) and the transfer of arthropod deterrents // Naturwissenschaften. 2008. V.95. №1. P.45—53.
7. Hagelin J.C. The citrus-like scent of crested auklets: reviewing the evidence for an avian olfactory ornament // J. Ornithol. 2007. №148. P.195—201.
8. Douglas H.D., Co J.E., Jones T.H. et al. Heteropteran chemical repellents identified in the citrus odor of a seabird (crested auklet: *Aethia cristatella*): evolutionary convergence in chemical ecology // Naturwissenschaften. 2001. V.88. №8. P.330—332.
9. Douglas III H.D., Co J.E., Jones T.H. et al. Interspecific differences in *Aethia* spp. auklet odorants and evidence for chemical defense against ectoparasites // J. Chem. Ecol. 2004. V.30. №10. P.1921—1935.
10. Douglas III H.D., Co J.E., Jones T.H. et al. Chemical odorant of colonial seabird repels mosquitoes // J. Med. Entomol. 2005. V.42. P.647—651.
11. Hagelin J.C., Jones I.L., Rasmussen L.E.L. A tangerine-scented social odour in a monogamous seabird // Proc. R. Soc. Lond., Ser.B. 2003. V.270. №1522. P.1323—1329.
12. Jones I.L., Hagelin J.C., Major H.L. et al. An experimental field study of the function of crested auklet feather odor // Condor. 2004. V.106. P.71—78.
13. Douglas III H.D., Kitaysky A.S., Kitaiskaia E.V. Seasonal covariation in progesterone and odorant emissions among breeding crested auklets (*Aethia cristatella*) // Hormones and Behavior. 2008. V.54. P.325—329.
14. Гольцман М.Е., Наумов Н.П., Никольский А.А. и др. Социальное поведение большой песчанки (*Rhombomys opimus* Licht.) // Поведение млекопитающих. М., 1977. С.5—69.
15. Зубакин В.А., Володин И.А., Кленова А.В. и др. Поведение большой конюги (*Aethia cristatella*) в период размножения: двигательные и акустические демонстрации // Зоологич. журн. 2010. Т.89. №3. С.331—345.
16. Walcott C., Mager J.N., Piper W. Changing territories, changing tunes: male loons, *Gavia immer*, change their vocalizations when they change territories // Anim. Behav. 2006. V.71. P.673—683.
17. Rukstalis M., Fite J.E., French J.A. Social change affects vocal structure in a callitrichid primate (*Callitrix kublii*) // Ethology. 2003. V.109. P.327—340.



# *Самые живописные места планеты*

Ю.П.Князев

*Не то, что мните вы, природа —  
Не слепок, не бездушный лик.  
В ней есть душа, в ней есть свобода,  
В ней есть любовь, в ней есть язык.*  
Ф.Тютчев



Джомолунгма — наивысшая точка суши (8848 м).  
Здесь и далее фото с сайта [www.flicker.com](http://www.flicker.com)

На современном этапе развития цивилизации проблема деградации природно-ландшафтного разнообразия признана глобальной, а его сохранение стало важнейшей составляющей охраны природы. Высшей формой мирового признания стало присуждение особо охраняемой природной территории (далее — ООПТ) статуса объекта Всемирного наследия. В 1972 г. ЮНЕСКО принята Конвенция об охране Всемирного культурного и природного наследия, ныне ратифицированная 192 государствами. На конец 2012 г. в списке Всемирного наследия насчитывалось 960 объектов (из них 745 относятся к культурному наследию, 186 — к природному и 29 — к культурно-природному, или смешанному) в 157 странах. Общая площадь природных объектов, входящих в этот список, составляет более 13% всех ООПТ в мире.

Для отнесения объекта к Всемирному природному наследию и включения его в список требуется полное соответствие как минимум одному из четырех критериев: природная живописность (критерий VII сквозной нумерации, введенной ЮНЕСКО в 2005 г.), палеонтологическая, геологическая или геоморфологическая значимость (VIII), природно-ландшафтное разнообразие (IX) и биологическое разнообразие (X).



**Юрий Петрович Князев**, кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и геоэкологии Волгоградского государственного социально-педагогического университета. Научные интересы связаны с сохранением Всемирного природного и культурного наследия, ландшафтоведением, оценкой геоэкологического состояния ландшафтов бассейна Среднего Дона.

Критерию природной живописности, согласно Конвенции, соответствуют «уникальные природные явления или территории исключительной природной красоты и эстетического значения» [1, 2]. Данный критерий — первый по популярности среди объектов природного и природно-культурного наследия, ему отвечает 133 объекта. В списке Всемирного наследия есть ряд объектов, которые отвечают сразу всем четырем критериям природного наследия. В Азии это «Озеро Байкал» и «Вулканы Камчатки»\* (оба в России), национальные парки «Три параллельные реки» (Китай) и «Гунунг-Мулу» (Малайзия). В Северной Америке — национальные парки и резерваты «Йеллоустон», «Гранд-Каньон», «Грейт-Смоки-Маунтинс» (все в США), «Клуэйн, Врангеля — Святого Ильи, Глейшер-Бей, Татшеншини — Алсек» (Канада и США), «Рио-Платано» (Гондурас), «Таламанка-Рейндж» и «Ла-Амистад» (Коста-Рика и Панама). В Южной Америке — национальные парки «Сангай» и «Талапагосские острова» (оба в Эквадоре), «Канайма» (Венесуэла). В Африке — резерват «Валле-де-Мэ» (Сейшельские о-ва) и охраняемая область «Нгоронгоро» (Танзания). В Австралии и Океании — национальные парки «Большой Барьерный риф», «Западная Тасмания», «Шарк Бэй», «Квинсленд» (все в Австралии), «Те-Вахипоунаму — юго-запад острова Южный» (Новая Зеландия).

\* В объект наследия «Озеро Байкал» входят биосферные заповедники «Байкальский» и «Баргузинский», природный заповедник «Байкало-Ленский», национальные парки «Забайкальский», «Прибайкальский» и «Тункинский», заказники «Фролихинский» и «Кабанский». Комплекс «Вулканы Камчатки» включает биосферный заповедник «Кроноцкий», природные парки «Быстринский», «Нальчевский», «Ключевской» и «Южно-Камчатский», заказник «Южно-Камчатский».

© Князев Ю.П., 2013

#### Таблица

#### Распределение объектов Всемирного наследия ЮНЕСКО по частям света и критериям

Материк или часть света	Природное наследие	Культурно-природное наследие	Критерии природного наследия			
			VII	VIII	IX	X
Европа	25	7	20	19	11	9
Азия	44	7	30	11	23	31
Северная Америка	34	1	25	20	19	20
Южная Америка	19	2	12	6	16	16
Африка	43	5	27	9	23	37
Австралия и Океания	19	7	18	15	17	16
Иные территории*	2	—	1	1	—	1
Итого	186	29	133	81	109	130

\* Включены о-ва Гоф и Инаксессибл, находящиеся в южной Атлантике (принадлежат Великобритании) и о-ва Херд и Макдональд в южной части Индийского океана (принадлежат Австралии).

## Природные пейзажи

Эстетическое восприятие природного ландшафта определяется главным образом его внешним обликом, а пейзаж рассматривается как местность, созерцаемая наблюдателем. Ввиду невозможности характеристики каждого из природных объектов их следует систематизировать. Классификация океанических и воздушных пейзажей в ландшафтоведении пока не разработана. Высшие формы пейзажной иерархии сухопутных ландшафтов имеют ранг классов — это равнинные и горные виды местности [3]. В свою очередь, в классе равнинных пейзажей выделяются тундровый, лесной, лесостепной, степной, полупустынный, пустынный и другие типы. Горные пейзажи также делятся на типы, в числе которых гляциально-нивальный\*, горно-луговой, горно-лесной, горно-степ-

\* Нивальный (от лат. *nivalis* — снежный, холодный) — самый верхний высотный пояс гор, расположенный выше снеговой границы.

ной и горно-пустынный [3, 4]. Ряд исследователей считают, что зачастую именно характер рельефа определяет пейзажность и эстетическую ценность ландшафта [5—8].

Из-за чрезмерного антропогенного преобразования равнинные пейзажи скупо отражены в списке Всемирного наследия. Гигантские территории прерий Северной Америки и степей Евразии фактически уникальных пейзажей лишены. Пустынные ландшафты уникальной пейзажности не выявлены на территории Евразии, Северной и Южной Америки. В Африке они выявлены на территории национального парка «Аир и Тенере» (Нигер), в Австралии — в национальном парке «Улуру-Катаюта». Равнинные таежные пейзажи частично представлены в объектах наследия «Лапландия» (Швеция), «Девственные леса Коми» (Россия), «Наханни» и «Вуд-Баффало» (оба в Канаде), но значительная часть территории этих ООПТ приходится на предгорья и горы. Эталонным пейзажем смешанных широколиственных лесов считается национальный парк «Беловежская пу-



Вулкан Ключевская сопка.

ща» (Беларусь и Польша). Несколько больше таких объектов в зоне саванн и редколесий — например, это национальные парки «Какаду» (Австралия) и «Джудж» (Сенегал). Среди равнинных гилей\* — национальный парк «Салонга» (Демократическая Республика Конго), находящийся в центральной части бассейна р.Конго.

Больше всего объектов с критерием эстетической привлекательности и ценности находится в горах (около 70). В частности, высочайшая вершина суши Джомолунгма (национальный парк «Сагарматха» в Непале) и вулкан Килиманджаро (Танзания) включены в список Всемирного наследия именно по VII критерию [2].

В связи с наложением зональных и азональных факторов дифференциации ландшафтов (широтной зональности и высотной поясности, секторности, барьерности, экспозиционности склонов, инверсионных процессов и др.) даже на небольшой горной территории накапливается огромное количество разнообразных вариаций пейзажей, различные ландшафты создают мозаичные и контрастные сочетания. В этом, несомненно, преимущество горных ландшафтов над равнинными, которые к тому же сильнее изменены человеком. Зачастую наибольшие пейзажные контрасты свойственны высокогорьям. В.А.Николаев [3] считает, что эталон горного пейзажа — Гималаи между Джомолунгмой (8848 м) и Канченджангой (8586 м).

Во многих горных системах зачастую выражено несколько типов пейзажей, закономерно сменяющих друг друга от подножия к вершине. Например, в Альпах (национальный парк «Юнгфрау — Алеч — Бичхорн» и на Кавказе («Западный Кавказ»\*\*) выражены горно-лесной, горно-луговой и гляциально-нивальный типы; на Большом Водораздельном хребте Австралии доминируют горно-лесные (национальный парк «Квинсленд»); в Перуанских Андах — горно-пустынный, горно-луговой и гляциально-нивальный (национальный парк «Уаскаран»); в Патагонских Андах — горно-степной, горно-лесной и гляциально-нивальный (национальный парк «Лос-Гласьярес»). В целом среди горных объектов наследия наиболее выражены горно-лесные типы. Таежные пейзажи типичны для объектов наследия Скандинавии, Байкальской горной страны, Камчатки, Аляски и канадских Скалистых гор. Смешанные и широколиственные леса — для Альп, Кавказа, Аппалачей

\* Гилея — вечнозеленые леса влажных тропиков. Отличаются густотой и многоярусностью. Они распространены в Южной Америке, Центральной Африке и Юго-Восточной Азии. Вырубаются под плантации хинного и кофейного деревьев, кокосовых пальм, каучуконосов.

\*\* В состав комплекса «Западный Кавказ» входят биосферный заповедник «Кавказский» с буферной зоной, природный парк «Большой Тхач», памятники природы «Верховья рек Пшеха и Пшехашка», «Верховье реки Цица» и «Хребет Буйный».

(национальный парк «Грейт-Смоки-Маунтинс»). Муссонные горные леса умеренного пояса и субтропиков — для Японии (национальный парк «Якусима»), Восточного Китая (национальный парк «Гора Хуаншань», «Пейзажная достопримечательная зона Хуанлун», «Пейзажная достопримечательная зона Улиньюань» и др.). Муссонные горные леса субэкваториального пояса — для Индокитая (резерваты дикой природы «Тхунгъяй» и «Хуайкхакхэнг»), Бразильского («Лесные резерваты юго-восточного атлантического побережья») и Гвианского (национальный парк «Канайма») нагорий. Горные гилеи — для Малайского архипелага (национальные парки «Уджунг-Кулон и вулкан Кракатау», «Гунунг-Мулу», «Девственные влажно-тропические леса Суматры»).

В списке Всемирного наследия многим вулканическим ландшафтам присвоен критерий эстетической привлекательности. Это комплекс «Вулканы Камчатки» (Россия), национальные парки «Галапагосские острова» и «Сангай» (оба в Эквадоре), парки и резерваты «Клуэйн, Врангеля — Святого Ильи, Глейшер-Бей, Татшеншини — Алсек» (Канада и США) и ряд других. Ключевская группа вулканов признана одной из красивейших на Земле, здесь расположено 12 вулканов возрастом от 7 тыс. до 50 тыс. лет, около 400 конусов побочных извержений, 47 ледников, сотни лавовых потоков и множество лавовых плато [8]. Зачастую вблизи находятся выходы горячих источников и парогазовых струй, грязевые котлы и вулканчики, термальные озера, нарзановые источники, а иногда и гейзеры [1]. Все это создает завораживающие пейзажи. Эталоном признаны Долина гейзеров и кальдера вулкана Узон на Камчатке, национальный парк «Йеллоустон» в США и долина Роторуа в Новой Зеландии.

## Шедевры неживой природы

Еще одну группу составляют «блистательные шедевры неживой природы» — разного рода геолого-геоморфологические, гидрогеологические и гляциологические природные образования, возникшие благодаря карстовым и эрозионным процессам, оледенению или выветриванию [1].

Карстовые ландшафты весьма широко распространены на Земле, эталонные формы поверхностного и подземного карста есть на всех континентах. На территории Словении находится плато Крас (Карст), включенное во Всемирное наследие и давшее название этому природному явлению. Эталонными карстовыми пейзажами считаются объекты наследия «Пещеры в Скопьяне» (Словения), «Карстовые отложения Южного Китая», «Гунунг-Мулу» (Малайзия), «Пуэрто-Принцесса» (Филиппины), «Бухта Халонг», «Фонгня-Кебанг» (оба во Вьетнаме), Мамонтова и Карлсбадская пещеры (обе в США), «Канайма» (Венесуэла), «Цин-



Улиньюань — красивейший ландшафт Юго-Восточного Китая.

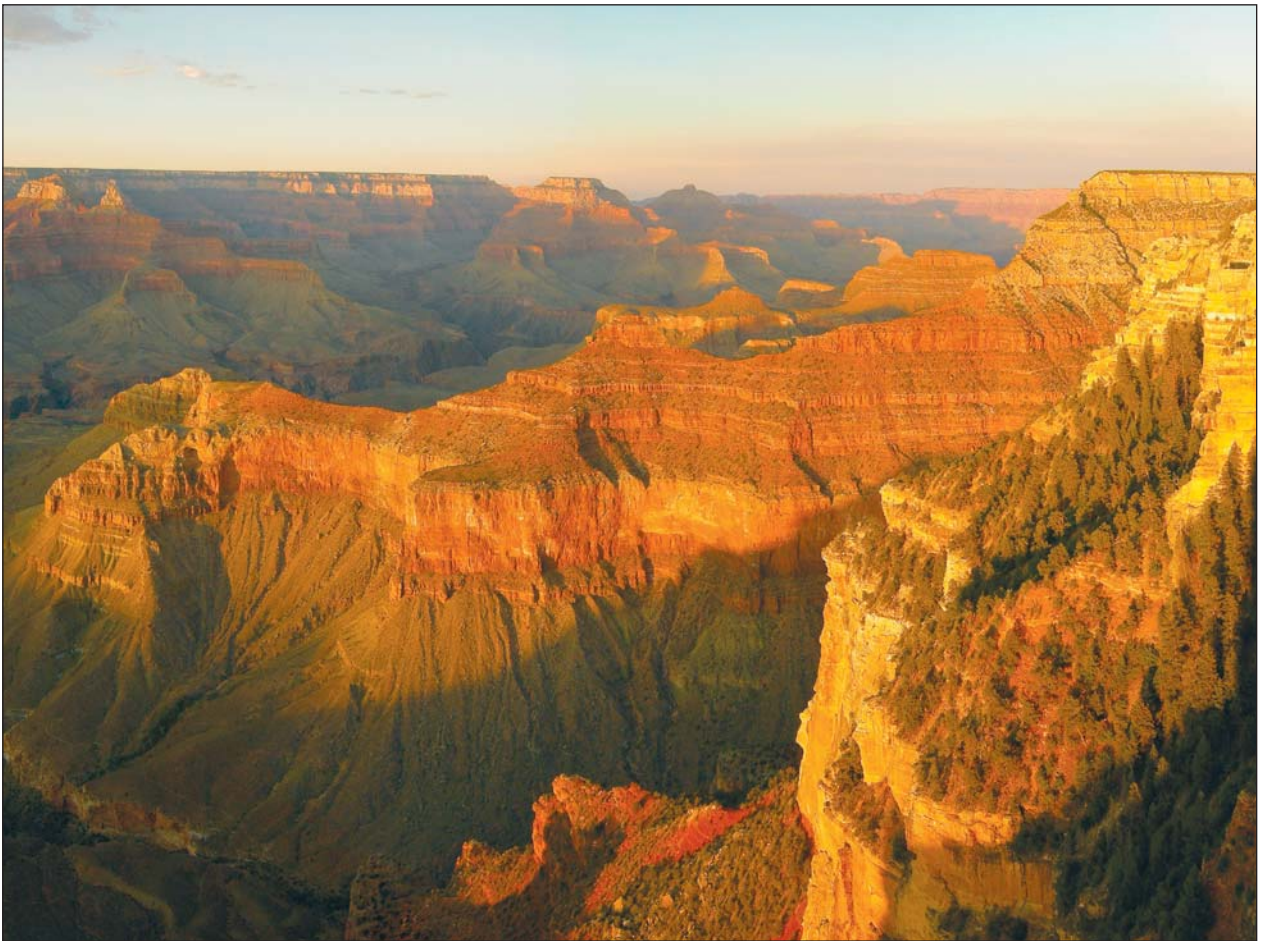
ги-де-Бимараха» (Мадагаскар), «Горный район Блу-Маунтинс» (Австралия).

«Карстовые отложения Южного Китая» считаются крупнейшим в мире единым карстовым образованием. Объект включает три местности — Чунцин Улун, Гуйчжоу Либо и Каменный лес (провинция Юньнань) общей площадью более 500 тыс. км<sup>2</sup>. В результате длительной геологической эволюции сформировались уникальные образования: башенный (Фэнлинь), остроскальный (Каменный лес) и конический (Фэнцун) карсты. Типичны такие формы, как Тянькэн (гигантский карстовый колодец) и Дифэн (глубокая карстовая трещина). Имеются также многочисленные пещеры. Эталонные формы островного башенного тропического карста находятся и во вьетнамской бухте Халонг, где насчитывается 1969 островков с высотами от 50 до 200 м. Острова, сложенные известняками, пронизаны пещерами и гротами.

Национальный парк «Пуэрто-Принцесса» находится на филиппинском острове Палаван и знаменит протянувшейся более чем на 8 км подземной рекой. Ее воды подвержены приливам и отли-

вам. Река создала гроты и пещеры, высота которых достигает 60 м, а ширина — 120 м. Привершинная часть малазийской горы Гунунг-Мулу усеяна известняковым «каменным лесом» и башенками (пинаклями) высотой до 40—50 м. Но, пожалуй, самые удивительные эрозионно-карстовые формы можно наблюдать в «Пейзажной достопримечательной зоне Улиньюань» в Китае и в мадагаскарском природном резервате «Цинги-де-Бимараха». В Улиньюане неповторима многочисленная (более 3 тыс.) группа кварцитовых вершин, похожих на колонны или шпили, многие из которых достигают высот 200—250 м, между ними пролегают горные долины и ущелья, текут реки. Здесь же находится более 100 карстовых пещер. Резерват «Цинги-де-Бимараха» охватывает комплекс карстовых пород серо-синего цвета, цепь пиков и гребней, причудливо обработанных ветром и водой. Крутые скалы образуют стены, возносящиеся над долиной р.Манамбулу на высоту до 400 м [9].

В списке Всемирного наследия значатся крупнейшие карстовые пещеры: Мамонтова и Карлсбадская (Северная Америка), Скосянская (Ев-



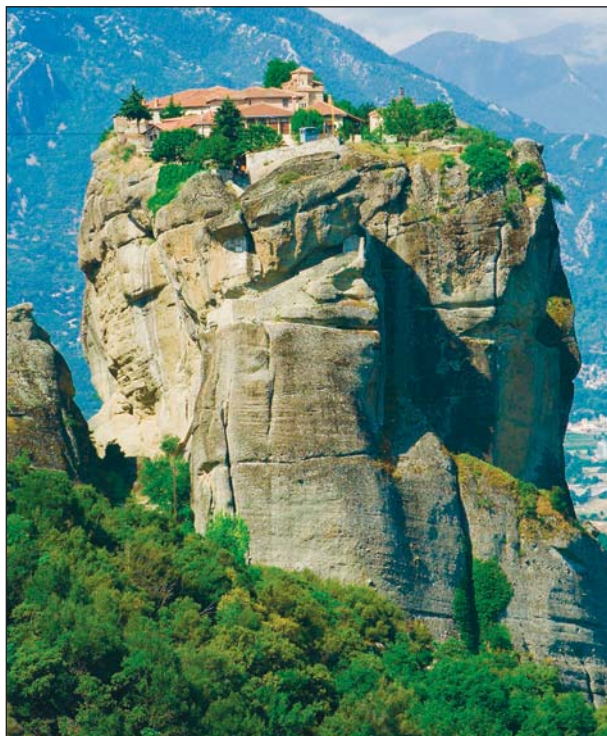
Большой каньон р. Колорадо.

ропа), пещеры национального парка «Гунунг-Мулу» (Азия) и Дженоланские (Австралия). Мамонтова пещера — крупнейшая в мире сеть, включающая лабиринт подземных сталактитовых и сталагмитовых залов, ходов, гротов, галерей, длина исследованной части достигает 600 км, а объем пустот превышает 12 млн м<sup>3</sup>. В Гунунг-Мулу (Малайзия) находится самая длинная пещера Азии — Гуа-Эир-Джерних (около 200 км); крупнейший в мире проход принадлежит Оленьей пещере — его ширина 100 м, высота 120 м. Дженоланские пещеры самые протяженные в Австралии — их длина 247 км.

В группе эрозионных ландшафтов уникальной пейзажностью отличаются каньоны, типичные для многих горных систем. Глубочайшие среди них (до 3000—3700 м) расположены на территории национальных парков «Уаскаран» (Перу), «Сангай» (Эквадор) и «Три параллельные реки» (Китай). Но наиболее гармоничным сочетанием размера, глубины и многоцветных слоев горных пород отличается Большой каньон Колорадо (национальный парк «Гранд-Каньон», штат Аризона, США). Средняя глубина его достигает 1000 м,

а максимальная — 1700 м, длина его 320 км, ширина от 120 м до 25 км. Формирование каньона началось около 10 млн лет назад. Впечатляет обширная система смежных каньонов и скальных останцов. По горизонтальным слоям горных пород, вскрытым в каньоне Колорадо, можно восстановить геологическую историю за 2 млрд лет. Русло р. Колорадо врезано в темно-серые граниты и гнейсы архея, перекрытые красными песчаниками, сланцами и лавами.

В ряде случаев цветом горных пород, формирующих ландшафт, определяется его пейзажность. Эталон — «слои Данься», образованные красноцветными терригенными отложениями юры и палеогена. Породы впервые подробно описаны китайскими геологами Ф.Цзинлань и Ч.Гоа в 1920—1930-х годах на Цинхай-Тибетском нагорье. Великое Золотое озеро, р. Шанхай, скала Жонгъян, горы Даньсяшань, Ланшань, Тайнин, Чишуй, Лунхушань и Цзянланшань — части этого пейзажа. Эрозионный ландшафт (утесы, столбы и башни, ущелья, долины и водопады) покрыт субтропическими вечнозелеными муссонными лесами.



Метеора, монастырь Святой Троицы.

### «Святые горы» — культурные центры религий

В особую группу выделяются «Святые горы». К ним отнесены культовые центры христианства, конфуцианства, даосизма или аборигенных верований [1]. В Европе это объекты культурно-природного наследия — духовные центры православия гора Афон и монастыри Метеоры (Греция); в Азии — объекты наследия «Гора Тайшань», «Гора Эмэйшань» и статуя «Большой Будда» в Лэшани (Китай), в Австралии — национальный парк «Улуру-Катаюта».

Афон находится на п-ове Халкидики. Длина полуострова около 60 км, ширина от 7 до 12 км. Почти весь он, за исключением пика Афон (2033 м) и ряда скал, покрыт субтропической растительностью и являет собой горно-лесной пейзаж, в который органически вписано 20 монастырей и 12 скитов. Для православных христиан — это одно из главных святых мест, земной удел Божьей Матери. Метеора\* расположена у подножья хребта Пинд, включает 24 гигантские плосковершинные скалы (самая высокая — 415 м, на ней стоит монастырь «Великая Метеора»), сформировавшиеся в результате выветривания палеогеновых песчаников

\* Метéора — парящая между небом и землей.



Улуру — один из символов Австралии и сакральный центр племени анангу.

и конгломератов. Комплекс монастырей и скитов Метеоры начал строиться с XI в.

Тайшань входит в число пяти священных гор даосизма, считается местом обитания даосских святых и бессмертных. Еще Конфуций говорил: «Поднимаясь на горы Тайшань, чувствуешь, что другие горы маленькие». Здесь находится 22 храма, 97 руин храмов (многие уничтожены в годы Культурной революции), 819 каменных плит, 1018 рисунков и надписей на скалах. На горе выдолблено 7200 ступеней, имеется 11 ворот, 14 галерей. Тайшань представляет собой наклоненный сбросовый массив кембрийского возраста. Около 80% горы покрыто лиственными лесами.

Улуру\* — это огромный округлый монолит-останец из красного песчаника, гранитов и базаль-

\* Скала Улуру — останец горной цепи Петермана — известна также как Айерс-Рок. Э.Джэйлс — первый европеец, увидевший красную скалу с берегов оз.Амадиус, — достиг ее не смог. Уже через год, в 1873 г., на вершину поднялся английский исследователь У.К.Госс. Он и назвал скалу в честь госсекретаря Южной Австралии Г.Айерса. По настоянию аборигенов в 1970-х годах скале было возвращено имя Улуру. С 26 октября 1985 г. Улуру официально принадлежит племени анангу и сдана в аренду правительству сроком на 99 лет для использования в качестве национального парка. — *Прим. ред.*

тов. Максимальная длина монолита 36 км, поперечник 9.4 км, ширина 1.6 км, высота 340 м. Цвет горных пород меняется от красного днем до фиолетового и черного в лучах заходящего солнца. Улуру — сакральное место для аборигенов Австралии, в частности народа анангу.

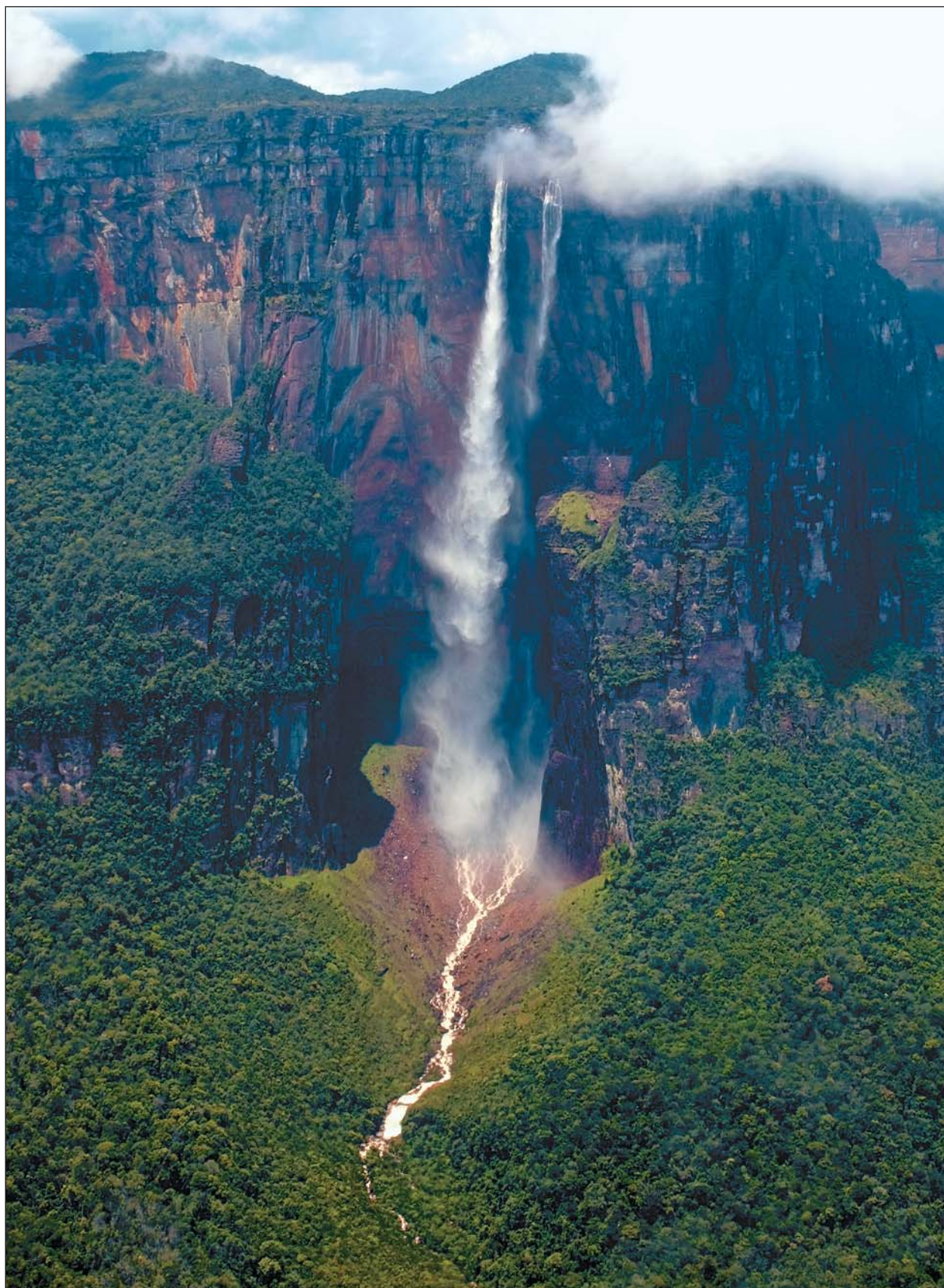
### Водные объекты

Среди водных объектов исключительной природной красотой и живописностью отличаются водопады. Высочайший из них — Анхель (национальный парк «Канайма») — низвергается с вершины плоской горы (тепуи), расположенной на Гвианском нагорье Венесуэлы и сложенной докембрийскими песчаниками и кварцитами. Водопад имеет две ступени: верхнюю, почти 900-метровую, и нижнюю, высотой около 160 м. Общая высота водопада 1054 м. Игуасу — крупнейший на Земле каскад водопадов (шириной 3.6 км) — находится на границе Аргентины и Бразилии (национальный парк «Игуасу»). Пропасть глубиной 85 м прорезает русло р.Игуасу, образуя комплекс из 275 водопадов. Мощные водные струи формируют каскады и отдельные потоки. Во влажный сезон образуется единый большой водопад, который во время су-



Классический пейзаж Байкала (Россия) — гора Шаманка на о-ве Ольхон.





Водопад Анхель — высочайший на Земле (1054 м).



Один из фьордов побережья Норвегии.

хого сезона распадается на два, каждый из которых в форме полумесяца и шириной около 700 м. И наконец, водопад Виктория, находящийся на р.Замбези, — крупнейший в Африке. Его длина превышает 2 км, а высота 120 м.

Среди озерных ландшафтов уникальна пейзажность Байкала (Россия), Плитвичских озер (Хорватия) и Малави (Малави). Самые знаменитые места на Байкале — о-в Ольхон, гора Шаманка, а также эталонные горно-таежные пейзажи, обрамляющие водоем. Уникальный каскад (с перепадом высот 156 м) из 16 Плитвичских озер карстового происхождения находится на Далматинском побережье Адриатики. Озера расположены террасообразно, соединены протоками и 140 небольшими водопадами и делятся на две группы — верхние (12 озер) и нижние (4 озера). Окружены горными сосновыми, еловыми и буковыми лесами. Национальный парк «Озеро Малави» находится близ южной оконечности водоема, на п-ове Нанкум-ба (Макмир) и 12 небольших островках у побережья.

Классическими водно-болотными пейзажами признаны ландшафты национальных парков

«Эверглейдс» (США), «Доньяна» (Испания), охраняемой области «Пантанал» (Бразилия), а также национальных парков «Дельта Дуная» (Румыния) и «Сундарбан» (Индия и Бангладеш). Как правило, они приурочены к низменным аллювиальным равнинам, речным долинам или устьевым частям рек. Первые три объекта сохраняют уникальные пейзажи тропических и субтропических болот, озер и переувлажненных земель. Дельта Дуная — вторая по размерам в Европе после дельты Волги, она являет собой мозаику речных рукавов, озер, болот, плавней, камышовых и тростниковых зарослей. Национальный парк «Сундарбан» расположен в дельте Ганга и охраняет крупнейший на Земле участок мангровых лесов, первозданный пейзаж которых признан эталонным для данных ландшафтов [2].

Среди прибрежных пейзажей наибольшей эстетичностью отличаются фьорды. Во Всемирном наследии таковых объектов несколько: национальные парки «Фьорды Западной Норвегии», «Ледниковый фьорд Илулиссат» (о-в Гренландия, принадлежит Дании), «Грос Морн» (Канада), «Те-Вахипоунаму — юго-запад острова Южный» (Но-

вая Зеландия) и ряд других. Зачастую берега фьордов возвышаются над акваторией до высот 1000—1400 м и уходят на глубину до 500 м. С их обрывистых скалистых берегов срываются многочисленные водопады. Склоны и вершины гор поросли хвойными и смешанными лесами. В акватории типична ледниковая морена, залегающая ниже уровня моря [10]. Уникален фьорд Илулиссат, расположенный на западном побережье Гренландии, его длина 40 км. Частично во фьорде находится ледник Сермек-Куджаллек, ежегодно от него откалывается в море до 35 км<sup>3</sup> льда, это один из самых продуктивных ледников Северного полушария [1].

Среди островных ландшафтов критерию природной живописности соответствуют около 30 объектов. Ряд островов имеют незначительные размеры, на некоторых нет постоянного населения. Часть островов считается ключевыми орнитологическими территориями. Ландшафты уникальной пейзажности находятся на островах как материкового, так и вулканического и кораллового происхождения. Среди первых — Гренландия (национальный парк «Ледниковый фьорд Илулиссат»), Мадагаскар (природный резерват «Цинги-де-Бимараха»), Ньюфаундленд (национальный парк «Горос-Морн»), Ирландия (нацио-

нальный парк «Джайэнтс Козвей») и др. Удивительны горные, равнинные и прибрежные пейзажи островов-микроконтинентов — Сейшельских (природный резерват «Валле-де-Мэ», национальный парк «Атолл Альдабра»), Новой Зеландии (национальные парки «Те-Вахипоунаму — юго-запад острова Южный» и «Тонгариро»). Среди вулканических островов — Галапагосские (Эквадор), Хендерсон, Гоф и Инаксессибл (принадлежат Великобритании), морской парк «Папахана-умоуакеа» на Гавайских о-вах (США), национальный парк «Остров Макуори» (Австралия) и ряд других.

В отдельную группу островных пейзажей следует выделить коралловые рифы и атоллы. Большой Барьерный риф — крупнейшая рифовая система в мире (площадь 200 тыс. км<sup>2</sup>) и самая большая структура, созданная живыми организмами. Он протягивается на 2300 км от южного тропика до мыса Йорк и Новой Гвинеи. Барьерный риф Белиза — крупнейший риф Северного полушария. Он входит в состав Месоамериканского барьерного рифа, тянущегося на 900 км от п-ова Юкатан до берегов Гватемалы. Вечнозеленые тропические леса, заросли кустарников, пляжи, мангровые болота создают удивительный по красоте пейзаж [11, 12]. ■

## Литература

1. *Максаковский Н.В.* Всемирное природное наследие. М., 2005.
2. *Князев Ю.П.* Всемирное природное и культурно-природное наследие ЮНЕСКО: Учеб.-справ. пос. Волгоград, 2010.
3. *Николаев В.А.* Ландшафтоведение: эстетика и дизайн ландшафта. М., 2005.
4. *Николаев В.А.* Эстетическое восприятие ландшафта // Вестник Московского университета. Сер.5. География. 1999. №6. С.10—15.
5. *Пузаченко Ю.Г., Дьяконов К.Н., Иванов А.Н.* Анализ иерархической структуры рельефа как основы организации природно-территориальных комплексов // Вестник Московского университета. Сер.5. География. 1997. №5. С.3—9.
6. *Фролова М.Ю.* Оценка эстетических достоинств природных ландшафтов // Вестник Московского университета. Сер.5. География. 1994. №2. С.27—33.
7. *Тимофеев Д.А., Лихачева Э.И.* Рельеф — эстетический элемент ландшафта // Рельеф среды жизни человека (экологическая геоморфология). М., 2002. С.294—304.
8. *Мазуров Ю.Л., Максаковский Н.В.* Объекты Всемирного природного наследия в России // Известия РАН. Серия географическая. 2002. Вып.2. С.71—79.
9. *Исаченко А.Г., Шляпников А.А.* Ландшафты. М., 1989.
10. *Каплин П.А., Леонтьев О.К., Лукьянова С.А., Никифоров Л.Г.* Берега. М., 1991.
11. *Литвин В.М., Лымарев В.И.* Острова. М., 2010.
12. *Князев Ю.П.* Островные экосистемы с высоким уровнем биологического разнообразия и эндемизма // Биология в школе. 2013. №2. С.52—58.

# Арктические ледники и глобальное потепление

В.С.Корякин

В связи с актуальностью проблемы глобального потепления климата немаловажными становятся оценка и изучение процесса сокращения ледников на арктических островах. Насколько катастрофично их современное отступление? Какие факторы определяют скорость разрушения льда? Анализ космических снимков и карт показал, что в пределах архипелага Новая Земля ледники, расположенные дальше от источника питания осадками (Исландского барического минимума на севере Атлантики), отступают существенно медленнее, чем расположенные ближе к нему [1, 2]. Это происходит из-за снижения массоэнергообмена\* по мере удаления от источника осадков и тепла. Характерна ли такая закономерность для всей ледниковой провинции Евразийской Арктики? Попробуем разобраться.

## Исландия. У источника тепла и влаги

Здесь природа словно попыталась уравновесить вулканический жар из недр планеты мощным вентилятором воздушного

\* Массоэнергообмен ледника — обмен ледника льдом, водой, минеральными включениями и теплом с окружающей средой, а также их перенос внутри самого ледника.



**Владислав Сергеевич Корякин**, доктор географических наук, участник многих полярных экспедиций. Почетный полярник. Область научных интересов — гляциология, история полярных исследований. Постоянный автор «Природы».

охлаждения в виде Исландского барического минимума, управляющего погодой на огромной территории Евразии, вплоть до Сибири. Общая площадь исландских ледников составляет 11 048 км<sup>2</sup>, из которых около 8300 км<sup>2</sup> приходится на Ватнайёкудль — один из самых крупных ледников в мире. Американский гляциолог Р.Вильямс отмечал, что из-за таких размеров ледники Исландии могут служить точными индикаторами довольно крупных колебаний климата продолжительностью несколько десятилетий [3]. Также по его мнению, потепление XX в., во-первых, выглядит рядовым эпизодом эволюции природной среды, а во-вторых, изменения температур в середине века никак не могли определяться глобальным индустриальным прессом.

После окончания малого ледникового периода — глобального похолодания XIV—XIX вв. — размеры Ватнайёкудля достигли максимума, а в XX в. ледник стал сокращаться. Общее уменьшение его площади за минувшее столетие превысило 7% (точно оценить изменение темпов сокращения сложно из-за влияния периодических подвижек). С 1900 по 1938 г. ледник потерял 1.8% площади, с 1938 по 1961 г. — 1.6%, а к 1973 г. — еще 2%. Суммарное сокращение составило 5.4% [5]. К 2000 г. площадь Ватнайёкудля уменьшилась еще на 4%, причем большая часть — за период с 1958 по 1973 г. Таким образом, во второй половине XX в. темп отступления самого крупного ледника Исландии существенно ускорился. Установлено, что на общем фоне сокращения XX в. более мелкие ледники отступали значительно быстрее: за 1958—1973 гг. Лангйёкудль (площадью 953 км<sup>2</sup>) уменьшился на 7.2 %, Хофсйёкудль (925 км<sup>2</sup>) — на 7%, Мирдальсйёкудль (596 км<sup>2</sup>) — на 15% и т.д. [5]. Суммарное сокращение площади оледе-

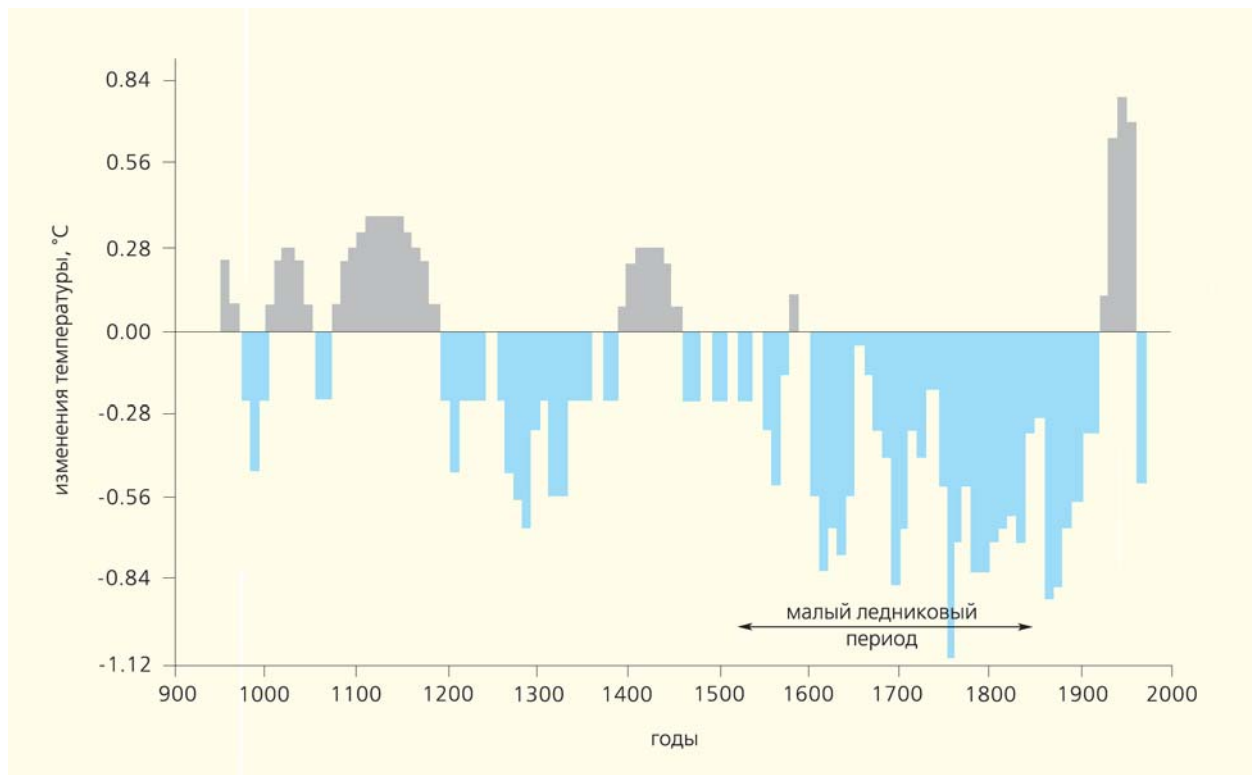
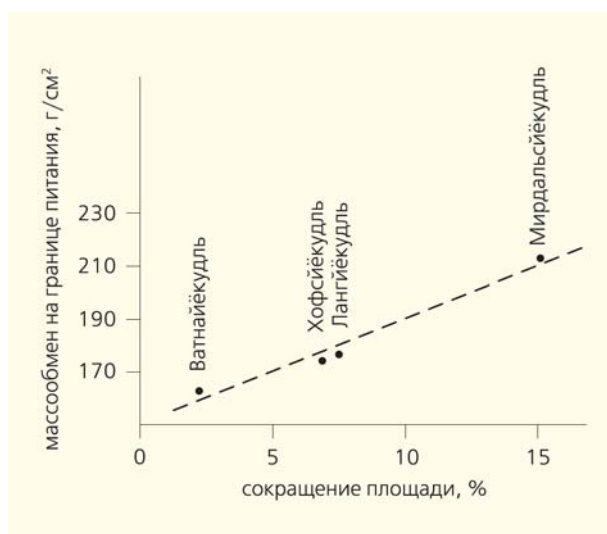


График изменения температур в Исландии [4].

нения острова в XX в. достигло 1550 км<sup>2</sup> или около 13%. Несмотря на то что ледники здесь практически нигде не достигают моря, взаимосвязь массо-энергообмена\* и темпа сокращения ледников проявляется вполне отчетливо.

\* Массоэнергообмен ледника — обмен ледника льдом, водой, минеральными включениями и теплом с окружающей средой, а также их перенос внутри самого ледника.



Изменение исландских ледников с 1958 по 1973 гг.

Смена наступания ледников на отступление, видимо, произошла примерно в середине XIX в., но судить об этом сложно опять же из-за влияния подвижек, отмеченных у выводных языков практически всех (90%) ледников Исландии. Подвижкам принадлежит особая роль в эволюции оледенения острова. Из-за малой населенности страны многие из них остаются незамеченными, что осложняет учет их влияния на развитие оледенения в целом. Тем не менее на Ватнайёкудле начиная примерно с XVIII в. достоверно установлены следы более 40 крупных подвижек на разных выводных языках. На Хофсйёкудле имеются сведения о 12 подвижках, на Лангйёкудле их известно пять, а на леднике Дрангайёкудль в северо-западной части острова — 10 [6]. Во время подвижки гигантские массы льда с большой скоростью перемещаются из области питания ледника в область расхода. Одновременно происходит наступание внешнего края. Тем самым выдвигание ледника создает предпосылки для его последующего быстрого отступления.

Изменения объема и площади отдельных ледников во время подвижек нередко бывают огромными. Так, при подвижке 1999 г. на выводном языке Динг ледника Ватнайёкудль из области питания поступило до 13 км<sup>3</sup> льда, накопившегося за 20 предшествующих лет, а уровень ледниковой поверхности в истоках существенно понизился. Сходным образом происходила подвижка на язы-

ке Тунгнар (1994) — не менее  $6 \text{ км}^3$  льда переместились к периферии ледника, его край выдвинулся вперед на 2 км в полосе шириной до 30 км. Уровень поверхности в истоках снизился на 50 м. И таких примеров множество.

Подвижки исландских ледников несомненно связаны с погодными и климатическими условиями, но определенную роль в их развитии играет и поступление вулканического тепла к ледниковому ложу. Однако механизм его влияния остается неясным.

### Шпицберген. На развилке

Обтекание этого архипелага потоками тепла и влаги из Атлантики привело здесь, во-первых, к нарушению широтной зональности, а во-вторых, — к приуроченности основной массы льда к периферии при относительно «голом» центре. Такое необычное распределение ледников впервые отметил А.Э.Норденшельд еще в 60-х годах XIX в. Причины его он безуспешно пытался искать, работая в Гренландии в 1870 и 1883 гг. Этот своеобразный природный феномен Дж.У.Тиррел в 1922 г. назвал «загадкой оледенения Шпицбергена». По представлениям того времени, ледники архипелага считались реликтами четвертичного оледенения, поэтому объяснить подобную ситуацию было невозможно.

Эта загадка была разрешена только в 1965—1967 гг. Экспедиция Института географии АН СССР доказала, что оледенение архипелага — современное, а питание ледники получают с бережий Гренландского и Баренцева морей. При этом к центру архипелага поступает сравнительно немного осадков.

Крупная область **покровного оледенения** Шпицбергена расположена на о.Северо-Восточная Земля. Ледниковая шапка этого острова в XX в. существенно сократилась (хотя и не столь значительно, как на о.Западный Шпицберген). С 1936 по 1976 гг. площадь льда уменьшилась на  $350 \text{ км}^2$  (3.2%). Однако в 1936—1938 гг. на фоне интенсивного общего сокращения на южном побережье острова произошла известная грандиозная подвижка выводного языка Бросвелл. Его лопасть выдвинулась в море на 25 км, а общая площадь увеличилась на  $500 \text{ км}^2$  (20% ледосбора). Очевидно, что с последствиями такой подвижки при оценках изменения масштабов оледенения архипелага

нельзя не считаться. В то же самое время сокращение площадей отдельных выводных языков северного побережья составляло в среднем всего несколько квадратных километров.

На Шпицбергене выделяются три обособленных района **полупокровного оледенения** — южный, северо-восточный и северо-западный. Особенности колебаний ледников каждого из этих районов были впервые описаны и объяснены советскими гляциологами в 1975 г. [7].

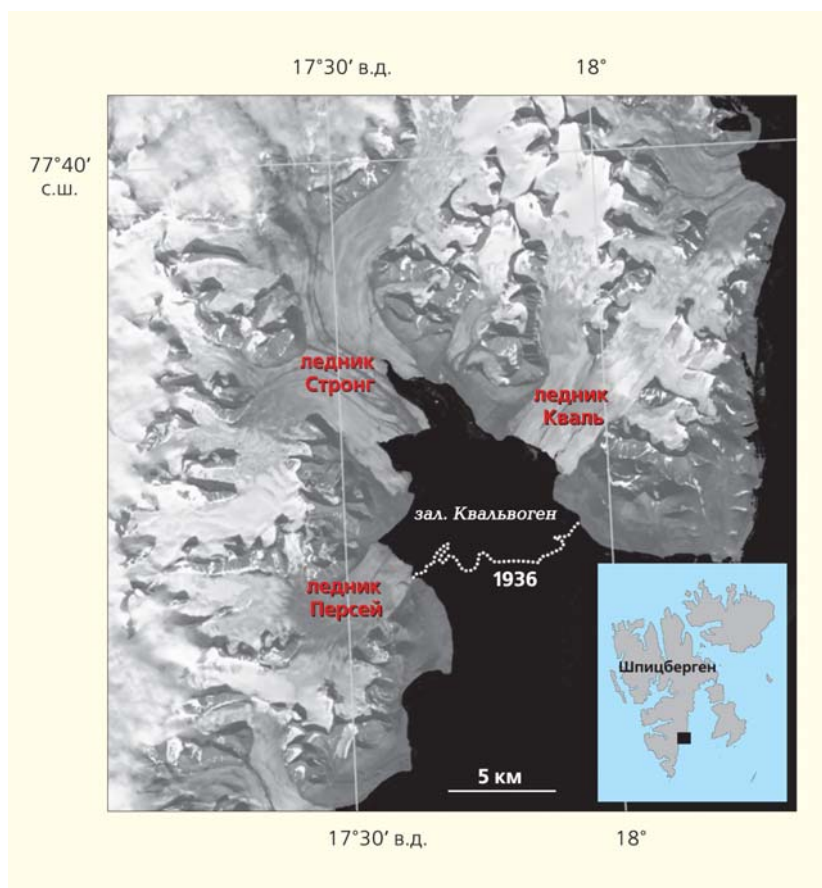
В южном районе в последней четверти XIX в. после многочисленных подвижек общая площадь полупокровных ледников возросла почти на 25%, они даже заполнили куты фиордов в заливах Хорнсунн, Квальвоген и некоторых других. С изменением климатических условий — началом потепления Арктики в XX в. — ледники стали отступать. Последствия предшествующего наступания были ликвидированы к середине 30-х годов. Затем вплоть до конца прошлого столетия темпы сокращения оледенения ускорялись: площадь ледников с 1936 по 1976 гг. уменьшилась на 5%, а с 1976 по 2012 гг. — уже на 9%. Всего было утрачено до  $500 \text{ км}^2$  (около 16%) первоначальной площади и до  $160 \text{ км}^3$  (25%) объема.

Изменения оледенения особенно наглядно выражены на побережье Гренландского моря в заливе Хорнсунн. Здесь при сохранении современных темпов отступления ледников существует вероятность объединения залива с противоположным, расположенным на побережье Баренцева моря, заливом Хамберг. Между островами Сёркап и Западный Шпицберген в этом случае появится открытая вода. Не менее крупные изменения про-



Южный Шпицберген (2000). В нижней части снимка — зал.Хорнсунн (Гренландское море) и ледник Хорн, в верхней — зал.Хамберг (Баренцево море) с одноименным ледником. При сохранении современных темпов сокращения оледенения на этом месте появится пролив.

[www.swisseduc.ch](http://www.swisseduc.ch)



Космический снимок зал.Квальвоген (Шпицберген), сделанный 19 августа 2001 г. Указано примерное положение фронта ледника Стронг в 1936 г. [8].

изошли в заливе Квальвоген на восточном побережье. Здесь площадь ледника Стронг к 1976 г. сократилась на 235 км<sup>2</sup>, а к 2012 г. — еще на 110 км<sup>2</sup>. Его фронт сегодня практически вернулся к положению 1870 г., отступив с начала XX в. на 15 км. В результате многие ветви-притоки ледника оказались обособленными, а сама ледниковая лопасть распалась на несколько самостоятельных языков.

Отступление ледников может быть вызвано не только климатическими, но и иными причинами. Например, разрушение запруды в верховьях способствовало сокращению ледника в заливе Хорнсунн, а ледники в заливе Квальвоген интенсивно разрушаются, так как находятся на плаву.

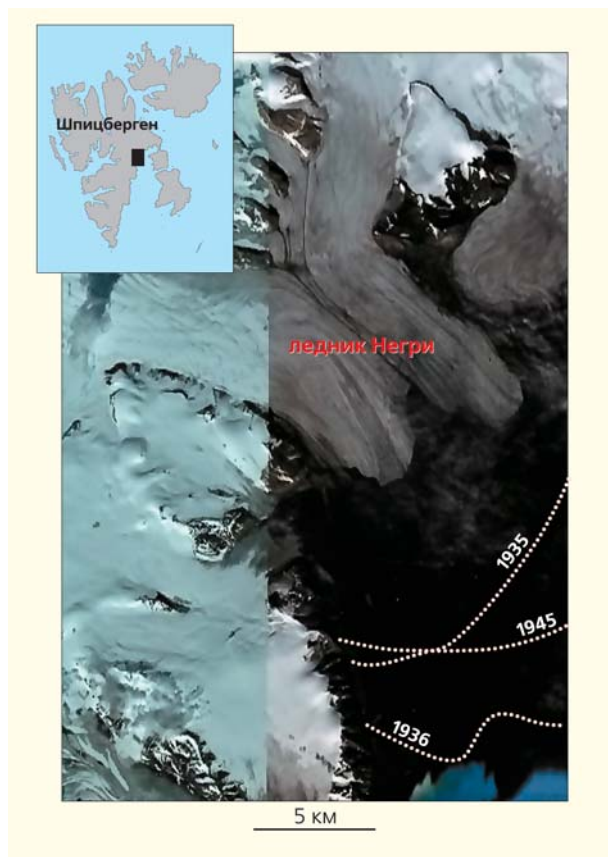
Ледники северо-восточного района в конце XIX в. наступали характерными подвижками, что привело к увеличению их площади на 4%. У некоторых из них (Негри, Инклар) подвижки периодически случались вплоть до 1936 г. Ледник Хэйса, по описанию академика Ф.Н.Чернышева, к 1901 г., продвинувшись верст на пять, не только заполнил бухту перед своим фронтом, но и образовал выступающий в море язык, поверхность которого поражает своей изломанностью и с вер-

шины горы кажется «форменной щеткой». Очевидно, ледник этот в настоящее время сильно наступает и благодаря изломанности сильно «телится» (раскалывается), образуя массу огромных живописных айсбергов. Сокращение площади ледников в XX в. здесь составило 6% (примерно 600 км<sup>2</sup>), а объема — 7% (120 км<sup>3</sup>). Но отступали они менее интенсивно по сравнению с ледниками южного района. Во многом этому способствовала значительная высота местных ледоразделов (свыше 1200 м). На протяжении века темп сокращения ледников менялся. С 1900 по 1936 г. площадь оледенения уменьшилась на 3.2% (это стало реакцией на предшествующее наступление), а с 1936 по 1976 г. — на 1%. К 2012 г. темп сокращения ледников снова ускорился и составил 2%. Последнее увеличение произошло в результате гидростатического эффекта, возникающего при разрушении ставших слишком тонкими выводных языков. Этот эффект в полной мере проявился на леднике Негри, площадь которого после подвижки 1936 г. увеличилась на 180 км<sup>2</sup> (18%), а последующее разруше-

ние выводного языка под влиянием моря привело к сокращению общей площади ледника. Интересно, что ледниковые подвижки на Шпицбергене — явление намного более масштабное, чем, например, в горах умеренного пояса.

В северо-западном районе полупокровного оледенения во второй половине XIX в. известно несколько случаев крупных подвижек (у ледников Конгсвеген и Сефстрём), как всегда, осложнивших оценки изменения размеров оледенения. Площадь ледников в XX в. здесь уменьшилась более чем на 500 км<sup>2</sup> (почти на 10%), а объем — примерно на 150 км<sup>3</sup> (12%). Наиболее интенсивно ледники отступали примерно до середины XX в., затем этот процесс замедлился. Так, в 1908—1936 гг. площадь ледников сократилась на 3.2% и на такую же величину в 1936—1976 гг. (а этот интервал на 12 лет длиннее). Еще на 2% ледники уменьшились к 2013 г. Таким образом, по темпам деградации в XX в. этот район занимает промежуточное положение между южным и северо-восточным.

Чемпионом по потерям льда среди полупокровных ледников стало скромное оледенение Земли Принца Карла в западной части архипелага (в начале XX в. ледники занимали здесь всего



Ледник Негри (Шпицберген), 2010 г. Показаны примерные положения выводного языка в 1935, 1936 и 1945 гг.  
www.google.com/earth

110 км<sup>2</sup>). С 1906 по 1982 г. его площадь уменьшилась более чем на 40%, а потери объема, видимо, близки к 80%.

Что касается отступления ледников в области **горного оледенения**, то наиболее сильные изменения произошли на Земле Норденшельда. С 1912 по 1936 г. площадь ледников здесь сократилась на 11%, с 1936 по 1966 г. — на 4%, т.е. налицо признаки замедления темпов сокращения. Всего за эти годы здесь было утрачено около 120 км<sup>2</sup> площади, или 100 км<sup>3</sup> (до 60%) объема льда. Ледники другого центра горного оледенения Шпицбергена — Земли Андре — отличались стабильностью из-за малой интенсивности массоэнергообмена.

Сведения о колебаниях ледников за минувшее столетие на других островах архипелага ограни-

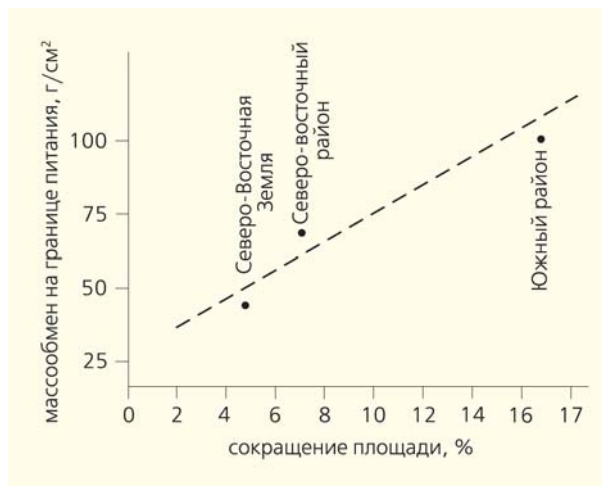


График колебаний ледников на востоке Шпицбергена в XX в.

чены, но не противоречат описанным закономерностям. В целом площадь ледников Шпицбергена (с учетом оледенения островов Эдж и Баренца) в XX в. сократилась на 2150 км<sup>2</sup> (6%), а их объем — на 650 км<sup>3</sup> (13%).

Сложность оценок эволюции различных ледниковых районов Шпицбергена заключается в разных источниках питания осадками. Их два: основной поток тепла и влаги вдоль Исландско-Карской барической ложбины над Баренцевым морем и его ответвление — ложбина низкого давления над Гренландским морем. Тем не менее на Шпицбергене действует все та же закономерность: темпы сокращения оледенения замедляются по мере удаления от источника питающих его осадков [9]. Особенно отчетливо эта закономерность проявляется на востоке архипелага. Если же проследить изменения скоростей отступления ледников в западной и восточной частях главного острова архипелага по десятилетиям, получается, что они находились почти в противофазе (табл.1).

### Новая Земля. Препятствие на пути циклонов

Архипелаг расположен на пути влагонесущих воздушных масс, движущихся из Северной Атлантики по Исландско-Карской барической ложбине. В начале XX в. об отступании ледников архипелага со-

**Таблица 1**

**Сокращение полупокровного оледенения Шпицбергена в XX в. по десятилетиям (%)**

Район	1900–1910	1910–1920	1920–1930	1930–1940	1940–1950	1950–1960	1960–1970	1970–1980
Северо-запад	0.5	1.0	1.3	0.6	0.7	0.9	1.2	0.4
Восточное побережье	0.6	1.7	2.0	2.1	2.1	0.6	0.3	1.8



общил знаменитый полярный исследователь В.А.Русанов, но количественно этот процесс был впервые охарактеризован по итогам Международного геофизического года (1957—1959) [1]. В предыдущей статье в «Природе» подробно рассказано о характере изменений оледенения Новой Земли на протяжении XX в. [2]. Главная закономерность этого процесса — снижение его темпов по всем ледниковым областям в бассейнах Баренцева и Карского морей со второй половины XX в. после максимума в 30—40-х годах. Скорость отступления ледников снижается по мере удаления от общего источника питания в Северной Атлантике.

### Земля Франца-Иосифа. Крайний север

Земля Франца-Иосифа — один из самых высокоширотных архипелагов мира. Интенсивность массоэнергообмена ледников (а вместе с тем и скорость изменения размеров оледенения) здесь существенно меньше, чем на других островах Арктики. Это происходит из-за снижения количества осадков на удалении от преобладающих путей циклонов, а также из-за уменьшения таяния льда в связи с более северным положением архипелага. Тем не менее низкое положение границ питания ледников\* привело здесь к большой площади оледенения (85% всей суши) и необычной протяженности ледяных берегов (до 2500 км или 60% длины береговой линии), что не может не сказываться на темпах массоэнергообмена. Сравнение карт 1953 г. и космических снимков 1978 г. показало, что общее уменьшение площади за этот период составило 232 км<sup>2</sup> [5]. В интервале с 1953 по 2001 г. сокращение составило 375 км<sup>2</sup> [10]. Показательно, что у разных авторов [5, 10] среднегодовой темп изменений размеров оледенения Земли Франца-Иосифа оказался близким, даже несмотря на неизбежные погрешности при экстраполяции для более раннего периода (1953—1978).

### Северная Земля. Крайний восток

Архипелаг расположен у восточных пределов распространения потоков тепла и влаги из Северной Атлантики. Льдом здесь занято 18 323 км<sup>2</sup> — менее половины территории архипелага. Протяженность ледяных берегов Северной Земли не превышает 500 км (17% длины всей береговой линии). Края ледниковых шапок располагаются большей частью на суше, что способствует стабильности оледенения архипелага.

\* Граница питания ледника — линия, выше которой накопление снега и льда в течение года преобладает над таянием (область питания), а ниже, наоборот, таяние преобладает над накоплением (область расхода).

Со времени исследований Н.Н.Урванцева (1930—1932) господствовало мнение о сокращении оледенения Северной Земли. Но в 1962 г. было обнаружено наступание южной кромки ледника Вавилова по сравнению с ее положением в 1931 г. Край шельфового ледника в заливе Матусевича за этот период остался практически неизменным [11]. Эти результаты позднее были подтверждены данными аэрофотосъемки [12], и представление об отступании ледников архипелага пришлось пересмотреть. Картина изменений оледенения Северной Земли оказалась более сложной, чем считалось ранее. В 1952—1985 гг. у ледника Вавилова (общей площадью свыше 1800 км<sup>2</sup>) северная часть сократилась примерно на 11 км<sup>2</sup>, а южная и западная — увеличились на 14,6 км<sup>2</sup> [10]. А общая площадь ледника почти за полвека сократилась всего на 0,2%. На островах Комсомолец и Октябрьской Революции площади оледенения с 1953 по 2001 г. уменьшились лишь на 0,5% и 0,1% соответственно [10], что во много раз меньше, чем на других архипелагах. Этот феномен объясняется низким массоэнергообменом ледников на фоне поступления питающих осадков с юго-запада. Небольшие разнонаправленные изменения размеров ледников здесь практически уравнивают друг друга, так что общее изменение размеров оледенения остается незначительным [5, 11]. Отмечу также, что на Северной Земле отсутствуют сколько-нибудь надежные сведения о подвижках ледников.

### Общие закономерности

Не только на Новой Земле, как было установлено ранее, а, по-видимому, и на других архипелагах Евразийской Арктики скорость сокращения оледенения уменьшается по мере удаления от Исландского барического минимума. Происходит это в зависимости от темпов массоэнергообмена ледников (табл.2).

Кроме того, установлена разница в сроках смены наступания ледников на отступление по мере движения на восток: в Исландии это произошло во второй половине XIX в., на Шпицбергене — на рубеже XIX и XX вв., на Новой Земле —

**Таблица 2**  
**Сокращение оледенения**  
**Евразийской Арктики в XX в.**

Район	Сокращение площади		Сокращение объема	
	км <sup>2</sup>	%	км <sup>3</sup>	%
Исландия	1550	13	550	14
Шпицберген	2150	6	650	13
Новая Земля	1000	4	310	4
Земля Франца-Иосифа	700	5	260	14
Северная Земля	0	0	83	2

в начале XX в. и т.д. В целом по Арктике эта смена заняла примерно четверть века. Исключением стало лишь выдвигание южной оконечности ледника Вавилова на Северной Земле в период с 1931 по 1962 гг.

Еще одна закономерность — убывание количества ледниковых подвижек по мере удаления от Исландского барического минимума: в Исландии подвижки отмечены практически у 80% из наблюдавшихся ледников, на Шпицбергене — примерно у половины, на Новой Земле — у 15–20%, а на Земле Франца-Иосифа или Северной Земле подвижки — скорее исключение.

Замечено также, что в настоящее время на Исландии и Шпицбергене темп сокращения оледенения продолжает нарастать, тогда как на Новой Земле проявляются признаки его замедления. На ледниках же Земли Франца-Иосифа и Северной Земли ряд наблюдений слишком короток, и сделать какие-либо выводы пока невозможно.

В заключение отметим, что в истории изучения изменений ледников Евразийской Арктики намечаются два периода. В первой половине XX в. поведение ледников на всех арктических архипелагах можно было изучать только методами наземных маршрутных съемок. И лишь в середине XX в., с началом использования дистанционных методов, стало возможным перейти к масштабным количественным оценкам этого процесса. В настоящее время применяются новые, надежные высокотехнологичные методы (например, спутниковая съемка), которые облегчают работу

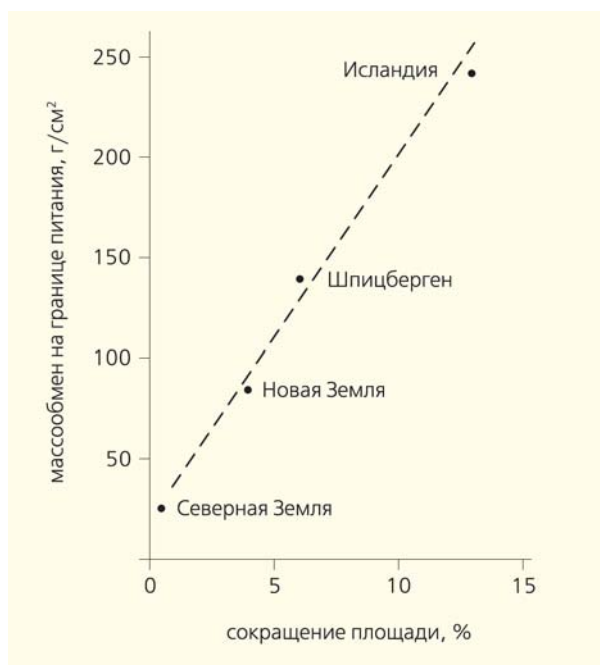


График колебаний ледников Евразийской Арктики в XX в.

исследователей, охватывают большие территории и обеспечивают получение точных результатов. Все это позволяет широко использовать традиционный для географии метод пространственно-временного анализа, возможности которого в современных условиях отнюдь не исчерпаны. ■

## Литература

1. Чижов О.П., Корякин В.С., Давидович Н.В. и др. Оледенение Новой Земли / Под ред. Г.А.Авсюка. М., 1968.
2. Корякин В.С. Ледники Новой Земли в XX веке и глобальное потепление // Природа. 2013. №1. С.42–48.
3. Williams R.S. Glaciers: clues to future climate? Denver, 1983.
4. Polar Regions Atlas. Washington, 1978.
5. Корякин В.С. Ледники Арктики. М., 1988.
6. Bjornsson H., Palsson F., Sigurdsson O., Flowers G.E. Surges of glaciers in Iceland // Annals of Glaciology. 2003. №36. P.82–90.
7. Троицкий Л.С., Зингер Е.М., Корякин В.С. и др. Оледенение Шпицбергена (Свальбарда). М., 1975.
8. Dowdeswell J.A., Benham T.J. A surge of Perseibreen, Svalbard, examined using aerial photography and ASTER high-resolution satellite imagery // Polar Research. 2003. V.22. P.373–383.
9. Корякин В.С. Колебания и резкие подвижки ледников // Гляциология Шпицбергена. М., 1985.
10. Глазовский А.Ф., Мачерет Ю.Я. Евразийская Арктика // Оледенение Северной и Центральной Евразии в современную эпоху. М., 2006.
11. Зингер Е.М., Корякин В.С. О современном оледенении Северной Земли // Известия Всесоюзного географического общества. 1964. №6. С.471–479.
12. Большианов Д.Ю., Макеев В.М. Архипелаг Северная Земля // Оледенение, история развития природной среды. СПб, 1995.

# Жемчужина Нижнего Приамурья

С.Д.Шлотгауэр,

*доктор биологических наук*

В.В.Пронкевич,

*кандидат биологических наук*

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН*

*Хабаровск*

Е.В.Кондратьева

*Государственный природный заповедник «Комсомольский»*

*Комсомольск-на-Амуре*

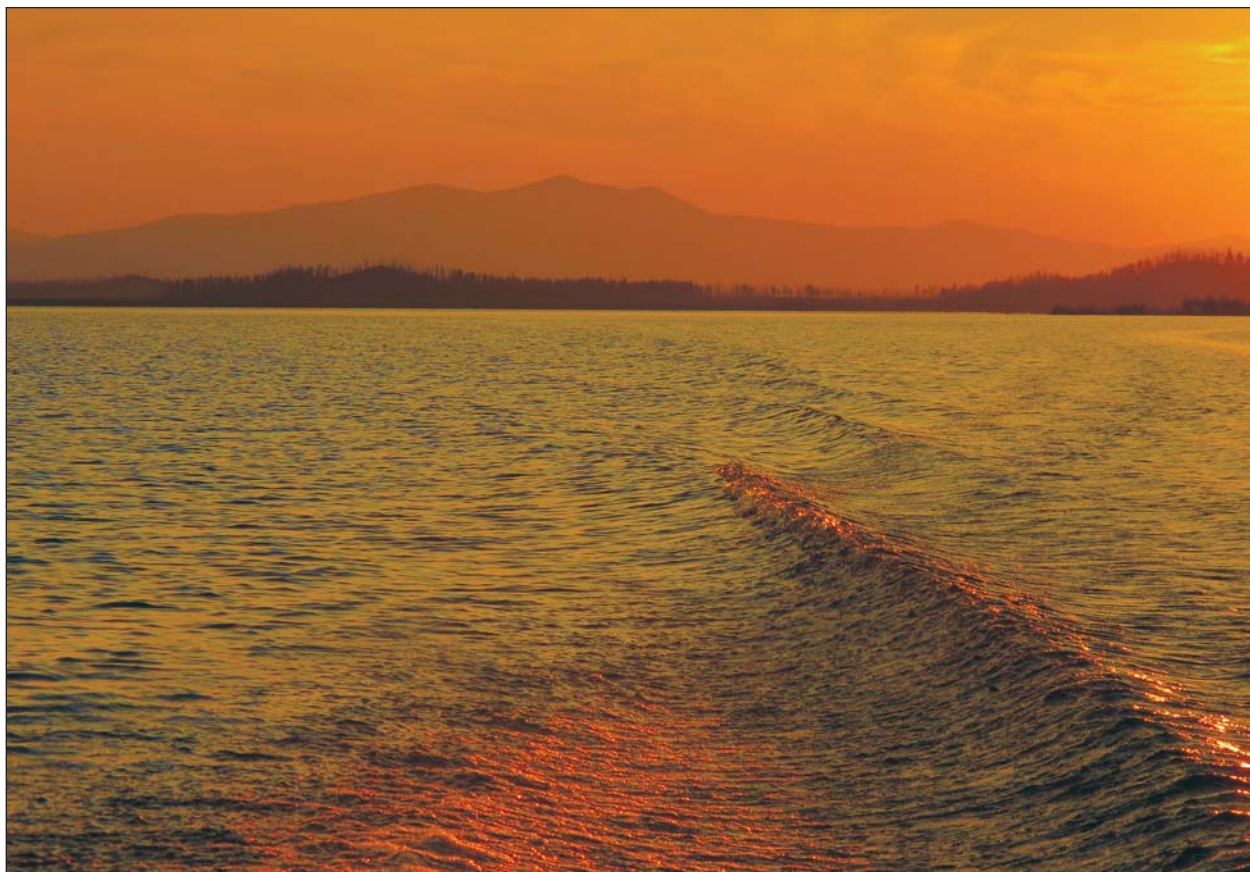
Если подняться вслед за скорой птицей, набрать высоту и замереть над просторами Нижнего Амура — царством болотных трав, могучих лиственниц и шумных птичьих стай, то открывается взору сверкаю-

щее сталью, причудливой формы озеро Удыль. Или Удыльское море, как называют его местные жители.

В озерном краю Приамурья Удыль — одно из крупнейших озер, по площади зеркала его превосходят лишь Чукчагирское и Болонь. Оно расположено

в Ульчском районе Хабаровского края на левом берегу Амура, почти в 220 км от устья и в 680 км ниже Хабаровска. Озеро мелководное, его глубины в среднем составляют 2—3 м. Котловина озера вытянута с юго-запада на северо-восток на 44 км, а ее ширина местами достигает 15 км.

© Шлотгауэр С.Д., Пронкевич В.В.,  
Кондратьева Е.В., 2013



Удыльские закаты.

Здесь и далее фото А.Ю.Минченко

На его площади можно разместить несколько карликовых государств Европы: два Лихтенштейна или шесть Сан-Марино либо даже все Мальдивские острова. Протокой Ухта Удыль соединяется с Амуром и в летнее время питается его водами. В периоды наводнений озеро превращается в резервуар, принимающий в себя огромную массу воды и тем самым уменьшающий затопление амурской поймы.

Самая высокая вода бывает здесь в период муссонных дождей — в июле-августе, минимальная — в конце марта. Ледяной панцирь сковывает Удыль в ноябре — начале декабря, тает лед в первой половине мая. Самый опасный период путешествия по Удыли на моторных лодках — осень. В это время года сильные ветры часто вызывают волнение на озере. Но это и самый прекрасный период. Зеле-

новатые берега светлеют и наряжаются в многоцветные оторочки, дали становятся объемными. Самая красочная полоса — у воды. Это свидина зажигает свои пурпуровые костры. На фоне яркого золота и бронзы берез и осин этот яркий фестон — словно раздел между удыльской волной и сушией. Буйство красок приглушает нежно-лимонный нимб лиственницы, сияющей на фоне бездонного сентябрьского неба. А на глянце поверхности озера, только в чуть приглушенных тонах и в перевернутом виде, — Скалистый мыс, будто бы изображенный масляными красками.

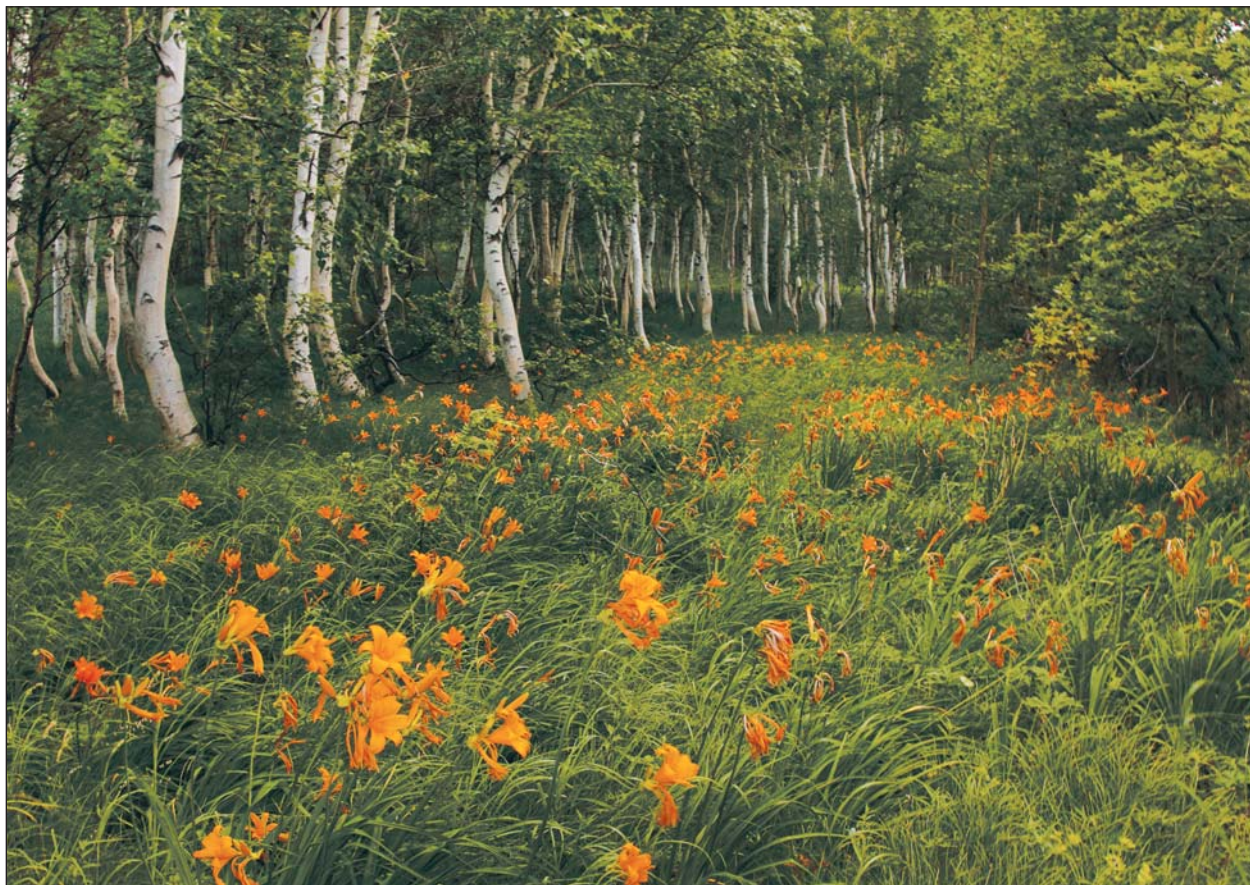
Самое узкое место, «талиа» озера, — мыс Жолмых. Он протягивается в середину озера словно зеленый кашалот. На его оконечности, на самом ветробойном месте, истерзанные и избытые, растут лиственницы. Зим-

ние ветры выкручивают ветви, «сжигая» их на северной и северо-восточной стороне, но деревья держат свои асимметричные кроны как победные флаги.

На акватории озера находятся четыре острова. Самый крупный из них — Трехгорный. Когда приближаешься к нему, издали чувствуешь терпкий запах цветущих трав. Это благоухает Чертов мыс — каменный горбик среди огромной водной чаши, едва прикрытый почвой. От основания до вершины он заплетен ползучей травкой — чабрецом, или тимьяном (народное название — богородская трава). Все берега озера Удыль — царство заколдованных худосочных редкостойных лиственничников и болот. А здесь, на крохотном пятачке, все лето бьется в ритм стрекотанию цикад крохотное сердечко небольшой «степушки». Крупными дернови-



Разнотравье о.Трехгорного.



Красоднев Миддендорфа на берегах Удыли.

нами растет чий дальневосточный с широко-раскидистыми шероховатыми веточками. Яркими всполохами пылают красодневы и лилии, пестрые ковры образуют очитки и маки.

Ниже по склону, среди камней, — заросли полыней с пышными перисто-рассеченными листьями, с шаровидными корзинками небольших метельчатых соцветий. Полыни рассеченная и пижмолистная, хотя и родственники буйным сорным видам полыней, но не чета им. Они интересны тем, что первыми осваивают неудобья, неприступные скалы и осыпи. Вместе с ними красоднев и лук Максимовича украшают берега Удыли, в пору цветения освещая их своим голубовато-золотистым сиянием.

Большинство растений не только красивы, но и обладают целебными свойствами. Под ногами целая «аптека»: тимьян,

подмаренник настоящий, вайда, лук Максимовича, пижма и другие, из охраняемых видов растительного покрова — касатик гладкий, любка дальневосточная, надбородник безлистный и адонис амурский.

Сразу за островком — царство гидрофитов: водяного ореха, кувшинки, различных видов рдестов и болотноцветника (нимфейника) щитолистного. Последний растет в защищенных от ветра и волн бухтах, на мелководье, в устьях рек. Нимфейник выделяется среди других водных растений в пору своего цветения. В конце июля и первой половине августа над нимфейниковыми зарослями стоит медовый аромат, в воздухе жужжат насекомые. Пожалуй, это редкое явление — медоносное растение среди водолюбов.

Нимфейник, наряду с другими гидрофитами, образует це-

лые подводные луга. В их зарослях скапливаются беспозвоночные, которые служат пищей для других обитателей озера. Уруть мутовчатая, например, — отличный корм для растительноядных рыб, а ее семена — для птиц.

Озеро Удыль — огромная, хорошо прогреваемая водная чаша — прекрасная столовая для тысяч и тысяч мальков различных видов рыб. Кроме прикорма, среди подводных лугов урути, нимфейника, кувшинки и водяного ореха молодь находит надежную защиту. Колоссальную роль в удильском водоеме выполняют различные виды рдестов. В их зарослях рыбы мечут икру. Здесь, под опекой подводных трав, вырастают мальки.

Ихтиофауна озера, проток и рек, впадающих в него, разнообразна и богата. Здесь обитают более 20 видов рыб. Наиболее типичны из них — амурская щу-



Эмблема заказника — белоплечий орлан.

ка, серебряный карась, верхогляд, таймень, амурский чебак, обыкновенный пескарь. Летом для нагула в озеро заходят амурские рыбы: толстолоб, сазан, белый лещ. Воды Удыли — это важнейший миграционный коридор для кеты и горбуши, следующих на нерест в реки Пильду, Бичи и Алочку, впадающие в озеро. Из редких видов рыб в заказнике выявлены сима (эндемик Дальнего Востока), сом Солдатова (эндемик Восточной Азии), а также желтощек, пестрый толстолобик, ауха и другие.

Огромную роль в очищении прибрежных вод играют моллюски. Например, одна особь нодулярии за сутки пропускает через свой организм несколько литров воды, очищая ее. В бассейне озера обнаружены моллюски синанодонта Лихарева, параюга амурская, амурская живородка, а также занесенные в «Красную

книгу Хабаровского края» гигантская кристария и даурская жемчужница.

Мелководные заливы Удыли, поросшие рогозом, тростником, камышом, манником и цицанией, служат кормовыми станциями для птиц. Орнитофауна озера включает 267 видов, среди которых 185 — гнездящихся, 73 — пролетных, 9 — залетных. Около 15% видов пернатых занесены в «Красную книгу Хабаровского края». Один из фоновых видов птиц акватории озера Удыль — речная крачка (около 1000 пар). Через территорию заказника проходит австрало-азиатский пролетный путь сезонных миграций птиц, поэтому озеро Удыль и прилегающие к нему водоемы и устья рек периодически становятся «птичьим раем».

Из дневных хищных птиц главное украшение удильских

#### Некоторые виды рыб, моллюсков и растений удильского региона

##### Рыбы

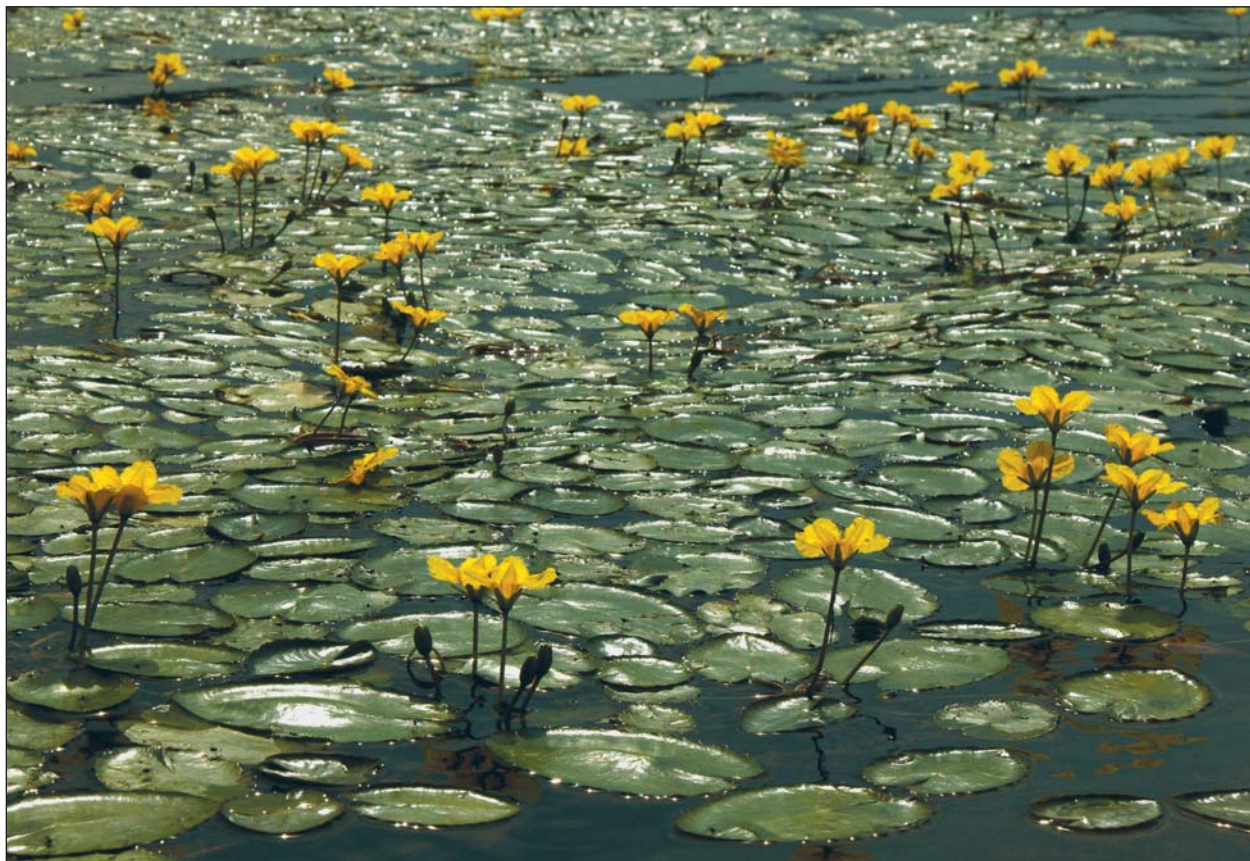
Амурская щука (*Esox reichertii*)  
 Серебряный карась (*Carassius auratus*)  
 Верхогляд  
 (*Cbanodichthys erythropterus*)  
 Таймень (*Hucbo taimen*)  
 Амурский чебак (*Leuciscus waleckii*)  
 Обыкновенный пескарь (*Gobio gobio*)  
 Толстолоб, белый толстолобик  
 (*Hypophthalmichthys molitrix*)  
 Сазан (*Cyprinus carpio*)  
 Белый лещ (*Parabramis pekinensis*)  
 Кета (*Oncorhynchus keta*)  
 Горбуша (*Oncorhynchus gorbuscha*)  
 Сима (*Oncorhynchus masu*)  
 Сом Солдатова (*Silurus soldatovi*)  
 Желтощек (*Elopichthys bambusa*)  
 Пестрый толстолобик  
 (*Aristichthys nobilis*)  
 Ауха (*Siniperca chuatsi*)

##### Растения

Свидина белая (*Tbelycrania alba*)  
 Лиственница Каяндера  
 (*Larix cajanderi*)  
 Тимьян короткий (*Thymus curtus*)  
 Чий дальневосточный  
 (*Acnatherum extremiorientale*)  
 Красоднев Миддендорфа  
 (*Hemerocallis middendorffii*)  
 Лилия пенсильванская  
 (*Lilium pensylvanicum*)  
 Очиток Миддендорфа  
 (*Sedum middendorffianum*)  
 Мак амурский (*Papaver amurense*)  
 Польшь рассеченная  
 (*Artemisia laciniata*)  
 Польшь пижмолистная  
 (*Artemisia tanacetifolia*)  
 Лук Максимовича  
 (*Allium maximowiczii*)  
 Подмаренник настоящий (*Galium verum*)  
 Вайда иезская (*Isatis yezoensis*)  
 Пижма северная (*Tanacetum boreale*)  
 Касатик гладкий (*Iris laevigata*)  
 Любка дальневосточная  
 (*Platanthera extremiorientalis*)  
 Надбородник безлистный  
 (*Epipogium aphyllum*)  
 Адонис амурский (*Adonis amurensis*)  
 Кувшинка четырехгранная  
 (*Nymphaea tetragona*)  
 Болотноцветник щитовидный  
 (*Nymphaoides peltata*)  
 Уруть мутовчатая  
 (*Myriophyllum verticillatum*)  
 Рдест плавающий (*Potamogeton natans*)  
 Рогоз широколистный (*Typha latifolia*)  
 Тростник южный (*Phragmites australis*)

##### Моллюски

Нодулярия (*Nodularia sp.*)  
 Синанодонта Лихарева  
 (*Sinanodonta likharevi*)  
 Параюга амурская (*Parajuga amurensis*)  
 Амурская живородка (*Amuropaludina sp.*)  
 Гигантская кристария (*Cristaria berculea*)



Заросли болотноцветника (нимфейника) щитолистного.

берегов — орланы, белохвостый и белоплечий. Белоплечий орлан — один из самых крупных пернатых. Этот хищник нередко достигает метровой длины, а его масса — 9 кг. Интересно, что по величине самки превосходят самцов. Окраска взрослых птиц бурая, на крыльях — по большому светлomu пятну. Держатся величественные птицы у водоемов. Гнездятся обычно на деревьях, высоко над землей, изредка на скалах. Гнездо представляет собой огромную постройку из сучьев и используется обычно много лет подряд. Пары создаются на всю жизнь. Пища орлана разнообразна, но наибольшее значение имеет рыба. Завидев ее, орлан стремительно опускается и мгновенно «черпает» добычу из воды. Иногда этот хищник кормится водоплавающими птицами. Планируя над нырнувшей жертвой, он спокойно дожидается, когда та появит-

ся вновь. Зимой же, пока реки скованы льдом, орланы могут охотиться и на зайцев.

Численность этих величественных птиц в последние десятилетия неуклонно снижается. Поэтому орланы, так же как и другие редкие хищные птицы (рыбный филин, иглоногая сова), внесены в Красные книги Российской Федерации и Хабаровского края.

Этот же статус определен и для многих водных и околоводных представителей орнитофауны: дальневосточного и черного аистов, большой выпи, зеленой кваквы, большой белой цапли, мандаринки, скопы и сухоноса. Последний, как и орлан, может считаться эмблемой озера Удыль. Он предпочитает широкие речные долины или озера с обширными зарослями камыша или кустарников.

Основная причина снижения численности уникальных

птиц, по мнению орнитологов, — ежегодные палы, охватывающие побережье Удыли и устья рек Пильды, Бичи и их многочисленных притоков. Горят кустарники и многолетние травы, погибают птичьи кладки. При пожарах разрушаются гнездовые участки. Не менее существенный фактор — беспокоество птиц, которое вызывают лодки браконьеров, проникающие к самым укромным уголкам озера. К тому же их моторы перемалывают подводные травы вместе с икрой, которую отложила рыба.

Орнитофауна озера остается одним из слабо изученных блоков в общем объеме знаний о животном мире заказника. Так, совсем недавно здесь был найден новый для Хабаровского края гнездящийся вид птиц — чайка-хохотунья. Ранее ее ближайшим местом размножения считалось озеро Ханка, находя-

щееся в полутора тысячах километров к югу. Учитывая малочисленность этих птиц, необходимо рассматривать хохотунью в качестве потенциального претендента на внесение в новое издание «Красной книги Хабаровского края» [1].

Фауна крупных млекопитающих озера Удильского бассейна — это типичные представители бореальных лесов: лось, северный олень, сибирская косуля, бурый медведь, волк, лисица.

Режим охраны озера Удиль действует давно. В 1978 г. озеру и прилегающей к нему местности был присвоен статус видового заказника местного значения. Спустя 10 лет приказом Главного управления охотничьего хозяйства и заповедников РСФСР он был преобразован в республиканский, а позднее в федеральный зоологический заказник. Целью работы заказника стали восстановление и воспроизводство объектов животного мира, в первую очередь редких и находящихся под угрозой исчезновения; сохранение среды обитания и путей миграции животных; осуществление экологического мониторинга и просвещение населения.

С 1994 г. статус территории заказника «Удиль» повысился. На него распространилось действие Рамсарской конвенции, направленной на создание и сохранение уникальных водно-болотных угодий как мест обитания водоплавающих птиц. Почти половина территории заказника вошла в состав водно-бо-



Лисичка.

Фото В.В.Пронкевича

лотного угодья международного значения «Озеро Удиль и устье рек Бичи, Битки и Пильда».

Для решения природоохранных и эколого-просветительских задач в 2009 г. Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации заказник «Удиль» был передан в управление Государственному природному заповеднику «Комсомольский». Сотрудники заповедника делают многое, чтобы «Удиль» и его обитатели были сохранены для потомков. Однако еще предстоит колоссальная работа по созданию круглогодичного мониторинга состоя-

ния водно-болотных угодий и благополучия птичьего населения. Необходимо исследовать сосудистые растения, особенно осоки, горцы, рдесты и камыши, составляющие основу питания многих животных. Нет сведений о мхах, лишайниках и грибах заказника. Работы много [2].

Легкораннимой приамурской природой объединены человеческие судьбы и поколения. Тысячи людей связывали и будут еще многие столетия связывать с амурскими озерами свое будущее.

Как же нам не думать о сохранении живых уголков этой земли? ■

## Литература

1. Пронкевич В.В., Олейников А.Ю. Новые сведения о некоторых птицах Хабаровского края // Амурский зоол. журн. 2010. Т.2. №4. С.365—367.
2. Шлотгауэр С.Д. По Удыли // Дальневосточные путешествия и приключения. Вып.12. Хабаровск, 1989. С.290—309.



# Еще раз об информационной природе «парадокса Гиббса»

А.А.Ярошевский,

доктор геолого-минералогических наук

Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова

Как известно, суть «парадокса Гиббса» [1, 2] заключается в том, что при смешении двух одинаковых веществ энтропия смешения ( $R \ln N$ , где  $N$  — мольная доля компонента,  $R$  — газовая постоянная) равна нулю, тогда как при смешении двух даже весьма незначительно различающихся веществ энтропия возрастает. На границе «нет различий — есть различия» наблюдается скачок энтропии. Именно скачок энтропии при переходе от как угодно мало различающихся компонентов к полностью тождественным как раз и считается парадоксом. Неоднократно предпринимались попытки найти его решение [3, 4]. Обсуждение этой проблемы продолжается до сих пор. Недавно были опубликованы работы В.С.Урусова, который попытался связать парадокс со структурной симметрией вещества [5, 6]. Один из вариантов подхода к решению задачи — найти такие физические свойства смешивающихся веществ, уменьшение разницы которых сопровождалось бы снижением скачка энтропии, а при исчезновении различий — обращавшегося в нуль.

Но что значит различие? Каким критерием его измерить? В качестве примера проблемы опишем мысленный эксперимент. К нему обычно обращаются для иллюстрации «парадокса Гиббса».

**Опыт 1.** Два сосуда, разделенные перегородкой, заполнены одним и тем же газом при одина-

ковых температуре и давлении. Снимем перегородку. Ничего наблюдаемого не произошло. Энтропия не изменилась. Значит, энтропия смешения равна нулю.

**Опыт 2.** Те же два сосуда при тех же одинаковых условиях заполнены разными газами. Снимем перегородку. Газы смешиваются, и энтропия растет за счет гиббсовского члена  $R \ln N$ .

Что же произошло? Какие же различия играют существенную роль? Ими могут быть реальные физические свойства (разные молекулярные массы, молекулярный объем, структура частиц и др.). Но могут быть различия и эфемерные. Например, мы можем покрасить молекулы в одном сосуде зеленым цветом, а во втором оставить серыми. И энтропия возрастет! Мы можем просто пометить молекулы газа в одном резервуаре крестиками, штрихом и как угодно еще. И энтропия возрастет! В чем же дело?

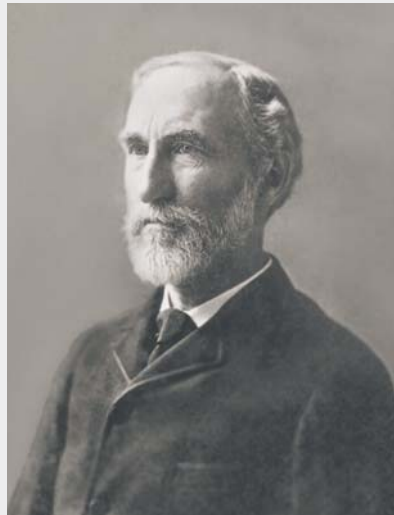
Для прояснения ситуации подойдем к проблеме с другой стороны. Если после смешения разных газов мы захотим их снова разделить и собрать в первом резервуаре только молекулы одного сорта (в том числе помеченные цветом или штрихом), а во втором — другого, то придется призвать на помощь «демона Максвелла»\* и снабдить его, меж-

ду прочим, огромной энергией. Если мы хотим полностью разделить два газа, до последней молекулы, то, вероятно, нам не хватит всех энергетических ресурсов человечества. Такова плата за «парадокс Гиббса». Кстати, именно рост энтропии за счет эффекта смешения — термодинамическое основание знаменитого закона В.И.Вернадского (1910 г.) о «всюдности» химических элементов: «В каждой капле и пылинке вещества на земной поверхности, по мере увеличения точности наших исследований, мы открываем все новые и новые элементы. Получается впечатление микрокосмического характера их рассеяния. В песчинке или капле, как в микрокосме, отражается общий состав космоса. В ней могут быть найдены все те же элементы, какие наблюдаются на земном шаре, в небесных пространствах» [7, с.401].

Но мы можем поставить такую же задачу и для случая смешения одинаковых (!) газов. А именно: попробуем собрать в одном сосуде все молекулы, находившиеся в нем до снятия перегородки, и не допустить в него молекулы из другого резервуара, которые стали для нас «разными» в том смысле, что пришли из другого сосуда. Но для этого «демон Максвелла»

\* Воображаемое разумное существо микроскопического размера, придуманное Дж.К.Максвеллом, чтобы проиллюстрировать смысл Второго начала термодинамики. Демон открывает дверку между двумя сосудами только, чтобы пропустить молекулы газа с температурой (скоростью) выше некоторой величины. В результате в одном сосуде соберутся молекулы более холодные, а в другом — более горячие, и вместо выравнивания температур (как того требует второй закон термодинамики), «самопроизвольно» возникает разность температур, что полностью противоречит требованиям термодинамики.

Джозайя Уиллард Гиббс (Josiah Willard Gibbs, 1839—1903) — американский физик, физхимик, математик и механик, один из создателей векторного анализа, статистической физики, математической теории термодинамики. Образ Гиббса запечатлен в Галерее славы великих американцев. Его имя присвоено многим величинам и понятиям химической термодинамики. Вот лишь некоторые из них: энергия Гиббса, парадокс Гиббса, правило фаз Гиббса, уравнения Гиббса—Гельмгольца, треугольник Гиббса—Розебома. В 1901 г. Гиббс был удостоен высшей награды международного научного сообщества того времени (присуждаемой каждый год только одному ученому) — медали Копли Лондонского королевского общества. Он стал *«первым, кто применил второй закон термодинамики для всестороннего рассмотрения соотношения между химической, электрической и тепловой энергией и способностью к совершению работы»\**.



Гиббс родился 11 февраля 1839 г. в Нью-Хейвене (штат Коннектикут) в семье профессора духовной литературы Йельской богословской школы. После обучения в школе Хопкинса, в возрасте 15 лет, Гиббс поступил в Йельский колледж и в 1858 г. окончил его в числе лучших в своем классе, получив премию за успехи в математике и латыни.

В 1863 г. по решению Шеффилдской научной школы в Йеле Гиббса первым в США удостоили степени доктора философии (PhD) по техническим наукам (за диссертацию «О форме зубцов колес для зубчатой передачи»). Последу-

ющие годы он преподавал в Йеле: два года вел латынь и еще год — то, что впоследствии было названо натурфилософией и сравнимо с современным понятием «естественные науки».

Работу профессора поначалу не оплачивали — ситуация, типичная для того времени, и Гиббс зарабатывал публикацией своих статей. В 1876—1878 г. выходит ряд его статей по анализу многофазных химических систем графическим методом.\*\* Позже они были изданы в монографии «О равновесии разнородных веществ». Этот труд

рассматривается как одно из величайших научных достижений XIX в.

В 1880 г. вновь открывшийся Университет Джонса Хопкинса в Балтиморе (штат Мэриленд) предложил Гиббсу оплачиваемую должность с окладом 3 тыс. долл., на что Йель ответил жалованьем в 2 тыс. долл., и Гиббс остался в Нью-Хейвене.

Гиббс никогда не был женат и всю жизнь прожил в отцовском доме вместе с сестрой и зятем. Ученый настолько уходил в работу, что был, как правило, недоступен для личных интересов. Его ученик Э.Б.Уилсон писал в 1931 г.: «Вне стен учебной аудитории я видел его крайне мало. У него была привычка пойти прогуляться после полудня по улочкам между его кабинетом в старой лаборатории и домом — небольшая зарядка в перерыве между работой и обедом, и тогда можно было иногда встретить его».

Гиббс умер в 1903 г. в Нью-Хейвене и похоронен на кладбище Гроув-стрит.

\* [http://www.1911encyclopedia.org/Josiah\\_Willard\\_Gibbs](http://www.1911encyclopedia.org/Josiah_Willard_Gibbs)

\*\* *Gibbs W.J.* On the equilibrium of heterogeneous substances // Transactions of the Connecticut Academy. 1876. V.3. P.108—248; 1878. P.343—524.

потребуется помимо энергии еще и **информация** — как узнать эти другие молекулы? Между прочим, и в предыдущем опыте это тоже было необходимо. Просто там различить молекулы было легко — одни зеленые, другие серые.

Значит, важнейший элемент наших опытов — информация о признаках смешивающихся веществ. Если об этом ничего не

известно, то нет и «парадокса Гиббса»!

Кстати, энтропия экспериментально непосредственно не измеряется. Энтропиметра не существует. Этот параметр природных систем мы рассчитываем на основании данных об изменении других (наблюдаемых) показателей: количества выделенного (поглощенного) тепла, изменения объема (произведен-

ной работы), концентрации компонентов (в случае смешения разных газов — изменения парциального давления) и др. Природа не знает, что ее процессы подчиняются энтропийному принципу. Ей безразлично, смешиваем ли мы одинаковые или разные вещества. Происходит одно и то же явление: за счет максвелловской статистики газов (статистической

природы термодинамического равновесия) молекулы, которые сталкиваются и обмениваются количеством движения (энергией), в конце концов равномерно распределяются по всему объему системы. Для действия такого механизма не важно, смешиваются ли кислород и азот или только молекулы азота. Не важно также, смешиваются ли серебро и золото, образуя твердые растворы, или в твердую фазу переходят только атомы золота. Смешение веществ происходит не потому, что увеличивается энтропия, а энтропия увеличивается потому, что смешиваются разные частицы. Физическая причина смешения — законы молекулярной динамики. Для статистического механизма, реализующего рост энтропии согласно «парадоксу Гиббса», это не важно! Потому суждение о росте энтропии при смешении нужно только тому, кто знает, что смешиваются разные частицы. В реальности при смешении одинаковых и разных молекул происходит одно и то же — равномерное их распределение по всему объему системы. При смешении одинаковых веществ в системе все-таки что-то происходит (по крайней мере процесс самодиффузии), а ничего не происходит с информа-

цией для наблюдателя, следящего за процессом.

Например, в таблицах стандартных термодинамических функций химических элементов (для их подавляющего большинства, кроме водорода), приводятся в том числе и значения стандартной энтропии, которые соответствуют описанию каждого элемента как однокомпонентной системы. Использование этих величин оказывается совершенно корректным при анализе физико-химических процессов, протекающих с участием данного элемента и не сопровождающихся фракционированием изотопов. Но если фракционирование последних оказывается значимым, то становится необходимым ввести дополнительный гиббсовский член, учитывающий изменение свободной энергии при смешении изотопов [8].

Два случая — смешение различающихся и тождественных компонентов — не представляют собой крайние (предельные) ситуации в непрерывном ряду снижающихся различий. Различия или есть, или их нет — это качественный признак. «При сравнении химической природы двух газов или вообще двух каких-либо веществ нет и не может быть места непрерыв-

ным соотношениям, так что можно говорить либо об их полной тождественности, либо о нетождественности» — писал И.Е.Тамм [9, с.140]. Потому парадокса в смысле скачка функции (энтропии смешения) при непрерывном изменении аргумента (свойства) нет. Решающей становится информация — одинаковые или разные компоненты смешиваются. В связи с этим необходимо заметить, что недоразумением являются приведенные в книге Я.М.Гельфера с соавторами рассуждения, якобы демонстрирующие непрерывное уменьшение энтропийного эффекта при смешении двух двухкомпонентных газов с изначально разными концентрациями исходных веществ. По мере приближения составов смешивающихся газов друг к другу (по мере стирания различий) уменьшается не величина полного скачка энтропии смешения, а величина разности энтропии производной смеси и суммы энтропий двух исходных. Авторы «не заметили», что в выражение полной энтропии каждой исходной двухкомпонентной системы газов уже входит величина энтропии смешения, связанная с образованием данных смесей из чистых компонентов. ■

## Литература

1. *Gibbs J.W.* On the equilibrium of heterogeneous substances // *Amer.J.Sci.* 3-rd ser. 1878. V.XVI. P.441—458.
2. *Гиббс Дж.В.* Термодинамические работы. М.-Л., 1950.
3. *Гельфер Я.М., Любошиц В.Л., Подгорецкий М.И.* Парадокс Гиббса и тождественность частиц в квантовой механике. М., 1975.
4. *Варшавский Ю.С., Шейнин А.Б.* Гиббс о «парадоксе Гиббса» // *Вопросы истории естествознания и техники.* 1983. №1. С.68—75.
5. *Урусов В.С.* Парадокс Гиббса и симметризация многокомпонентной системы // *Докл. АН.* 2007. Т.417. №6. С.780—785.
6. *Урусов В.С.* Симметрия-диссимметрия в эволюции Мира. М., 2012.
7. *Вернадский В.И.* Парагенезис химических элементов в земной коре // *Вернадский В.И. Избранные сочинения.* Т.I. М., 1954. С.395—410.
8. *Гричук Д.В.* Оценка свободных энергий Гиббса изотопных форм соединений // *Геохимия.* 1987. №2. С.178—191.
9. *Тамм И.Е.* Новые принципы статистической механики Бозе-Эйнштейна в связи с вопросом о физической природе материи // *Успехи физ.наук.* 1926. Т.VI. Вып.2. С.112—141.

# Природный камень в жизни средневекового человека

Т.Д.Панова,  
доктор исторических наук  
Музей-заповедник «Московский Кремль»

Археолога, изучающего жизнь любого средневекового города Руси, не удивишь находками из природного камня. В его руки постоянно попадают точильные бруски из песчаника и рыболовные грузила из белого камня, украшения (бусы, вставки в перстни) из горного хрусталя и сердолика, намогильные известняковые плиты и многое другое. Люди давно оценили камень за прочность и красоту и различные его виды используют до настоящего времени, хотя и менее активно, чем в древности.

В археологической коллекции, собранной на Боровицком холме — древнейшем участке территории Кремля, содержится множество предметов из камня, характеризующих средневековый быт горожан\*.

А начать рассказ об этих находках можно с небольшого по размеру приспособления, которое применялось для изготовления нитей — из них потом ткали ткань, в основном для пошива одежды. В Средние века текстильные нити чаще сучили вручную, с помощью деревянного веретена. Чтобы веретено, на которое наматывалась нить, удерживалось вертикально в руке, на его конец — для отвеса — надевали каменное пряслице. Это хорошо показано на миниатюрах из иллюстрированных рукописей прошлого [1, р.76, 81,



Сцена прядения. Рисунок из рукописи конца XV в., Франция. На Руси способ изготовления нитей вручную мало чем отличался от европейского.

\* См. также: Панова Т.Д. Камень в жизни средневекового человека на Руси // Природа. 2010. №7. С.87—88.



Пряслица из розового камня; их диаметр редко превышает 2—2.5 см.

87, 88]. Пряслица упомянуты даже в средневековом юридическом документе. Английский король Альфред Великий (849 — около 901 г.) в своем завещании поясняет, что его дед оставил большие земельные наделы родственникам по мужской, а не по женской линии, и при этом использует формулу: «по линии копыя, а не пряслица» [2, с.115]. Все это показывает, насколько широко распространены были пряслица в быту средневекового человека — как в европейской, так и в русской материальной культуре.

На территории Кремля каменные пряслица находили, как правило, в жилом слое второй половины XII — середины XIII в. В более позднее время пряслица делали чаще всего из... обломков битой глиняной посуды. А в древности их изготавливали из пиррофиллита — красивого фиолетового (иногда с розовым или серым оттенком) минерала подкласса слоистых силикатов. В археологической литературе за такими пряслицами закрепилось название шиферных. Интересно, что залежи пиррофиллита на территории Древней Руси были известны только в одном районе — местечке Овруч, что недалеко от Киева. Поэтому в специальной литературе можно встретить и другое

название этих изделий — овручские пряслица. Пиррофиллитовый сланец шел на изготовление самых разнообразных предметов: при раскопках руин древних храмов находили и шиферные саркофаги, и детали архитектурного декора, и церковную атрибутику — иконки и нательные крестики.

Весьма показательна история этого столь широко распространенного бытового предмета. Сырье для изготовления пряслиц перестали поставлять из района Овруча после нашествия Батыя на Русь в 1237—1241 гг. Жестокий удар несметных орд этого хана привел к гибели многих русских городов и к значительным людским потерям, что отразилось также и на развитии некоторых ремесел — многие из них просто захирели. Прервался и мощный поток изделий из сланцевого сырья — плит шифера, — направлявшийся прежде (по торговым путям) в основные древнерусские центры.

Люди Древней Руси (да и тогдашние европейцы тоже) активно использовали в обыденной жизни такие предметы, как ножи. С их помощью принимали пищу, так как вилок в Средние века не было (в России они появились в столовом наборе только в 17-м столетии); ножи

применяли ремесленники разных специальностей — столяры, кожевники, сапожники, мясники и повара. Для заточки ножей и другого инструментария использовались специальные точильные камни — оселки. Они постоянно попадают археологам при раскопках в древних русских городах, как правило, в остатках деревянных построек — жилых домов и ремесленных мастерских.

Делали оселки в основном из песчаника — осадочной горной породы, сцементированной глиной, известью и другими веществами. Оселки имеют вид брусков прямоугольной формы, на их рабочей поверхности довольно часто видны следы, образовавшиеся в процессе заточки инструментов. Особенно хорошо читаются узкие глубокие бороздки от заточки сапожных шильев, например. Нередко на одном из концов оселка можно обнаружить небольшое отверстие. Это значит, что какой-то человек постоянно носил его с собой на поясе: в Средние века карманов на одежде не было, и все, что человеку было нужно, он подвешивал к кожаному или матерчатому поясу — кошелек, сумку, ключ от дома и... оселок.

Замечательные предметы делались из поделочных камней. Например, два нательных крестика — один из лазурита, другой из розового мрамора — найдены в жилом слое на территории Кремля в 1960-х годах [3, с.27, 31]. На Руси каменные крестики чаще всего изготавливали из местных сланцев (например, из шифера), известняков (белого, серого) и других горных пород. Оба кремлевских крестика богато отделаны по концам пластинками из золота. Меньший по размеру выполнен из розового мрамора; на нем неподвижно закреплено оглавление, предназначенное для продевания шнура. Снаружи золотые оковки крестика украшает надпись «ИС-ХЪ» и «НИ-КА», сделанная в технике гравировки с чернью. В ближай-



Оселки из песчаника для заточки ножей и других инструментов — частая находка в остатках жилых домов и мастерских в средневековых русских городах.

ших к территории Руси регионами наиболее известными были залежи розового мрамора на территории Армении и в Средней Азии (особенно Газганское месторождение в Узбекистане).

Второй упомянутый нательный крестик из археологического собрания музеев Кремля имеет подвижно закрепленную петлю для шнура. Он сделан из бадахшанского лазурита — ценного поделочного камня темно-синего цвета (природная краска — ультрамарин) с вкраплениями золотистого пирита. Этот лазурит в Средневековье добывался только на северо-востоке Афганистана, в горах восточного Гиндукуша, на хорошо известном месторождении Сары-Санг, что в верховьях р.Кокчи. В те времена горно-бадахшанский лазурит особенно ценился не только на арабском Востоке, но даже в Китае. Через Иран и Бухару он попадал также в Европу и Малую Азию.

Считается, что эти два красивых нательных крестика выполнены в мастерских какого-то византийского центра и в результате транзитных торговых операций попали в XII в. в Москву. Но золотом их оправили уже на Руси. К сожалению, мы не знаем точно, в слое какого времени найдены эти столь ценные предметы. Возможно, это клад,

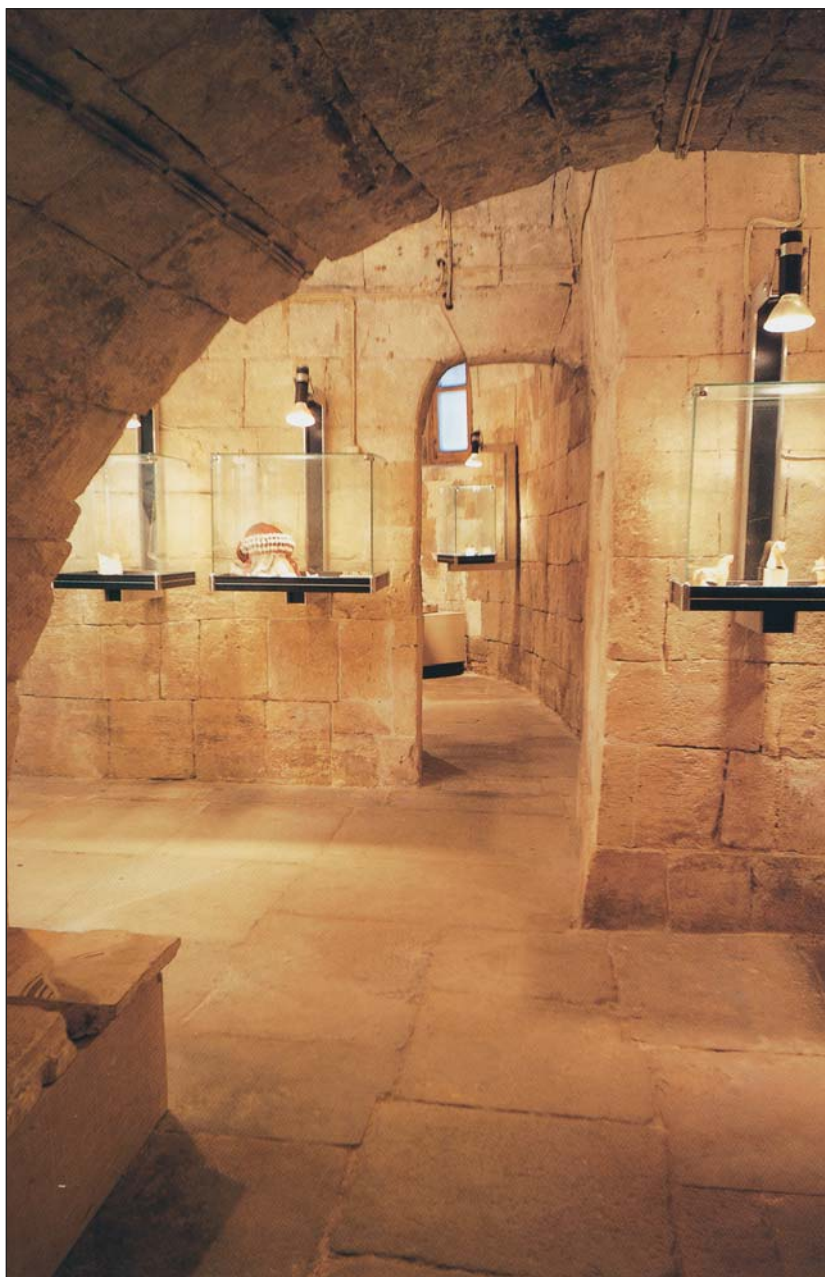
спрятанный его владельцем в трудную минуту жизни города. Была ли то осада Москвы в 1382 г. ханом Тохтамышем или какое-то другое бедствие — сказать сложно. Но изучение крестиков позволило понять, где их сделали, а потом с торговым ка-

раваном доставили в Москву, где украсили золотом, как их ценили и передавали из поколения в поколение в семье какого-то богатого и знатного кремлевского жителя.

От мелких каменных бытовых предметов, относящихся



Нательные крестики из лазурита и розового мрамора; значительную ценность им придает обкладка концов из чистого золота.



Кладка стен подклета Благовещенского собора в Кремле. Она дает представление о строительных материалах периода русского Средневековья, в частности XIV в.

к периоду со второй половины XII в. по XVI в., которые были найдены в слоях Боровицкого холма, обратимся к монументальным сооружениям, при строительстве которых также использовали природные материалы. Один из них навсегда отразился в названии Москвы, хотя сегодня об этом вспоминают все реже — не то, что ранее, когда название «белокаменная»

встречалось и в устном народном творчестве, и в трудах историков, и в произведениях писателей и поэтов. Из белого камня в Москве начиная со второй четверти XIV в. стали прежде всего возводить храмы. Но говоря «белокаменная Москва», мы, конечно же, имеем в виду первую каменную крепость города.

Ее построили на Боровицком холме в 1366—1368 гг. До этого

времени все укрепления Москвы были деревянно-земляными. В 1365 г. случился страшный пожар, уничтоживший и крепость, и всю застройку города [4, с.154] (заметим, что прежде, в период 1340—1350 гг., пожары бывали неоднократно). В то время отношения у московского князя с тверским и литовским княжескими домами были очень сложными. Молодому (лет 15 от роду) князю Дмитрию, сыну Ивана II Красного, и его более опытному окружению стало ясно, что оставлять в такой ситуации столицу без оборонительных сооружений нельзя. Но деревянная крепость и в дальнейшем страдала бы от частых пожаров — страшных бедствий Средневековья. И тогда было принято решение возвести в Москве каменную крепость. История не сохранила до наших дней имен ни проектировщика, ни строителей первого каменного Кремля, мы не знаем точно ни его площадь (около 23 га), ни количество башен и проездных стрельниц (ворот). Но вот о материале, из которого он был возведен, сегодня можно рассказать многое.

В ходе археологических исследований во многих местах Боровицкого холма и по трассе кирпичных стен современного нам Кремля были обнаружены остатки фундаментов того грандиозного сооружения 1360-х годов из белого камня. В юрский период мезозойской эры (около 200—150 млн лет назад) на месте будущего Московского региона плескалось море, причем относительно неглубокое. Это был период расцвета морской фауны. Осадочная порода — известняк — как раз и формировалась из скелетов отмерших морских организмов. Не так давно автору этих строк довелось увидеть в районе г.Коломны (в склоне берега р.Оки) выходы (пласты) известняка с огромным числом раковин, которые, к сожалению, крошились в руках, так как процесс их разложения зашел уже далеко.

В Москве в Средневековье для строительства использовали белый камень — известняк, добывавшийся в районе с. Мячково, в 25 км от Москвы. Когда-то этот известняк даже называли мячковским мрамором. В русском языке слово «мяча» и означало беловатый известняк, обжигаемый на известь. В исторической литературе судьба Мячкова прослеживается с XIV в.; им владели разные люди, в числе которых были великая княгиня Софья Витовтовна (жена Василия I) и даже князья Меншиковы [5].

Подсчитано, что в Средние века на площади около 250 га было добыто (как открытым способом, так и в штольнях) огромное количество белого камня — до 10 млн м<sup>3</sup>. В XVII в. о мячковском камне писали так: «Близ царствующего града Москвы, в веси именуема Мячково есть гора превеликая, все белый камень зело премножество... и всякие домовые строения и на палаты и на всякие каменные дела потребы тот камень и на известь без престани ломают и на иные окрестные грады бесчисленно много... отвозят» [6, с.10].

Свойства белого камня таковы, что добывать его старались в сырое время года — во влажном состоянии он легче поддается резке и заготовке. Для московской крепости его начали «ломать» именно зимой, в конце 1366 г. Но строители не учли, что заготовленный камень необходимо выдержать на воздухе

как минимум два года. При такой сушке он приобретает необходимую твердость и долговечность. Об этом хорошо знали специалисты XIX в., отмечая, что при заготовке камень, «как дерево, распиливается по всем направлениям; цветом бел и под киркою весьма мягок; но будучи подвержен влиянию атмосферы, особенно если имеет гладкую поверхность, принимает желтовосчатый цвет и покрывается твердою оболочкою» [7, с.31].

Однако сложная политическая ситуация и близкая военная угроза заставили московского князя начать строительство городских укреплений сразу же, не дав материалу «выстояться». Это и стало причиной быстрого ветшания белокаменных стен и башен, активно разрушавшихся уже в середине XV в. и требовавших поновления. Кремль Дмитрия Донского просуществовал только около 120 лет — срок для сооружений такого назначения и масштаба небольшой. Конечно, нужно дополнительно учитывать и такие причины, как контрасты погоды, пожары и осады — все это случалось в истории первого каменного Кремля Москвы неоднократно.

С периодом строительства белокаменной крепости связана не совсем обычная находка. В одном из шурфов, отрытом возле кремлевской стены неподалеку от Оружейной башни, обнаружили небольшой блок из известняка; одна из его поверх-



Белокаменный блок, использованный в XIV в. в качестве шахматной доски.

ностей оказалась расчерченной на 64 квадрата [8, с.39]. Этот блок толщиной 12 см имел квадратную форму (24 × 24 см) и был плохо обработан по боковым сторонам. Ну что может прийти в голову при взгляде на такой камень? Шахматная доска — да и только! Временная, переносная, но шахматная доска. Вполне возможно, что ею пользовались строители белокаменного Кремля в короткие минуты отдыха. Материал для такой доски у них всегда находился под рукой. А поскольку шахматы на Руси были известны уже с X в., столь необычный на первый взгляд случай не должен вызывать удивление или недоверие. Тем более что в жилом слое Кремля шахматные и шашечные фигурки — находка далеко не редкая. В XII—XVI вв. их делали также из других природных материалов — дерева, животной кости, камня. Но это уже совсем другая история. ■

## Литература

1. Cassagnes-Brouquet S. La vie des femmes au Moyen Age. Rennes. 2009.
2. Гис Ф., Гис Дж. Брак и семья в Средние века. М., 2002.
3. Авдусина Т.Д., Панова Т.Д. Археологические древности. М., 1996.
4. Ермолинская летопись // Русские летописи. Т.7. Рязань, 2000.
5. Аверьянова М.Г. Верхнее и Нижнее Мячково // История сел и деревень Подмосковья. XIV—XX вв. М., 1992. Вып.1. С.111—113.
6. Природа Москвы и Подмосковья. М.; Л., 1947.
7. Таран М.И. Белый камень Винева // Историко-археологические чтения памяти Н.И. Троицкого. Тула, 1997.
8. Археологическая выставка Музеев Кремля: Каталог. №261. М., 1983.

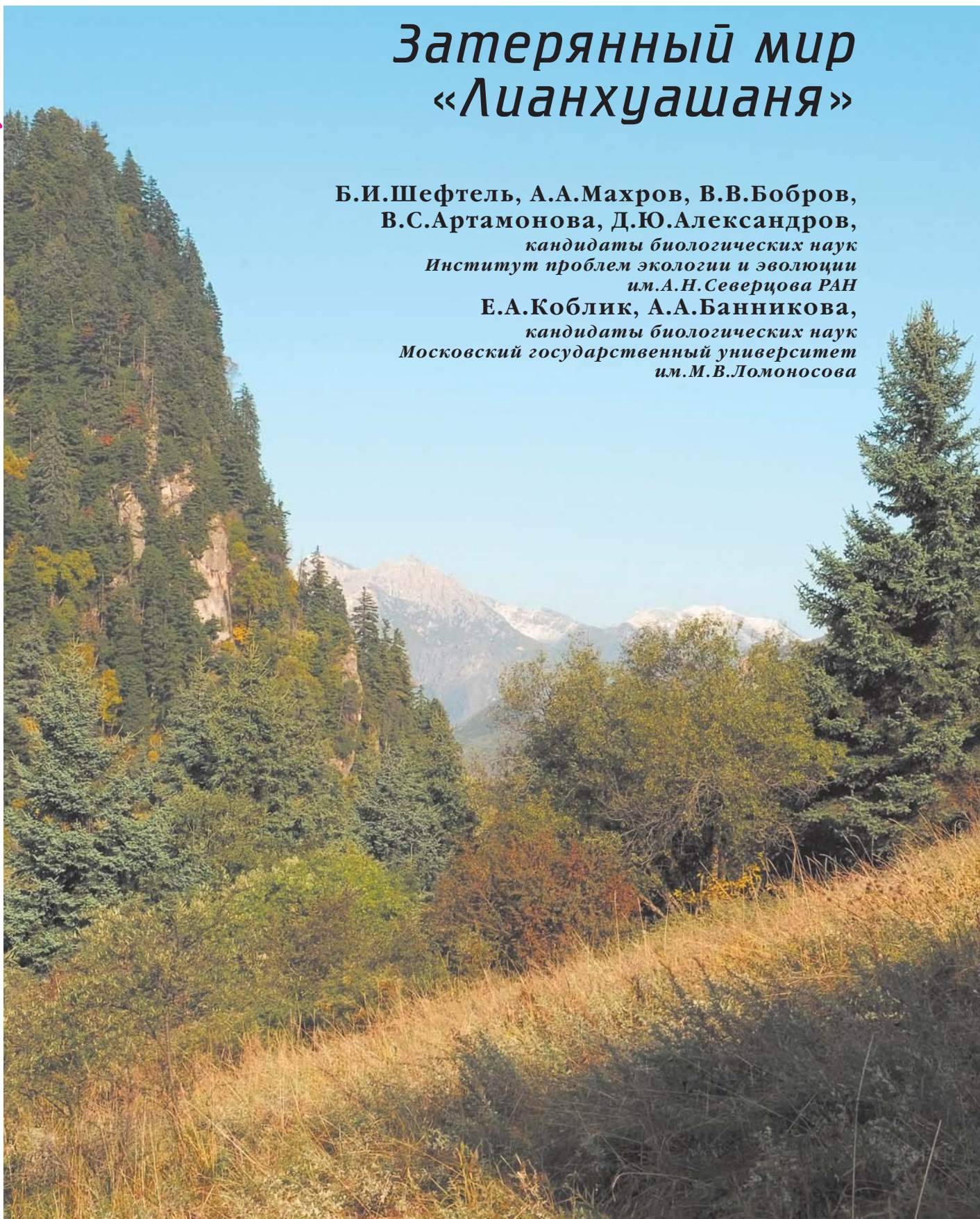


# Затерянный мир «Лианхуашаня»

**Б.И.Шефтель, А.А.Махров, В.В.Бобров,  
В.С.Артамонова, Д.Ю.Александров,**

*кандидаты биологических наук  
Институт проблем экологии и эволюции  
им.А.Н.Северцова РАН*

**Е.А.Коблик, А.А.Банникова,**  
*кандидаты биологических наук  
Московский государственный университет  
им.М.В.Ломоносова*





**М**ало кто знает, что в самом центре Китая — на юге провинции Ганьсу и на севере провинции Сычуань — произрастают темнохвойные леса, напоминающие по структуре и составу лесообразующих видов деревьев таежные леса Старого и Нового Света.

На восточных склонах Тибетского плато эти леса распространены на высоте 2.5–3 тыс. м над ур. м. Их основу составляют: ель шершавая (*Picea asperata*) с характерной зеленовато-голубоватой хвоей, сосна Армана (*Pinus armandii*) с очень крупными шишками и с мутовками из пяти иголок, как у сибирского кедра, и высокоствольная пихта Факсона (*Abies faxoniana*), тяготеющая к речным долинам. Почти все местные виды растений эндемичны, за исключением плосколистной белой березы (*Betula platyphylla*), широко распространенной и в лесах Сибири, но есть и эндемичная китайская красная береза (*B.albo-sinensis*) со свисающей кочьями желто-оранжевой корой. А во втором ярусе привлекает внимание своими необычными белыми ягодами рябина Кене (*Sorbus koehneana*). В целом все очень похоже на наши сибирские леса, только хвоя елей голубоватая, кора берез рыжеватая, а ягоды рябины — белые. В одном из наименее затронутых хозяйственной деятельностью уголков северо-восточных склонов Цинхай-Тибетского плато на юге провинции Ганьсу расположен заповедник «Лианхуашань» (в переводе с китайского — гора цветка лотоса) [1].

Хвойные леса восточных склонов Тибета по внешнему облику сходны с сибирскими, но это сходство проявляется на уровне родов, а виды растений разные. Причина этого кроется в том, что леса Тибета и Северной Палеарктики долгое время были изолированы. Разделение произошло в позднем плиоцене или в раннем плейстоцене (око-

ло 2 млн лет назад). Существует и другая точка зрения: таежные экосистемы сформировались в горах Азии, а потом проникли на Север [2].

Предполагается, что эти экосистемы имеют общее происхождение, но долгое время развивались независимо. Очевидно, что для развития фундаментальных знаний представляет особый интерес сравнение экологических параметров сообществ на примере позвоночных животных — мелких млекопитающих, птиц, рептилий, амфибий и рыб. Именно для этого и были организованы в осенние месяцы 2011 и 2012 гг. международные экспедиции, в которых приняли участие териологи, орнитологи, герпетологи, ихтиологи, специалисты по молекулярной генетике и цитогенетике из Института проблем экологии и эволюции им.А.Н.Северцова РАН, Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова и Зоологического института Китайской академии наук.

## Немного истории

Интенсивные зоологические исследования в рассматриваемом регионе начались во второй половине XIX в. Они были связаны с приездом в Китай французского священника-лазариста Жана-Пьера Армана Давида. Насколько успешным он был миссионером, известно не много, а вот натуралистом проявил себя блестящим: в 60–70-х годах XIX в. совершил несколько экспедиций в различные районы Китая и собрал обширные зоологические коллекции и гербарии. Эти коллекции в Париже разбирал и анализировал известный биолог, директор Музея естественной истории профессор Альфонс Милн-Эдвардс. Благодаря Арману Давиду весь мир узнал о существовании большой панды. В 1870 г. он работал в лесах восточных скло-

© Шефтель Б.И., Махров А.А., Бобров В.В., Артамонова В.С., Александров Д.Ю., Коблик Е.А., Банникова А.А., 2013



Белоягодная рябина Кене.

нов Тибета, и его именем названы многие виды животных и растений региона — например, уже упомянутая сосна Армана и сова Давида (*Strix davidi*).

В конце 70-х — начале 80-х годов минувшего столетия через провинцию Ганьсу и Северо-Восточный Тибет неоднократно пролегли маршруты экспедиций Н.М.Пржевальского. Хотя знаменитый русский географ и путешественник не проводил детальных исследований темнохвойных лесов на восточных склонах Тибета, именно он в 1874 г. описал эндемичный вид птиц этих лесов — рябчика Северцова (*Tetrastes sewerzowi*). Чуть позже, в 1884—1887 гг., на юге провинции Ганьсу и на севере провинции Сычуань хвойные леса восточных склонов Тибета исследовала научная экспедиция под руководством сибирского географа Г.Н.Потанина, организованная Русским географическим обществом. Сбором биологических материалов в этой экспедиции занимался выпускник Санкт-Петербургского университета М.М.Березовский. Коллекцию млекопитающих обрабатывал профессор Томского

университета Н.Ф.Кашенко, а птиц — известный петербургский орнитолог В.Л.Бианки. В результате в Тибете обитает множество видов, носящих имена российских исследователей, — рябчик Северцова, тимелия Сукачева (*Garrulax sukatschewi*), очковая пеночка Бианки (*Seicercus valentini*), кабарга Березовского (*Moschus berezovskii*), землеройка — ходсигоа Саленского (*Chodsigoa salenskii*), ящерица — сцинцелла Потанина (*Scincella potanini*) и др.

Большой вклад в изучение фауны (особенно млекопитающих) восточных склонов Тибетского плато внесла английская экспедиция под руководством М.Андерсона и Дж.Смита в 1910—1911 гг. Сотрудник Британского музея О.Томас, непосредственно курировавший эти работы, описал на основе коллекционных материалов экспедиции более 70 видов млекопитающих. Имена английских исследователей тоже отражены в названиях животных — цокор Смита (*Euspalax smithii*), ходсигоа Смита (*Ch.smithii*), бегающий крот Андерсона (*Uropsilus andersoni*) и др.

Однако фауна Тибета настолько богата видами, что, несмотря на тщательные исследования, проведенные предшественниками, этот регион продолжал приносить сюрпризы. Отдельные виды и даже роды были открыты значительно позже. Например, в 1985 г. китайский исследователь Ю.З.Ванг поймал и описал новый вид млекопитающих — китайскую сою (*Chaetocauda sichuanensis*), принадлежащую к ранее неизвестному науке роду.

Немного забегаая вперед, заметим, что мы обнаружили не менее пяти новых форм землероек — одного из наиболее богатых видами и плохо изученных семейств млекопитающих. Но не будем торопиться с выводами о таксономическом ранге и систематической принадлежности этих форм; пока это лишь предварительные результаты анализа коллекционных сборов и молекулярно-генетических и цитогенетических исследований мелких млекопитающих.

## Млекопитающие

Мы уже писали, что хвойные леса восточных склонов Тибета длительное время были изолированы безлесными аридными пространствами от сибирской тайги. На юге, в провинции Юньнань, эти леса граничат с дождевыми тропическими лесами Индокитая, поэтому в составе фауны Ганьсу оказались землеройки трех родов тропического происхождения — кротовые (*Anourosorex*), короткохвостые (*Blarinella*) и длиннохвостые (*Chodsigoa*). Однако по численности в темнохвойных лесах преобладают коренные (автохтонные) животные — землеройки-бурозубки (*Sorex*), а также полевки рода *Caryomys* — близкие родственники лесных полевок (*Clethrionomys*), обычных в Северной Евразии. Третья группа млекопитающих, которых мы встретили в Южном Ганьсу, распространена до юга Сибири, причем ареал

некоторых из них, например полевой мыши (*Apodemus agrarius*), доходит даже до Центральной Европы. В темнохвойных лесах восточных склонов Тибета такие виды обычно занимают местообитания, нарушенные хозяйственной деятельностью человека. Общий и для сибирской тайги, и для здешних лесов — только сибирский бурундук (*Tamias sibiricus*). Правда, обитающего на Тибете бурундука по морфологическим данным выделяют в самостоятельный подвид [3], хотя молекулярно-генетические исследования, которые могли бы подтвердить или опровергнуть это, до сих пор не проведены.

Если сравнить жизненные формы мелких млекопитающих таежных лесов Сибири и лесов восточных склонов Тибета, то можно увидеть, что они очень сходны. Везде в подстилке обитают несколько видов бурозубок, которые по численности доминируют среди других групп мелких млекопитающих. В лесах обоих регионов встречены уже упомянутые полевки и мыши. На пойменных луговинах и там и здесь встречаются серые полевки (*Microtus*), а также представители семейства мышовковых (*Sminthidae*). В верхних слоях почвы живут кроты (*Talpidae*), облесненные склоны Восточного Тибета освоили удивительные млекопитающие — землеройковые кроты (*Uropsilus*) и кротовые землеройки, что с точки зрения зоолога придает этим местам определенный шарм. При взгляде на небольшого практически бесхвостого зверька с короткими лапками и вальковатым телом, типичным для подземных обитателей, первое, что приходит в голову, — это крот. Однако если внимательно посмотреть на его зубы, то у любого зоолога не возникнет сомнений в том, что это землеройка. Второй зверек, напротив, длиннохвостый, длинноносый и на относительно высоких лапках, т.е. типичного землероечного облика. Но строение зубной системы безошибочно под-



Свиной барсук.

сказывает, что это крот. Эти странные зверьки существуют здесь вместе и, вероятно, экологически в чем-то замещают друг друга, но кротовые землеройки попадались нам довольно часто, а вот встретить землеройкового крота пока не удалось.

В целом для восточных склонов Тибета характерно большое разнообразие мелких млекопитающих. Заботясь о сохранении его уровня, необходимо представлять, почему именно здесь он столь высок. Вероятно, это объясняется тем, что в течение прошлых геологических периодов леса региона неоднократно распадалась на изолированные участки. По крайней мере для многих и особенно аборигенных видов выявлены две генетические формы — северная и южная, различия между которыми порой соответствуют видовому уровню. Кроме того, наличие одновидовых (монотипических) родов свидетельствует о присутствии реликтовых видов, сохранившихся благодаря тому, что Тибет оказался изолированным и сюда не смогли проникнуть потенциальные виды-конкуренты. Среди мелких млекопитаю-

щих таких реликтовых видов два — недавно открытая китайская соня, до сих пор известная только по семи экземплярам, и ганьсуйский крот (*Scapanulus oweni*). Ареал этого единственного крота Старого Света, родственного одной из групп американских сородичей, очень мал. Очевидно, что леса Южного Ганьсу — последний оплот этого древнего и загадочного вида, которому необходим особый природоохранный статус.

В «Лианхуашане» обитают и крупные млекопитающие, однако сейчас они довольно редки. Когда-то на юге Ганьсу жили леопарды и тигры, медведи и олени, но неуклонная фрагментация лесных массивов, «подпираемых» снизу расширяющимися сельскохозяйственными землями, привела к исчезновению этих животных. А вот сибирская косуля (*Capreolus pygargus*) здесь все еще обычна и встречалась нам регулярно. У нижней границы заповедника нам повезло сфотографировать китайского свиного барсука (*Arctonyx collaris*), занятого на краю огорода выкапыванием клубней. «Лианхуашань» —

северная граница области распространения этого вида и гималайской циветты (*Paguma larvata*), периодически попадающей в прицел фотоловушки во время ночных набегов на дуплянки сов.

## Птицы

Фауна птиц заповедника «Лианхуашань» богата и разнообразна, при этом еще недостаточно изучена. В ее составе около 300 видов, из которых более 200 гнездятся, остальные встречаются на миграциях. Конечно, середина осени — не лучшее время для орнитологических наблюдений, некоторые местные виды уже улетели на зимовки, другие — не поют на гнездовых участках, а кочуют по горным лесам и опушкам. В таких условиях идентификация птиц — непростое дело: по сильно пересеченной местности приходится часами следовать за смешанными стайками мелких скрытных пичуг, стараясь разглядеть в бичонокль и удержать в памяти незначительные визуальные различия близких видов, фиксируя нюансы издаваемых ими звуков, обращая внимание на особенности поведения. Тем не менее нам удалось отметить почти сотню видов пернатых, причем четыре из них — впервые для заповедника.

В первую очередь нас интересовали экологические параллели в фауне и населении птиц горных лесов Ганьсу [4] и тайги Южной и Центральной Сибири [5]. Сходные экологические ниши в этих регионах оказались заполнены по-разному. Иногда — одними и теми же видами, общими для Сибири и восточных склонов Тибета, иногда — близкими, но все же разными видами, а порой — совсем уж дальними родственниками. Это касается в основном дендрофильной фауны — синиц, поползней, пищух, мелких и крупных дроздовых. Например, в составе смешанных синичьих ста-

ек в «Лианхуашане» присутствовали московки (*Parus ater*) и ополовники (*Aegithalos caudatus*) — те же виды, что и в Сибири, но представленные другими подвидами. Численно доминировала джунгарская гаичка (*Parus songarus*), которая в Сибири не встречается, но населяет хвойные леса Тянь-Шаня, а также серая гималайская грендерка (*P.dichrous*) — аналог европейской хохлатой синицы (*P.cristatus*). Наконец, чужеродным южным элементом выглядели буроголовые фульветты (*Alcippe cinereiceps*), обликом и образом жизни похожие на ополовников.

Такое сочетание «знакомцев», «незнакомцев» и «знакомых незнакомцев» оказалось очень типичным для здешних мест. На гроздьях белой рябины вперемишку кормятся сибирский гость — темнозобый дрозд (*Turdus atrogularis*) и местный — каштановый дрозд (*T.rubrocanus*), размером и поведением напоминающие наших рябинников (*T.pilaris*). Эндемичная ганьсуйская пеночка (*Phylloscopus kansuensis*) практически неотличима от сибирской корольковой пеночки (*Ph.proregulus*), если бы не песня, удивительно сходная с песней европейской пеночки-трещотки (*Ph.sibilatrix*). Ганьсуйская пеночка — одна из немногих птиц, продолжающих активно петь осенью, более того — единственная пеночка, остающаяся в этих горах суровой многоснежной зимой. Китайский зярянковий снегирь (*Pyrhbula erythaca*), напротив, по голосу сходен с нашим (*P.pyrrhbula*), но другого облика и несколько иных экологических предпочтений. Среди скрытно держащихся в затемненном нижнем ярусе синехвосток (*Tarsyger cyanurus*) удалось различить два подвида — местную синеворую (*T.cyanurus rufilatus*) и пролетную белобровую (*T.cyanurus cyanurus*). И над всей горной тайгой, щедро раскрашенной красками осени, разносятся неумолчные резкие крики кедровок (*Nucifraga caryocact-*

*actes*), но не пестрых сибирских, а коричневых и непривычно белохвостых (подвид *macella*).

Предполагают, что столь сложная картина распределения птиц возникла в результате неоднократных контактов между хвойными лесами Китая и сибирской тайгой, происходивших на протяжении последних миллионов лет. В аридные эпохи «лесные мосты» исчезали, а формы, некогда бывшие единым целым, самостоятельно эволюционировали по обе стороны от великого центральноазиатского пустынно-степного пояса. Более древние изоляты к настоящему времени приобрели видовой статус и экологическую специфику, а молодые различаются пока слабо, либо неразличимы вовсе. В пик осеннего пролета мы ожидали увидеть в заповеднике более значительные концентрации северных мигрантов. Однако, судя по всему, основные пути миграции сибирских птиц к южным зимовкам лежат восточнее района наших исследований. Детализировать картину контактов птиц Сибири и Центрального Китая помогут дальнейшие молекулярно-генетические и филогеографические исследования.

Помимо представителей орнитофауны лесов умеренного пояса, обнаруживающей явные связи с орнитофаунами Сибири и Дальнего Востока, в заповеднике встречаются птицы и других экологических и ареалогических групп. Для заповедника характерен резкий контраст увлажненных лесистых северо-восточных склонов гор и сухих остепненных юго-западных. Первые напоминают скорее Саяны или Тянь-Шань, вторые — Центральный Тибет и горы Монголии. К горным степям и лугам альпийского пояса, перемежающимся выходами скал, приурочены крупные парители — орлы и грифы, а также несколько видов горихвосток (*Phoenicurus*) и чечевиц (*Carpodacus*), «горная галка» — клушица (*Pyrhbocorax pyrrhocorax*) и сочетающий при-

знаки поползней и пищух краснокрылый стенолаз (*Tichodroma muraria*). Все эти пернатые типичны для горных систем всей Южной Палеарктики — от Пиренеев до Гималаев и Большого Хингана. Комплекс водных и околоводных птиц представлен в «Лианхуашане» чрезвычайно слабо. Здесь нет уток и гусей, куликов и цапель, журавлей и пастушков. Лишь любители горных стремнин — бурые оляпки (*Circus pallasii*) и белошапочные водяные горихвостки (*Chaimarrornis leucocephalus*) оживляют каменистые берега быстрых ручьев и речек.

С точки зрения российских исследователей, наиболее экзотичные элементы местной орнитофауны — представители родов и семейств, происходящих из тропиков и субтропиков Азии. Нам посчастливилось встретить все четыре вида кустарниц, или смеющихся дроздов (*Garrulax*), обитающих в заповеднике и его окрестностях. Эти довольно крупные, пестро окрашенные птицы относятся к семейству тимелиевых (Timaliidae). Они вполне обычны, явно тяготеют к человеческому жилью, но очень скрытно держатся в подлеске и загущенном приземном ярусе, выдавая себя чрезвычайно разнообразными звуками. Разглядеть их, а тем более сфотографировать — большая удача. Экологических аналогов кустарницам в российской фауне, пожалуй, нет. Хотя ареал некоторых видов *Garrulax* протягивается узкой полосой вдоль южных склонов Гималаев, а один даже достигает Таджикистана, именно Центральный и Южный Китай — центр разнообразия всего рода, насчитывающего более 40 видов. Все местные кустарницы — эндемики Китая, а кустарницу Сукачева (*G.sukatschewi*) вообще можно увидеть только в этом районе.

Особый колорит придают местности фазановые — тоже «южане» по происхождению, освоившие весьма «прохладный» регион. Кундык, или фазановая

куропатка (*Tetraophasis obscurus*), забрался в субальпийские рододендроновые чащи к самым гребням гор. Синий ушастый фазан (*Crossoptilon auritum*) населяет кустарниковые заросли скалистых склонов и смешанные леса. Оба вида — узкоареальные эндемики Центрального Китая. Тибетско-гималайский сермун, он же кровавый фазан (*Itaginis cruentus*), здесь, к нашему удивлению, тяготеет к глухим сомкнутым ельникам, а широко распространенный в Евразии обыкновенный фазан (*Phasianus colchicus*), наоборот, придерживается полей и огородов у нижней границы заповедника. Ученые из Пекинского института зоологии Академии наук Китая, работающие в заповеднике, надевают на фазанов радиомаячки, а затем отслеживают их перемещения и дальнейшую судьбу с помощью антенн-пеленгаторов. Радиомечение и радиослежение осуществляется и для рябчика Северцова (*Tetrastes sewerzowi*). В отличие от фазанов, эта реликтовая, но довольно обычная здесь птица имеет «северные» корни и близкого родственника в тайге Евразии — обыкновенного рябчика (*T.bonasia*).

Еще одна важная программа, финансируемая международными научными и природоохранными фондами, — восстановление и поддержание популяций редких видов сов. Компенсируя дефицит природных дупел, сотрудники заповедника развешивают в лесу дуплянки для мохноногих сычей и неясытей Давида, ведут мониторинг их численности, оценивают успех размножения. Мохноногий сыч (*Aegolius funereus*), широко распространенный в хвойных лесах обоих континентов, представлен здесь изолированной реликтовой формой *beickianus*, а более редкая неясеть Давида (*Strix davidi*), еще недавно считавшаяся подвигом нашей длиннохвостой неясеты (*Suralensis*), сейчас получила статус эндемичного узкоареального вида, требую-

щего незамедлительных мер охраны. Кстати, периодическая проверка жилых дуплянок приносит богатый научный материал также для специалистов по мелким млекопитающим — в виде костных остатков недоеденных совами грызунов.

## Амфибии и рептилии

Середина осени — не лучшее время для наблюдений за птицами, а для работы с амфибиями и рептилиями и подавно. К тому же практически накануне вылета в Китай наш партнер Фанг Юн прислал фотографию, на которой весь лес «Лианхуашаня» стоял в снегу. Мы были слегка ошарашены, поскольку изучать амфибий и рептилий под снегом не удавалось практически никому. Но все оказалось не столь трагично: снег к нашему приезду в заповедник растаял, и наступила золотая осень. Хотя ночью температура опускалась до 0°C, днем было вполне тепло. В первый же день в траве у ручья была замечена лягушка, причем очень красивая, в ее окраске присутствовал ярко-красный цвет, хорошо гармонирующий с цветовой палитрой осени. Это оказалась китайская бурая лягушка (*Rana chensinensis*), населяющая обширную территорию Восточного Китая и прилегающих к нему районов Монголии. По прошествии нескольких дней выяснилось, что эти лягушки встречаются здесь повсюду — и в лесу под деревьями, и в ручейках, и на болотцах.

Из рептилий в «Лианхуашане» была обнаружена уже упомянутая мелкая ящерица из семейства сцинковых — сцинцелла Потанина. Живет она на высоте до 3 тыс. м над ур. м. в завалах камней вдоль дорог, на скальных выходах, в зарослях травы и кустов. Сцинцеллы — юркие и быстрые, но при этом весьма любопытные. Стоит постоять пару минут у камня, под которым ящерица скрылась, как уже из-под него высовывается ее мордочка, обо-



Китайская бурая лягушка.

зревающая окрестности. Сцинцелла Потанина — эндемик северо-востока Цинхай-Тибетского плато. Наши находки этого вида оказались несколько севернее области распространения, указанной в «Атласе пресмыкающихся Китая» [6].

Сотрудники биостанции показали фотографию жабы и рассказали о встрече в заповеднике змеи — по всей видимости, полоза. Однако встретить эти виды в «Лианхуашане» нам так и не удалось. В середине осени на высоте 2.6—3 тыс. м над ур. м. для них было холодно. Однако, когда мы переехали в соседний заповедник «Тайзишань», расположенный на высоте 2.4 тыс. м, в первый же день встретили знакомых нам лягушек, а затем и жаб, которые оказались миншанским подвидом дальневосточной жабы (*Bufo gargarizans minsbanicus*). Вообще-то этот вид широко распространен в Восточной Азии, в том числе и на нашем Дальнем Востоке, но подвид, отличающийся некоторыми особенностями внешнего строения, здешний эндемик, обитает только на северо-востоке Тибетского плато.

Внешним обликом эта жаба очень похожа на нашу обычную серую жабу. И образ жизни ее весьма схож — так же активна ночью, так же питается беспозвоночными. Как и серая жаба, дальневосточная при встрече с потенциальным хищником (которым, по ее мнению, может быть и человек), принимает характерную защитную позу — раздув тело и нагнув голову, высоко приподнимается на всех выпрямленных лапах. Облик жабы становится угрожающим, к тому же в такой позе ее труднее ухватить и проглотить.

В заповеднике «Тайзишань» удалось встретить и змею, которая оказалась узорчатым полозом (*Elaphe diene*). Этот вид обладает одним из самых обширных ареалов среди змей Палеарктики, широко распространен он в Северном Китае [7].

Возникает вопрос: как соотносятся фауны амфибий и рептилий северо-восточных склонов Тибета и центральносибирской тайги? В тайге обитают остромордая лягушка (*Rana arvalis*), представитель хвостатых амфибий — сибирский углозуб (*Salamandrella keyserlingi*), жи-

вородящая ящерица (*Zootoca vivipara*), значительно реже встречаются серая жаба (*Bufo bufo*) и обыкновенная гадюка (*Pelias berus*). В «Лианхуашане», судя по литературным данным, должен обитать тибетский углозуб (*Batrachuperus tibetanus*), эндемик Восточного Тибета. Вероятность встречи с ним (как, впрочем, и с широко распространенным в России сибирским углозубом) в середине осени практически равна нулю.

Таким образом, хотя фауны енисейской тайги и хвойных лесов северо-восточного склона Цинхай-Тибетского плато не имеют ни общих, ни близкородственных видов, структура экологических ниш в экосистемах данных регионов практически идентична. Везде существует по одному виду бурой лягушки, жабы, углозуба, ящерицы и змеи.

## Рыбы

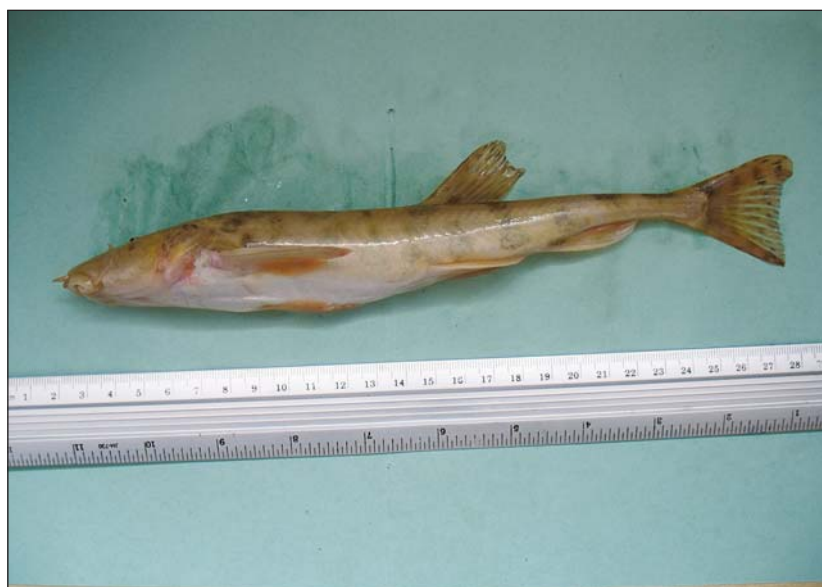
Прекрасные ручьи «Лианхуашаня», долины которых столь богаты зверьями и птицами, к сожалению, ничем не смогли порадовать ихтиологов. Даже самые хитрые орудия лова оказались бесполезными — все ручьи заповедника, бурные и очень холодные, как оказалось, падают красивыми водопадами по крутому склону в большую долину р.Ямў, и преодолеть эти водопады ни одна рыба не в состоянии (из-за крутых склонов Н.М.Пржевальский сравнивал долины северо-восточного Тибета с траншеями!). Однако благодаря помощи наших китайских коллег удалось организовать и провести исследование и за пределами заповедника, в долине Ямў. Здесь наши удочки наконец пригодились.

Оказалось, в Ямў обитает эндемик северо-восточного Тибета, нагорец Пыльцова (*Schizopygopsis pylzovi*). Этот вид назван в честь еще одного русского путешественника — М.А.Пыльцова, преодолевшего вместе с Пржевальским полный лишений и опасностей путь от Забайкалья



Река Тао.

до вершин Тибета. Морфологические признаки всех пойманных рыб были сходными, но анализ митохондриальной ДНК показал, что в выборке присутствуют два совершенно разных гаплотипа. Сопоставление с данными компьютерной базы «Генбанк» и знакомство с работами китайских коллег показывает, что мы, скорее всего, столкнулись с популяцией, произошедшей в результате гибридизации с каким-то представителем близкого рода *Gymnocypris*. Ранее нам не раз приходилось встречаться с гибридами в других экстремальных местообитаниях — и это неудивительно, поскольку объединение двух разных геномов повышает шансы на выживание в таких условиях.



Сомовый голец.





Две загадочных особенности нагорцев — ядовитая икра и черная брюшина.

Бурная, стремительная Ямú впадает в глубокую, мощную, но уже более спокойную р.Тао. В ней кроме нагорцев живет другой эндемик Центральной Азии — сомовый голец (*Triplophysa siluroides*). Усатые голецы из наших российских речек (*Barbatula*) — маленькие рыбки, масса которых редко превышает 15 г, а вот их родственник, обитающий в Тибете, может достигать массы до 1,5 кг, что объяснимо, ведь конкурировать с ним в горных реках практически некому.

Рассматривая нагорцев и огромных усатых голецов, чувствуешь, что имеешь дело с обитателями непривычного нам мира. Лишенные чешуи тела кажутся вялыми, но вытянутая форма выдает умелых пловцов по стремительным рекам. Чешуя исчезла у этих рыб, поскольку мешала прыгать через перекаты и пробираться в узких ходах под камнями. Впрочем, нагорцы сохранили несколько чешуи на заднем конце брюха. Это образование, именуемое «расщепом» (увеличенные чешуи вокруг анального отверстия), помогает им нереститься на быстром течении.

Но в горных реках Китая есть и рыбы, хорошо знакомые сибирякам. Здесь, хоть и очень редко, встречаются таймень (*Hucho bleekeri*) и ленок (*Brachymystax lenok*) — те самые лососевые рыбы, которые до сих пор вполне обычны в реках Центральной Сибири (правда, тайменя из сибирских рек относят к другому виду, *H.taimen*). В отличие от более известных представителей семейства лососевых (*Salmonidae*), тихоокеанских и атлантических лососей, таймень и ленок не выходят в море, а их кариотип, более чем у других лососевых, сходен с реконструированным кариотипом предка этого семейства.

На восточной окраине Тибета палеонтологи нашли древнейших в мире пресноводных жемчужниц (их личинки обычно могут жить только на жабрах лососевых). Так может, не только обитатели тайги, но и жители северных рек и озер когда-то появились именно в нагорьях Центральной Азии? Постепенно поднимающееся и охлаждающееся Тибетское плоскогорье вполне могло быть тем местом, где самые разные виды постепенно адаптировались к холоду.

К сожалению, в р.Тао нам встретились не таймени и ленки, а их родственник — радужная форель (*Parasalmo mykiss*), исходно обитавшая в акваториях только Северной Америки, а также Камчатки и Шантарских о-вов. Эту крайне агрессивную и прожорливую рыбу выращивают во многих рыбоводных хозяйствах, и она никогда не упускает случая сбежать из садков. А в результате местным видам приходится ох как несладко!

### Тибет древний, но изменяющийся

Северо-восточные склоны Цинхай-Тибетского плато расположены более чем на 3 тыс. км южнее тайги Центральной Сибири, при этом более половины пространства между этими территориями занято аридным безлесьем. В течение истории Земли между островными лесами и таежными массивами неоднократно возникали лесные коридоры или мосты, которые затем опять исчезали. Однако полноценно использовала их только самая подвижная группа организмов — птицы. Именно среди них оказалось больше всего общих видов на сравниваемых географических территориях, у млекопитающих — значительно меньше, у амфибий и рептилий — практически нет. У рыб, чье распространение ограничено бассейнами рек, возможно, больше шансов для сохранения реликтовых форм.

Бурное экономическое развитие Китая, активизировавшееся в последние десятилетия, коснулось и Тибета. Повсюду строятся новые предприятия, поселки, дороги, в том числе и высокоскоростные, не уступающие по качеству европейским и североамериканским. Путешествуя по Китаю, мы видели все это буквально на каждом шагу. Интенсивное развитие всегда имеет и свою обратную сторону — природные ландшафты фрагментируются, и стреми-

тельно растет число чужеродных видов. Но наряду с ростом числа индустриальных объектов в Тибете растет количество заповедников, и поражают воображение огромные площади, засаженные молодыми деревьями. В книжном магазине Пекина мы видели четыре стеллажа, целиком занятые книгами по восстановлению лесов. Так что пророчество Пржевальского — «большая часть Центральной Азии останется пустыней навсегда» [8] — это не про Китай. Но, с другой стороны, лесные посадки могут оказаться теми самыми коридорами и мостами, по которым в уникальные леса восточных склонов Цинхай-Тибетского плато проникнут виды-пришельцы, создав угрозу для существования аборигенных видов. Поэтому сейчас крайне важно вести мониторинговые исследования экосистем стремительно меняющегося региона.

Есть все основания надеяться, что обработка и осмысление собранного в экспедиции материала поможет лучше понять биологию многих животных, разгадать тайны их возникновения и расселения. Поскольку многие виды, населяющие Тибетское нагорье, — родственни-

ки или даже предки видов, обитающих в России, мы узнаем много нового не только про тибетских, но и про наших сибирских животных.

\* \* \*

За рамками статьи остались все приключения и трудности наших экспедиций, рассказ о них мог бы стать отдельной новеллой. Упомянем лишь яркое теплое солнце и нескончаемые дожди, густейшие туманы и внезапно выпавший снег, после которого подниматься по горным склонам было не просто скользко, а практически невозможно. Даосские пагоды, цепляющиеся за макушки пологих скал, манили непонятной тайной многих членов нашей экспедиции. Езда на маленьких китайских мотоциклах, не очень приспособленных для крупных российских ученых, заканчивалась ссадинами и разорванной одеждой. Вакуумные упаковки с печеньем и прочей снедью на высоте более 3.2 тыс. м над ур. м., к всеобщему удивлению, раздувались и превращались в шарики. То, что многие участники экспедиции первый раз попробовали есть не ложкой-вилкой, а палочками, оказалось проблемой несущественной — и вско-

ре даже суп очень быстро исчез из наших пиал. Сложнее было приспособиться к традиционной китайской кухне, которая разительно отличалась от адаптированной к европейцам еды в китайских ресторанах Москвы. Здесь, в Ганьсу, была представлена ее дунганская разновидность — практически без риса, с заменой свинины на баранину (местное население, дунгане, исповедуют ислам). Но и к ней мы в конце концов привыкли. Вспоминать обо всех приключениях во время экспедиции приятно после возвращения домой, но гораздо интереснее оказались научные результаты нашей экспедиции. Заметим, что она стала возможной только благодаря инициативе и руководству проектом академика Ю.Ю.Дгебуадзе. Кроме того, нам активно помогали китайские ученые из Института зоологии (Сун Ю-Хуа, Фанг Юн, Жу Лей и Чжоу Цзин-Минь) и сотрудники биостанции и заповедника «Лианхуашань». В обработке собранного во время экспедиции материала участвовали и наши коллеги из Института проблем экологии и эволюции им.А.Н.Северцова РАН (А.М.Прокофьев) и Зоологического музея МГУ (В.С.Лебедев).■

**Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Государственного фонда естественных наук Китая. Проект 11-04-91188.**

## Литература

1. Sun Y.-H., Fang Y., Klaus S. et al. Nature of the Lianhuashan Natural Reserve. 2008.
2. Толмачев А.И. К истории возникновения и развития темнохвойной тайги. М.-Л., 1954.
3. Obolenskaya E.V., Lee M.-Y., Dokuchaev N.E. et al. Diversity of Palearctic chipmunks (*Tamias, Sciuridae*) // Mammalia. 2009. V.73. №4. P.281—298.
4. MacKinnon J., Phillips K., Fen-qi He. A field guide to the Birds of China. Oxford, 2000.
5. Рогачева Э.В., Сыроечковский Е.Е., Бурский О.В. и др. Птицы Центрально-Сибирского биосферного заповедника. Т.2: Воробьиные птицы. Биологические ресурсы и биоценозы Енисейской тайги. М., 1991. С.32—152.
6. Atlas of amphibians of China / Ed. L.Fei. Zhengzhou, 1999.
7. Бобров В.В. Герпетологические исследования в Центральном Китае (провинции Ганьсу и Сычуань) // Материалы V съезда Герпетологического общества им.А.М.Никольского. Минск, 2012. С.37—41.
8. Пржевальский Н.М. Из Зайсана через Хами в Тибет и на верховья Желтой реки. М., 1948.

# Новый завоеватель мира из Азии

И.А.Захаров,

доктор биологических наук

Институт общей генетики им.Н.И.Вавилова РАН

**Заметки и наблюдения**

**М**еждународный XX генетический конгресс, проходивший летом 2008 г. в Берлине, запомнился мне тем, что там я встретился с новым завоевателем из Азии. Речь пойдет об азиатской божьей коровке.

Приехав на конгресс, я посетил на Александерплац, в гостинице рядом с телевизионной башней. Если миновать ее и знаменитые (эпохи ГДР) часы, попадаешь к обсаженному липами скверу с фонтаном «Нептун». Я вышел туда и стал осматривать листву деревьев, пытаясь найти интересовавших меня божьих коровок. На листьях лип, действительно, было много крупных черно-рыжих куколок. Спутать их невозможно — это были куколки азиатской коровки, какие я видел в Горно-Алтайске.

Эту неизвестную европейцам (даже великому Карлу Линнею) божью коровку, одну из самых крупных, выдающийся путешественник и исследователь российской части Азии П.Паллас назвал гармонией (*Harmonia axyredis*). Она отличается прожорливостью, ее любимая пища — тля, которую гармонии находят на лиственных (а иногда и хвойных) деревьях, кустах и травянистых растениях. Гармонии не брезгают яйцами и личинками других видов коровок, а при недостатке корма становятся каннибалами. Представители этого вида встречаются в Китае, Корее, Японии, Монголии, а в России — от дальневосточного Приморья до Новосибирска и Томска. Западнее Ново-



Скалы за Горно-Алтайском.

сибирска и севернее Томска они, по-видимому, не проникают.

Горно-Алтайск — столица гармоний. Такого количества этой божьей коровки нет, вероятно, ни в каком другом городе России. В Горно-Алтайске главная улица, Коммунистический проспект, и параллельная ей улица Чорос-Гуркина\* проходят с запада на восток, между двумя рядами невысоких холмов. На южном склоне одной из этих гряд выступают камни, образующие скалы. Инстинктивно многие виды божьих коровок осенью летят на зимовку в горы, где

\* Ги.Чорос-Гуркин — алтайский художник, расстрелянный в 1937 г.

укрываются в трещинах камней, образуя иногда огромные скопления. До появления города и многоэтажных домов на Коммунистическом проспекте так, очевидно, поступали и гармонии, зимовавшие на южном склоне гряды. Когда же на их пути в горы появились пятиэтажные здания с многочисленными щелями в стенах, коровки, видимо, решили зимовать в этих укрытиях.

Когда я останавливался в гостинице Горно-Алтайска, мне посчастливилось наблюдать, как по потолку ползало несколько десятков божьих коровок. Меня это восхищало: я чувствовал себя как в маленьком отделении

Здесь и далее фото автора

рая для не грешивших при жизни энтомологов. Жители города испытывают другие чувства и в жилых помещениях борются с незваными гостями с помощью пылесосов.

В солнечные дни второй половины сентября тысячи коровок сидят и ползают по южным стенам домов Коммунистического проспекта и ул.Чорос-Гуркина, особенно много их на стенах музея. Думаю, осенью в городе собираются миллионы жуков.

У гармоний Алтай надкрылья обычно черные, с 12 желтыми или красными пятнами. Цвет их зависит от возраста жуков (он меняется от желтого к красному), но, вероятно, есть и наследственно желтые формы. В этой массе «брюнеток» изредка (реже 1%) попадаются «блондинки», желтые или красные, с 18 мелкими черными пятнами. Число пятен может быть и меньше 18, иногда они почти совсем незаметны. Два типа окраски обусловлены генетически: черный фон — доминантный признак, желтый/красный — рецессивный. Обе формы получили свои названия: черная — *axyridis*, красная — *succinea*.

В Горно-Алтайске куколок гармонии я находил на липах в сквере в центре города. Такие же, черные с оранжевыми пятнами, были и на липах в центре Берлина. Когда из собранных мною куколок стали выводиться жуки, их надкрылья в большинстве были желтыми, с разным числом точек; изредка встречались и черные особи, но другого типа, не такого, как на Алтае.

В Европе коровок азиатского вида впервые заметили в 2002 г. в Бельгии; к 2008 г. эти жуки добрались до Германии, а в настоящее время с запада подошли к границам России (обнаружены в Польше, Латвии и на Украине). Мы нашли их в Калининграде в 2010 г. Распространение гармонии по земному шару — яркий пример так называемой инвазии (проникновения какого-либо биологического вида в новые для него регионы).

Гармонию, как прожорливую хищницу, поедающую тлей, давно пытались использовать для биологической борьбы с вредителями растений. Такие попытки в мире делались неоднократно, начало им было положено в 1916 г. в США, в СССР они предпринимались в 1960-х годах. Собранных в районах естественного проживания жуков выпускали на новой территории, но гармония почему-то не приживалась.

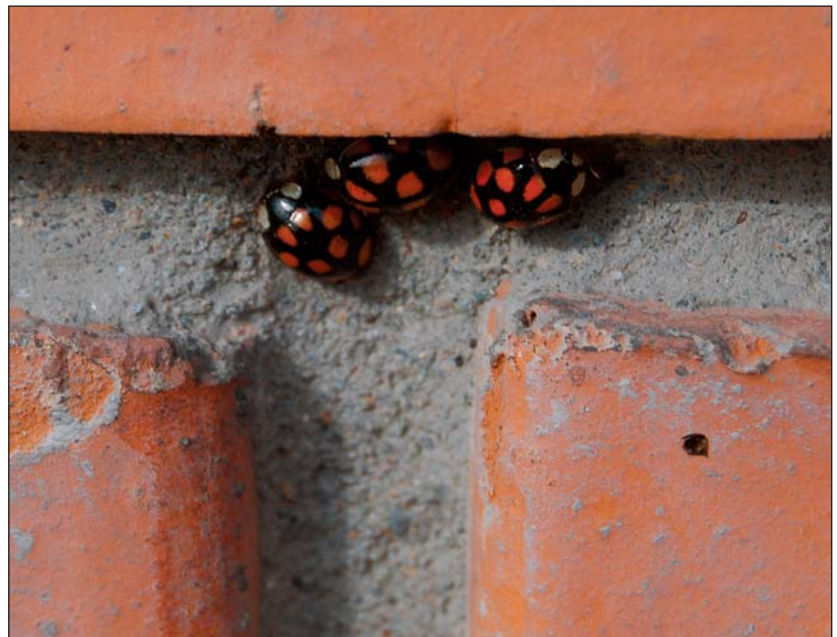
В 1988 г. колонию размножающихся коровок неожиданно обнаружили близ Нового Орлеана (США, штат Луизиана). Совершенно туда гармонию не завозили — возможно, жуки случайно попали с товарами из Китая. Распространение их по территории США (здесь гармонию называют также многоцветной азиатской коровкой, коровкой Арлекин или коровкой Хэллоуина — последнее название дано в связи с осенним лётom жуков, происходящим примерно во время этого праздника) хорошо документировано. В 1991 г., через три года после «высадки десанта», жуков обнаружили на тихоокеанском побережье, а на следующий год — и на атланти-



Спаривающиеся сибирские гармонии.

ческому. До Великих озер гармония дошла в 1993 г. К настоящему времени коровки зафиксированы во всех штатах, кроме Аляски и почему-то Вайоминга. Уже в 1994 г. гармония появилась в Канаде, сейчас она распространяется по всему югу этой страны. Из США гармония проникла и в Мексику.

После 2000 г. началась экспансия этого вида по всем континентам (пока кроме Австралии): в Южной Америке коровка появилась в Аргентине, Бразилии, Чили, Перу, Парагвае, Уругвае и Колумбии; в Африке — в ЮАР, Египте и Кении; в Европе — в 26 странах (к 2011 г.).



Коровки в Горно-Алтайске, нашедшие убежище на стене дома.



Калининградские липы, на которых размножаются гармонии, и «памятник божьей коровке».

Подсчитано, что в Америке скорость распространения гармонии составляла 442 км/год, в Европе — приблизительно 200, а в Южной Африке достигла 500 км/год!

Глобальное распространение одного биологического вида за два десятилетия — несомненно, интересное биологическое явление, не только вызывающее пристальное внимание исследователей, но и имеющее большое практическое значение. Гармония оказалась весьма вредным насекомым в тех странах, куда она вселилась за последние годы. Вред ее тройкий.

Во-первых, расселение жука приводит к сокращению биологического разнообразия. Ведь гармония как прожорливый хищник не только конкурирует за пищевые ресурсы с местными видами коровок, но и активно поедает их яйца и личинок.

Во-вторых, осенью азиатская коровка проникает в помеще-

ния и, скапливаясь в больших количествах, вызывает у людей естественное чувство беспокойства и провоцирует аллергические реакции — насморк, крапивницу, кашель и т.п.

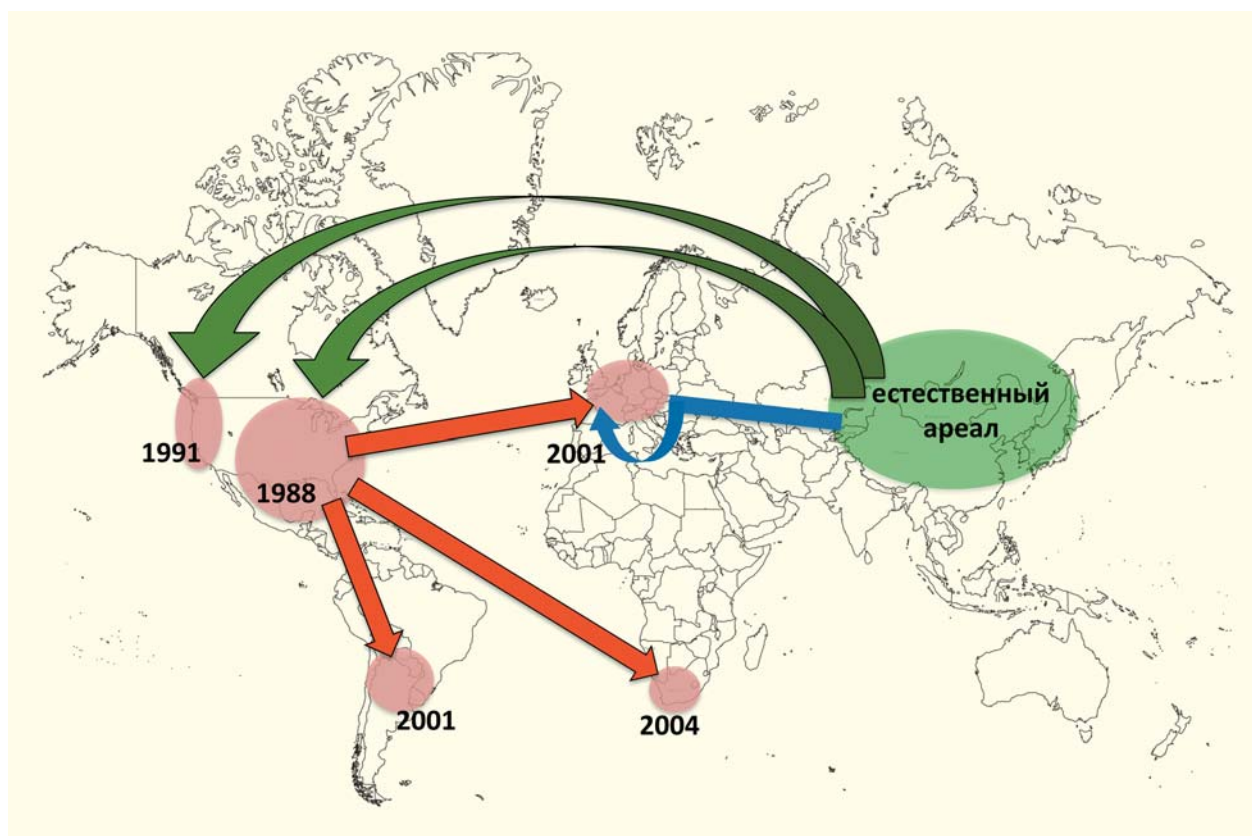
И, наконец, в-третьих, гармония, которую когда-то пытались акклиматизировать для борьбы с сельскохозяйственными вредителями, стала им сама. В областях выращивания винограда она лакомится спелыми ягодами, придавая плодам неприятный запах, отрицательно сказывающийся на качестве вина. В винодельческой провинции Канады в 2001 г. гармония испортила более 1 млн л хорошего вина. Причина тому — выделяемое коровками вещество — метоксипиразин.

Таким образом, гармония оказалась весьма агрессивным и неприятным вселенцем; в занятых ею областях нет естественных регуляторов численности, которые, видимо, ограничи-

вают ее размножение в восточной части Азии.

Прежние неудачи расселения гармонии показывают, что попавшие в Луизиану жуки, потомки которых быстро распространились в США, чем-то отличались от основной массы особей этого вида. Их можно было бы назвать, используя термин Л.Н.Гумилева, «пассионарными»\*.

\* Термин «пассионарность» (от латинского *passio* — страсть) предложил Л.Н.Гумилев, рассматривая примеры формирования новых этносов и роли отдельных личностей в истории. По его словам, «пассионарность — отклонение от видовой нормы, но отнюдь не патологическое» [1, с.121]. В пассионарных группах «возрастают агрессивность и адаптивные способности, позволяющие применяться к новым условиям существования» [1, с.129]. Сказанное вполне приложимо не только к пассионариям среди людей, но и к распространившейся по миру гармонии.



Пути расселения азиатского вида божьих коровок по всему миру.

Природа «пассионарности» распространившейся по четырем континентам гармонии была раскрыта в 2011 г. Божьи коровки чувствительны к вредным последствиям инбридинга: после трех-четырех поколений близкородственных скрещиваний плодовитость полностью теряется. Это было еще в 1940-х годах показано советским генетиком Я.Я.Лусом [2]. Однако, как выяснили французские и американские исследователи, расселившиеся по миру гармонии, в отличие от аборигенов, переносят инбридинг благополучно [3]. Это огромное их преимущество — на новую территорию попадает малая группа жуков, возможно —

единичные особи. При размножении таких мигрантов неизбежно происходит спаривание родственников, и если бы такие скрещивания вели к потере плодовитости и жизнеспособности, мигранты не закрепились бы на новой территории.

Устойчивость к последствиям инбридинга, вероятно, возникает редко, и именно с этим были связаны неудачи попыток искусственно расселить гармонию. Мигранты из Китая, прибывшие в Луизиану в 1988 г., оказались счастливым (для коровок) исключением.

Когда гармония завоеует европейскую часть России? Думаю, в ближайшие годы: в 2014—

2015 гг. эти жуки появятся в Московской области, к 2020 г. — на Урале. Уже в 2013 г. гармония стала массово размножаться в районе Сочи (наблюдение М.Я.Беньковской, Институт проблем экологии и эволюции РАН). Олимпиаде появление жуков не помешает, но виноделию Краснодарского края, вероятно, будет нанесен ущерб. Азиатский завоеватель пришел к нам с запада, обогнув земной шар.

Развитие межконтинентальной торговли и транспорта помогло расселению гармонии, и ее повсеместное распространение — одно из наглядных биологических последствий глобализации. ■

## Литература

1. Гумилев Л.Н. Этносфера. История людей и история природы. М., 1993.
2. Лус Я.Я. Некоторые закономерности размножения популяций *Adalia bipunctata* L. Гетерозиготность популяций по летам // Докл. АН СССР. 1947. Т.57. С.825—828.
3. Facon B., Hufbauer R.A., Taueh A. et al. Inbreeding depression is purged in the invasive insect *Harmonia axyridis* // Current Biol. 2011. V.21. P.424—427.

# Заметки и наблюдения Секреты мыльного камня

В.Н.Комаров,

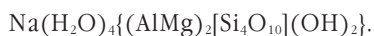
кандидат геолого-минералогических наук

С.Г.Багатаев

Российский государственный геологоразведочный университет им.С.Орджоникидзе  
Москва

Глины — одни из самых распространенных осадочных горных пород. Они характеризуются чрезвычайным разнообразием состава. Крайне интересную их группу представляют так называемые отбеливающие глины, которые обладают резко выраженными адсорбционными свойствами. Отбеливающие глины Крыма очень давно получили местное название «кил» (что в переводе с тюркского означает шерсть), прочно укоренившееся в научной и справочной литературе. Именно с крымского кила впервые началось изучение и освоение месторождений отечественных отбеливающих глин. Долгое время он служил эталоном для сравнения с подобными породами других регионов страны.

Килом, или мыльным камнем (мыльной землей, земляным и горным мылом, мыловкой), долгое время называли вещество, известное в качестве редкого самостоятельного минерала кеффекилита. Исследования с помощью электронного микроскопа, рентгеноструктурный анализ и другие методы показали, что кеффекилит идентичен монтмориллониту — магнезиальному гидроалюмосиликату с химической формулой



Установлен он в 1847 г. в окрестностях Монтморильона во Франции.

Название же «кеффекилит» происходит от древнего наименования г.Феодосии — Кафа, в окрестностях которой в 1758 г.

минералог А.Кронштедт обнаружил и впервые упомянул в литературе залежи киловых глин [1]. В книге Ю.А.Полканова приводится научное описание кила, сделанное К.Габлицем в 1785 г.: «В шести верстах от Инкермана... заслуживает примечания ископаемая там из земли мыльная глина, которая татарскими и турецкими женщинами в банях для мытья головы употребляется и во множестве из Балуклавы в Константинополь отпускается... Татары называют ее киль, а не кефекиль, как о том у минералогов упоминается; и последнее сие название может быть дано ей от турков, потому, что она прежде из Кафы, или нынешней Феодосии, за море отпускалась» [2, с.106]. Краткие сведения о киле можно найти и в описании путешествия по Крыму академика П.Палласа (1793—1794). Позднее исследованием мыльного камня занимались В.А.Обручев, В.И.Луцицкий, А.Ф.Слудский и другие крупнейшие геологи.

По внешнему виду кил представляет собой неслоистую глину серовато-зеленого цвета, от светлых до темных оттенков. Иногда встречаются и синевато-зеленые, реже желтоватые разновидности. Интенсивность окраски зависит от влажности глины. При высыхании она светлеет. Эту особенность заметили еще в конце XVIII в. на образцах, доставленных в Петербург адмиралом Н.С.Мордвиновым из имения Саблы (ныне село Партизанское). В той же книге Полканова приводятся их описания академиком В.М.Севергиным: «По вынутии из ломки глина темно-серого цвета, потом, на-

чиная высыхать, получает зеленый оливковый цвет, а сделавшись совершенно сухою, бывает белая или бело-желтоватого цвета» [2, с.108]. Свежий кил, только что вынутый из пласта, обладает значительной влажностью, достигающей 35%. Он очень пластичный, гладкий, жирный на ощупь, с матовым восковым блеском. Сухой же — хрупок и легко крошится, давая характерный неровный раковистый или занозистый излом, в тонких осколках иногда просвечивает. Килевая глина тонкодисперсна и состоит из мельчайших частичек размером менее микрона, хорошо различимых лишь под электронным микроскопом. В прозрачных шлифах видны крошечные спутанно-волокнистые червеобразные, чешуйчатые и сферолитовые агрегаты. При замачивании в воде кил увеличивается в объеме в два-три раза, а отдельные разновидности — в 10—15 раз.

Пластовые залежи мыльного камня мощностью от нескольких сантиметров до 1.6 м встречаются среди белых известняков поздне мелового возраста, на фоне которых они хорошо заметны. Кроме того, описан их непрерывный пласт протяженностью до 15 км.

Происхождение крымского кила долгое время было окутано завесой тайны. Оказалось, что, в отличие от многих других глин, он не просто состоит из глинистых частичек, образовавшихся при разрушении горных пород и осевших на дно водного бассейна, а сформировался за счет гальмиролиза (от греч. *αλμυρος* — соленый и *λυσις* —

распад) — подводного выветривания пеплового материала. Первым секрет мыльного камня в 1925 г. разгадал А.Е.Ферсман. Его предположение позднее получило подтверждение в работах других геологов, изучавших подобные породы в разных регионах. В крымском мыльном камне были обнаружены реликты вулканического стекла. Геологи В.И.Лебединский, Л.П.Кириченко и А.Н.Ладан учли возможную дальность переноса мельчайших частиц вулканического пепла и даже показали вероятное местонахождение древних вулканов — в равнинной части Крыма, в 100—150 км севернее Внутренней горной гряды [2]. Сейчас считается, что все крупные месторождения отбеливающих глин (в США, Грузии, Казахстане и др.) также образовались путем подводного разложения вулканических пеплов.

Как уже отмечалось, кил обладает адсорбционными свойствами, и в частности способностью поглощать красящие вещества и жиры, что обусловлено, с одной стороны, его строением, а с другой — химическим составом, отличающимся значительным содержанием щелочноземельных металлов, главным образом магния. Эти свойства мыльного камня определили его необычайно разнообразное (не сопоставимое со многими другими полезными ископаемыми) применение для хозяйственных и промышленных нужд [1—5].

Местное население Крыма очень давно обнаружило, что в морской воде кил дает нелипкую эмульсию, хорошо обезжиривающую и легко смываемую. Благодаря этому свойству он изначально использовался как мощное средство для очистки овечьей шерсти (отсюда и название). Одновременно мыльный камень употребляли для мытья тела, для стирки тканей, ковров и других изделий. Позднее он нашел широкое применение в мыловаренной промышленности в качестве наполнителя для



Монтмориллонит — основной минерал отбеливающих глин.

мыла, которое при этом получает повышенную пенообразовательную способность, не окисляется и не желтеет от времени. В прошлом высшие сорта мыла «Кил», считавшиеся чудом Крыма, готовили в том числе с добавлением кокосового масла. Ему приписывали целебные свойства, и стоило оно дорого. А стиральный порошок «Стирпор» (смесь молотого кила с содой) пользовался спросом далеко за пределами полуострова. Следует также отметить, что после прокаливания сдобренный духами кил превращался в прекрасный зубной порошок.

В отличие от флоридиновых (товарный термин отбеливающих глин из штата Флорида, США) глин, требующих для применения лишь механической обработки, кил проявляет осветляющие свойства довольно слабо. Для усиления таких качеств его необходимо кипятить в соляной или серной кислоте. В результате лабораторных работ, проведенных в 1927 г. химиком Л.А.Сушицким (который выбрал для своих исследований инкерманский кил), был получен высококачественный адсорбент, названный им «крымсил» — крымский силикат. Он обладает наивысшей обесцвечи-

вающей способностью среди всех отбеливающих глин, а также пригоден для очистки самых разнородных веществ. Кроме того, отработанный крымсил легко восстанавливался (путем прокаливания), что мало свойственно искусственным осветлителям. Как адсорбент кил может использоваться в масложировой, лакокрасочной, нефтяной и других отраслях промышленности. Он употребляется для



Обертка популярного в прошлом крымского мыла.





Киловые ямы Мендерского месторождения. На фоне верхнемеловых известняков видны ниши с маломощными прослоями отбеливающих глин.

Фото автора

обесцвечивания самых различных горюче-смазочных материалов — керосина, бензина, машинного масла, а также для осветления растительных масел, животных жиров, фруктовых соков и вин. Способность кила поглощать одни типы красителей (щелочные), оставаясь в то же время нейтральным к другим (кислотным), используется при анализе красок в текстильной промышленности.

Не менее важен мыльный камень и в других областях. Из него готовят качественную буровую жидкость. Примечательно, что из одной его тонны можно получить 8–10 м<sup>3</sup> раствора, в то время как из других глин — лишь 2–4 м<sup>3</sup> [2]. Кил может оказаться полезным в металлургической промышленности, при обработ-

ке железных руд, — как связующая добавка к формовочным пескам. Из него получают прекрасный водонепроницаемый материал, пригодный для производства специальных сортов бумаги, картона и других похожих изделий. Кил используется в гидростроительстве для борьбы с фильтрацией (им можно экранировать каналы). В водоснабжении с его помощью смягчают жесткость воды. Мыльный камень применяют в производстве керамики, искусственного волокна, пластмасс, цветных карандашей. Он с успехом заменяет трепел (очень легкую слабоцементированную тонкопористую кремнистую горную породу) в производстве динамита.

Но и этим полезные свойства мыльного камня не исчерпыва-

ются. Давно установлена его биологическая активность. Добавка кила в корм и внесение вместе с удобрениями в почву повышает соответственно продуктивность животных и урожайность сельскохозяйственных культур. Кроме того, его использовали для производства дуста (смеси медных солей нафтенных кислот, которые представляют собой вязкую маслянистую пасту темно-зеленого цвета), предназначенного для борьбы с различными вредителями сельского хозяйства. Мыльный камень применяли при отравлениях в народной медицине, а в фармацевтической промышленности его использовали при лечении кожных болезней как основу для мазей, присыпок и пластырей.

Неудивительно, что при столь разнообразном применении в прошлом потребность в мыльном камне определялась довольно крупными по тому времени объемами. Свидетельством тому служат многочисленные древние разработки в самых разных местах Крыма. Первые сведения о них в окрестностях нынешнего Севастополя можно найти у Габлица: «Повсюду вырыты ямы для добытия вышеозначенной глины, глубиною от пяти до десяти сажен... из коих ее выкапывают и, нажав в большие корзины, оттуда вытаскивают... Когда по середине ям весь материк ее выберется, то делаются по сторонам подкопы для проследования ее жилы, и часто таким образом переходят глинокопатели от одной ямы до другой» [2, с.107]. Об условиях залегания и способах добычи кила писал и Паллас: «Возвышенность у Ахтиарской бухты (г.Севастополь. — В.К.) вся изрыта бесконечными шахтами... и работают там без всяких крепей с большой опасностью: сначала роют вглубь вертикально, затем горизонтально... двигаясь вперед, пока держится гора и проникает в ходы воздух; они вынимают глину, лежа на боку и предохраняют себя от обвалов постановкою подпор» [2, с.107]. Столь же примитивным способом, при постоянной угрозе быть заживо погребенными, добывали кил и в начале XX в. Так, П.А.Двойченко отмечал, что шурфы для добычи мыльного камня заканчиваются забоями, ежеминутно

грозящими обвалами, потому детально выяснить условия его залегания и определить подошву, на которой он покоится, крайне трудно [4]. Этот же автор упоминает о 80 колодцах для интенсивной добычи кила на склонах горы Мыльной в долине р.Альмы (у современного села Партизанского).

Со временем от сравнительно небольших кустарных разработок перешли к промышленной добыче кила. В Крыму его единственным месторождением, представлявшим тогда промышленную ценность, было Курцовское, характеризовавшееся наиболее высококачественными киловыми глинами и подробно изученное в 1930—1931 гг. Оно находилось в окрестностях Симферополя, в 2 км к северу от деревни Курцы (ныне село Украинка). Пласт чистого кила мощностью от 0.4 до 1.6 м занимал площадь в 485 тыс. м<sup>2</sup> [1]. Запасы мыльного камня здесь определялись в 900 тыс. т. Он добывался не только открытым способом. Для его подземной разработки в начале 30-х годов прошлого века была заложена наклонная шахта глубиной 114 м. Крымкилкомбинат сначала поставлял кил на мыловаренные заводы в сыром виде, а в 1932—1933 гг. (после постройки в Симферополе размолочной фабрики) — в виде порошка. Курцовское месторождение давало мыловаренной промышленности ежегодно около 30 тыс. т кила. Ныне оно полностью отработано.

Разведочные работы в XX в. проводились и в Мендерском

месторождении, которое располагалось к востоку от Бахчисарая в районе горы Мендер. Запасы кила там составляют 25—30 тыс. т. Полезные глины образуют несколько пластов, основной из них характеризуется средней мощностью около 0.3 м. Данное месторождение использовалось для мелкой кустарной разработки и имело местное значение. Однако, по некоторым сведениям, в свое время один из крымских ханов разрабатывал его даже для экспорта мыльного камня, а на вырученные от продажи средства содержал гарем. Следы от этих разработок (киловые ямы) до сих пор сохранились на выходах пласта кила.

Еще одно месторождение находилось недалеко от Инкермана, в районе горы Килик и Сапун-горы. Последняя получила свое название как раз в связи с разработкой здесь в былые времена мыльного камня (от лат. *sapo* — мыло). Данное месторождение также не представляло большого промышленного интереса, поскольку разведочные работы установили крайне сложное геологическое строение района, к тому же кил встречался здесь лишь на отдельных небольших участках. В настоящее время кил в Крыму в промышленных объемах не добывается.

Удивительные свойства и применение крымского мыльного камня с полным основанием позволяют отнести его к интереснейшим природным минеральным объектам. ■

## Литература

1. Крымский кил и его применение в промышленности / Под ред. М.Щербакова. Симферополь, 1932.
2. Полканов Ю.А. Минералы Крыма. Симферополь, 1989.
3. Губанов И.Г., Подгородецкий П.Д. Богатства недр. Геологический очерк и полезные ископаемые Крыма. Симферополь, 1966.
4. Двойченко П.А. Минералы Крыма // Зап. Крым. общества естествоиспытателей и любителей природы. 1914. Т.4.
5. Подгородецкий П.Д. Крым: Природа. Симферополь, 1988.

# Причудливые ходы гиппогрифа

## К 125-летию Ерванда Когбетлянца

Ю.И.Блох,  
доктор физико-математических наук  
Москва

Беспощадный XX век вынуждал многих людей неоднократно менять свое местожительство, и среди них оказался уроженец России, легендарный математик, геофизик и программист Ерванд Когбетлянец. Его поистине мировая слава волею судьбы оказалась связанной не столько с научными достижениями, сколько с плодами хобби — большинству он известен прежде всего как изобретатель трехмерных, или космических, шахмат с их гиппогрифами, космическими рыцарями и другими экзотическими фигурами. Однако даже шумная слава не побудила пока исследователей пристально изучить его научное наследие, а ведь оно огромно и весьма значимо. Достаточно сказать, что, вычисляя на компьютере или калькуляторе значения таких функций, как квадратные корни, синусы или логарифмы, наш современник пользуется именно методами, разработанными Когбетлянцем еще в 50-х годах прошлого века специально для первых массовых компьютеров корпорации IBM. Но даже на родине, где он внесен в российскую «Золотую книгу эмиграции», появились пока лишь предельно краткие и не во всем точные описания его жизни\*, что уж говорить о других странах, где он жил и работал. Попробуем хотя бы частично исправить эту несправедливость.

### Биографические данные

Ерванд Геворгович Когбетлянец родился 9 (21) февраля 1888 г. на юге России, в Нахичевани-на-Дону. Казалось бы, уж эти-то сведения должны быть известными абсолютно достоверно, однако это не так — причудливость жизненного пути нашего героя отразилась даже тут.

Начнем с того, что в сохранившихся документах можно увидеть совершенно разные написания его имени, отчества и фамилии. Так, аттестат зре-

\* См.: *Ермолаева Н.С.* Когбетлянец Эрванд Георгиевич // Русское зарубежье. Золотая книга эмиграции. Первая треть XX века: Энциклопедический биографический словарь. М., 1997. С.299; *Коллягин Ю.М., Саввина О.А.* Дмитрий Федорович Егоров: Путь ученого и христианина. М., 2010.

лости получил Еруанд Кохбетлянец, в университете учился Ерванд Георгиевич (есть вариант «Кеворков») Когбетлянец, но диплом ему выписан на имя Ерванда Георговича Когпетлиева, а первые научные статьи выходили под именем Эрванда Когбетлянца [1, оп.321, д.863], и это еще не все из встречающихся вариантов.

Еще запутанней ситуация с датой рождения. В университетском деле, хранящемся в Центральном историческом архиве Москвы, во всех документах четко прописано 16 февраля (по старому стилю) [1, оп.321, д.863]. Однако в петиции о натурализации в США Когбетлянец лично указал дату рождения 9 февраля и при этом подписался\*\*. Для перевода в новый стиль к датам XIX в. вообще надо прибавлять 12 дней, но американцы прибавили 13 (как для XX в.) и получили 22 февраля. Именно эту дату называют все иностранные источники, но правильно, скорее всего, указанная выше дата рождения — 9 (21) февраля. Думается, Ерванд Геворгович знал день своего рождения лучше, чем все те чиновники, которым даже с именами удавалось справляться, мягко говоря, не лучшим образом.

Город, где родился Ерванд, основали в 1779 г. по указу Екатерины II армяне-переселенцы из Крыма, первоначально его назвали Нор-Нахичеван (Новый Нахичеван). В 1838 г. во избежание путаницы город переименовали в Нахичевань-на-Дону, а еще спустя 90 лет он волился в разросшийся Ростов-на-Дону. Среди основателей Нор-Нахичевана был прадед Ерванда, и вообще их семейство — одно из самых видных среди промышленников юга России. Отец Ерванда — Геворг Мельконянович Когбетлянец — совместно с братьями владел рудниками и шахтами в Ростовской области и в Донбассе, занимался торговлей, имел суда на Азовском и Черном морях, вел строительство зданий, портов, железных дорог\*\*\*. Матерью Ерванда была Егинэ Аковбян (в русифицированной версии Елена Яковлевна Хлытчиева) — дочь купца первой гильдии, гласного нахичеванской городской думы Агопа Матеосовича Хлычяна (Якова Матвеевича Хлытчиева). Родственные связи семьи

\*\* [www.ancestry.com](http://www.ancestry.com)

\*\*\* См.: *Ермолаева Н.С.* Указ. соч.



Зачетка студента Е.Г.Когбетлянца [1, оп.321, д.863, л.12 об., 13].

Хлытчиевых, где выросли два десятка детей, оказались весьма разветвленными. В частности, дочерью одной из тетюшек Ерванда — Пепронэ Яковлевны — была знаменитая писательница Мариэтта Шагинян, и она, таким образом, приходилась Ерванду двоюродной сестрой.

### Годы учебы

В 1906 г. Ерванд Когбетлянец окончил с серебряной медалью гимназию в Ростове-на-Дону и, отправившись во Францию, поступил на математическое отделение Парижского университета — Сорбонны, где проучился год. Однако доходы семьи резко упали из-за возникшего в Нахичеване-на-Дону экономического кризиса [2], и ему пришлось вернуться в Россию. Но Когбетлянец все-таки продолжил учебу — теперь на математическом отделении физико-математического факультета Московского университета. В Москве Ерванд жил у одной из своих многочисленных тетюшек по матери, Е.Я.Сагировой. В университетском деле сохранилось ее

прошение на имя ректора: «Сим имею честь довести до сведения Вашего Превосходительства, что племянник мой Ерванд Когбетлиев, подавший прошение о зачислении его студентом математического отделения физико-математического факультета, по недостатку средств будет жить у меня. Потомственная Почетная Гражданка Евгения Яковлевна Сагирова» [1, оп.321, д.863, л.9].

В университетские годы наибольшее влияние на студента Когбетлянца оказали знаменитые ученые Николай Егорович Жуковский и особенно Дмитрий Федорович Егоров\*, и он оправдывал их усилия, учился отлично, был удостоен золотой медали за конкурсное сочинение. В феврале 1911 г. Ерванд подал в университет прошение о разрешении жениться на своей землячке и ровеснице Евгении Красильниковой (по-видимому, дочери крупного нахичеванского предпринимателя Егора Минаевича Красильникова [2]) и получил его. Вскоре молодожен забыл записаться вовремя на лекции, его отчислили, но потом простили и вос-

\* См.: Колягин Ю.М., Саввина О.А. Указ. соч.

становили. 29 мая 1912 г. он окончил университет с дипломом 1-й степени [1, оп.321, д.863], а в декабре того же года родилась дочь Элеонора\*.

Талантливого выпускника оставили при кафедре чистой математики университета для подготовки к профессорской деятельности под руководством Егорова, однако без содержания. Как следствие, заботы о жене и новорожденной дочке отнимали у Ерванда много времени и сил, и ему дважды пришлось продлевать сроки подготовки. Только в 1916 г. он завершил магистерские испытания и был утвержден в должности приват-доцента Московского университета. Его статьи по теории рядов стали систематически появляться в ведущих европейских журналах, и большинство из них представлял к публикации один из руководителей Сорбонны, крупный математик и механик Поль Эмиль Аппель (1855—1930), на которого, судя по всему, студент Когбетлянец, еще учась в Париже, произвел благоприятное впечатление.

### Создание трехмерных шахмат

Во время работы в Москве Ерванд Геворгович и создал свою знаменитую версию трехмерных шахмат. Вообще говоря, попытки их разработки предпринимались неоднократно начиная еще с XVIII в., когда этим заинтересовался скрипач и выдающийся математик Александр Теофил Вандермонд (1735—1796), позже данной проблемой упорно занимался известный шахматист Лионель Адальберт Кизерицкий (1806—1853). Тем не менее успеха попытки не имели, поскольку изобретатели не могли придумать, как поставить мат королю, способному перемещаться по любому из пространственных направлений. Не справился с этим и немецкий акушер и оккультист доктор Фердинанд Маак (1861—1930), который с 1907 г. столь активно работал над трехмерными шахматами, что вошел в историю под прозвищем *Raumschach*\*\*.

В отличие от предшественников, Когбетлянец помимо стандартных шахматных фигур ввел в игру несколько новых, благодаря чему поставить мат стало возможным. Трехмерные шахматы Когбетлянца состояли из восьми шахматных досок, изготовленных из прозрачного стекла и расположенных друг над другом. Таким образом, вместо 64 клеток (8×8) обычных шахмат игроки здесь распоряжаются 512 позициями (8×8×8), между которыми фигуры могут передвигаться также вверх и вниз. Похожую систему поначалу пытался разрабатывать и Маак, но потом он перешел на более простой вариант из 5×5×5 позиций.

Самой любопытной из новых фигур, предложенных Ервандом Геворговичем и с тех пор по-

стоянно привлекающей внимание любителей шахмат, стал, конечно, гиппогриф. Вообще говоря, образ этого мифического летучего полуконя-полугрифа (или же полуконя-полугрифона с львиными передними лапами) можно найти в творениях писателей и художников начиная еще с Античных времен, а Когбетлянец, скорее всего, познакомился с ним в популярнейшей рыцарской поэме эпохи Возрождения «Неистовый Роланд» итальянца Лудовико Ариосто (1474—1533). Отрывки из нее неоднократно переводились русскими поэтами, в том числе А.С.Пушкиным, которого она вдохновила на создание «Руслана и Людмилы»\*\*\*, где даже имя главного героя вызывает аллюзии на поэму Ариосто. Что же касается иллюстраций к «Неистовому Роланду», особенно созданных Гюставом Доре к французскому переводу 1879 г., то они тогда были общеизвестными. Нынешней молодежи гиппогриф знаком главным образом по книгам и фильмам о юном волшебнике Гарри Поттере.

Летающий персонаж как нельзя лучше подошел в трехмерных шахматах на роль пространственного аналога коня. Как известно, в обычных шахматах конь ходит по диагонали прямоугольника размерами 3×2 клетки, т.е. на две клетки в одном направлении (по горизонтали или по вертикали) и еще на одну — в направлении, перпендикулярном первому. Соответственно, в космических шахматах гиппогриф ходит по диагонали параллелепипеда размерами 4×3×2 позиции, иначе говоря, за один ход перемещается на три позиции в одном направлении, на две в перпендикулярном и еще на одну в третьем направлении. Когбетлянец обучил своей игре многих своих московских знакомых, но ее массовое признание затянулось на десятки лет.

### Начало эмиграции

В 1917 г. размеренную жизнь молодого одаренного ученого разрушила революция, и в поисках хлеба насущного он покинул Москву. С тех пор его жизненный путь, можно сказать, стал не менее причудливым, чем ходы шахматного гиппогрифа. Сначала, судя по всему, Ерванд Геворгович отправился в родной Ростов-на-Дону, где некоторое время поработал в Донском университете, возникшем в конце 1915 г. в результате перевода туда Варшавского университета, но потом переехал в Екатеринодар (ныне Краснодар). Там его с 1 июля 1919 г. назначили доцентом Кубанского политехнического института, а 8 января 1920 г. это назначение утвердил Совет Кубанского краевого правительства, причем в протоколе утверж-

\* www.ancestry.com

\*\* Raumschach, нем. — пространственные шахматы.

\*\*\* Этому вопросу посвящена обширная литература. См., напр.: Розанов М.Н. Пушкин и Ариосто // Известия АН СССР. Отд. общественных наук. 1937. №2—3. С.375—412.

дения\* он именуется приват-доцентом Московского университета и Донского университета Э.Г.Когбетлиевым. Вскоре, однако, Гражданская война погнала его еще дальше.

В 1920 г. он уехал в Армению и стал работать профессором Ереванского университета, но и там покоя не нашел. Сначала в Ереване установилась советская власть, потом произошел контрреволюционный переворот, который в свою очередь был подавлен, после чего Когбетлянци приняли решение эмигрировать во Францию, и в 1921 г. семья приехала в Париж. Там Ерванд Геворгович занялся научной работой под руководством выдающегося математика Эмиля Бореля (ученика и зятя Аппеля), совмещая ее с преподаванием математики на курсах, организованных Русским народным университетом. В 1923 г. он успешно защитил в Парижском университете диссертацию «Аналогия между тригонометрическими и сферическими рядами с точки зрения их суммирования средними арифметическими» [3], и ему присвоили ученую степень доктора наук.

Теория рядов надолго осталась главным направлением его научной деятельности и после защиты. Под влиянием опубликованных в 1901 г. знаменитых «Лекций по расходящимся рядам» своего учителя Бореля он активно работал над исследованием расходящихся рядов и интегралов, опубликовав в связи с этим несколько десятков статей и став признанным специалистом. Стоит отметить, что вообще-то в сообществе математиков многие к таким рядам относились настроенно. В предисловии к фундаментальной монографии «Расходящиеся ряды» выдающегося английского математика Годфри Харолда Харди (1877–1947), впервые опубликованной лишь в 1949 г. в Оксфорде, Джон Идензор Литлвуд привел мнение знаменитого норвежца Нильса Хенрика Абеля: «Расходящиеся ряды — изобретение дьявола, и стыдно основывать на них какие-либо доказательства» [4]. Такая реакция проистекала из восходящего к Огюстену Луи Коши определения суммы ряда как предела, к которому стремятся частичные суммы его членов: для расходящихся рядов конечного предела, понятно, вовсе не существует. На самом же деле занимавшихся ими математиков,

\* См.: Протоколы заседаний Кубанского краевого правительства: 1917–1920. Сб. документов в 4 т. Краснодар, 2008.

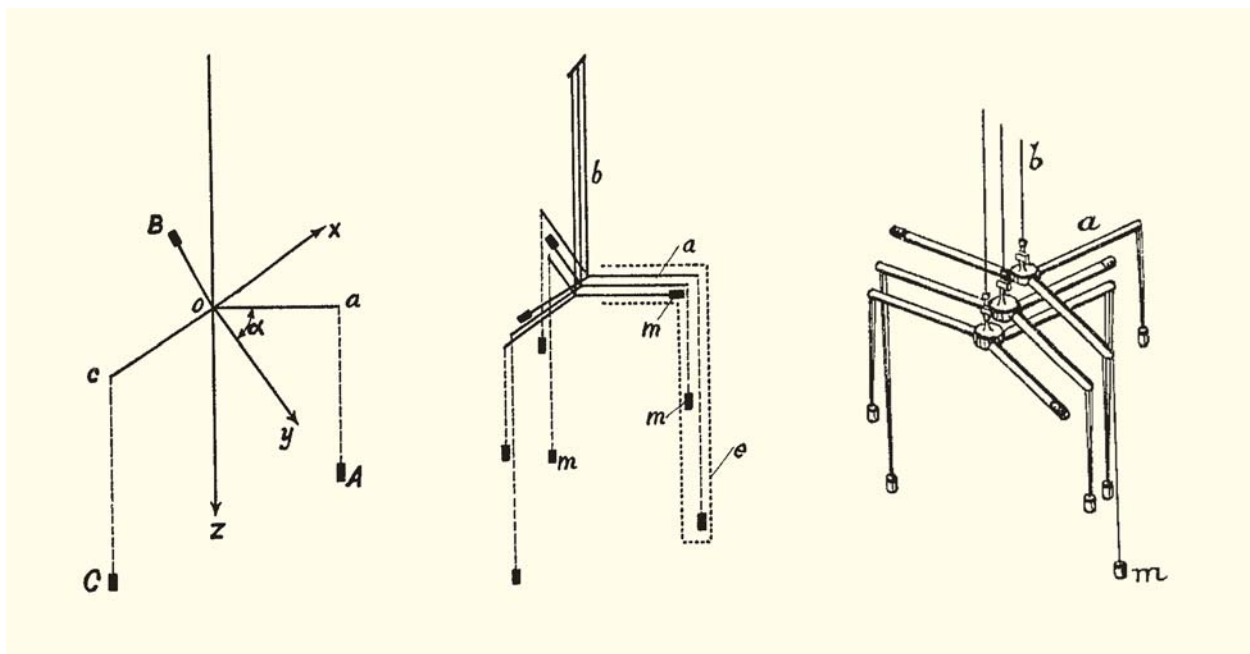


Рудьер верхом на гиппогрифе сражается с чудовищем, угрожающим Анжелике. Иллюстрация Гюстава Доре к поэме «Неистовый Роланд» Лудовико Ариосто.

начиная с Леонарда Эйлера, преимущественно интересовали вопросы о том, что именно следует считать суммой расходящихся (по Коши) рядов и как вообще относиться к понятию предела. Ответы давались разные, но все они так или иначе сводились к дополнительным осреднениям частичных сумм. Когбетлянец добился в этой области весьма значительных успехов, и на полученные им результаты продолжают ссылаться до сих пор. Есть ссылки на его труды и в упомянутой монографии Харди, где особо выделена обзорная статья 1931 г. [5]. В связи с исследованиями рядов ученый внес также заметный вклад в теорию ортогональных полиномов Чебышёва, Якоби, Эрмита и др.

## Гравиметрия

В 20-х годах Ерванд Геворгович увлекся геофизикой, где дебютировал в 1926 г. как изобретатель крутильных весов нового типа, предназначенных для измерения вторых производных потенциала силы тяжести. Вообще говоря, гравитационное поле Земли можно изучать разными способами. Самые популярные основаны на относительных измерениях ускорения силы тяжести, которое является первой производной гравитационного потенциала, и приборы для таких измерений называют гравиметрами. Однако можно изучать и вто-



Система вариометра Когбетлянца [6].

рые производные потенциала, которые именуют *градиентами* и *кривизнами*. Для их измерения венгерский геофизик, основоположник гравитационной разведки месторождений нефти Лоран Этвёш ранее предложил применять крутильные весы с двумя грузиками, подвешенными на разных высотах к горизонтальному коромыслу, которое может вращаться вокруг присоединенной к центру коромысла вертикальной крутильной нити. По углу поворота коромысла в неоднородном гравитационном поле и можно судить о вторых производных гравитационного потенциала, а по ним — изучать расположенные на глубине геологические структуры, содержащие нефть, газ и другие полезные ископаемые. Такие приборы с двумя независимыми системами обычно называют вариометрами, и с их помощью были обнаружены многочисленные нефтяные месторождения.

В отличие от классических весов Этвёша, Когбетлянец предложил оригинальную систему с тремя массами: одна расположена на верхнем уровне, а две другие — под ней. В плане эти массы образуют равносторонний треугольник, причем таких систем в приборе три. Изобретатель запатентовал свои весы во Франции, Германии, Великобритании и США [6], реализовать подобный вариометр пыталась немецкая фирма «Askania Werke», но распространения он не получил.

В процессе работы над изобретением Ерванд Геворгович пришел к выводу, что крутильные весы можно применить для лабораторного эксперимента по определению скорости распространения гравитации. Он, как и все ученые того времени, пристально следил за работами Альберта Эйн-

штейна и стремился к их глубокому постижению. Поскольку в печати регулярно появлялись статьи, в которых содержались утверждения о якобы неполной справедливости общей теории относительности, Когбетлянец решил внести свой вклад в проходящую дискуссию, и это заняло у него более 20 лет.

Как известно, в теории всемирного тяготения Исаака Ньютона скорость распространения гравитации считается бесконечной, тогда как общая теория относительности постулирует, что она равна скорости света. Многочисленные эксперименты по ее непосредственному определению не отличались приемлемой точностью измерений. Последняя из подобных попыток, основанная на анализе электромагнитного излучения удаленного квазара в гравитационном поле Юпитера, была предпринята в 2002 г. Э.Фомалонтом и С.М.Копейкиным [7]. По их данным, отношение скорости распространения гравитации к скорости света составляет  $0.95 \pm 0.25$ . Таким образом, даже сейчас окончательный ответ на вопрос о скорости распространения гравитации пока так и не дан...

Первый вариант проекта Ерванда Геворговича в данной области был опубликован в 1928 г., причем представил статью к публикации знаменитый математик Жак Адамар [8]. В статье предлагалось изучать гравитационное поле массивного горизонтального диска, быстро вращающегося вокруг вертикальной оси, для чего должны были использоваться крутильные весы первого рода (у которых грузики расположены на одной высоте), причем подвешенные над диском так, чтобы их крутильная нить совпадала с осью его вращения. Про-

веденные расчеты показали, что при конечной скорости распространения гравитации крутильные весы обязаны поворачиваться от того положения, которое они занимают, когда диск не вращается. По величине угла поворота и предполагалось установить искомую скорость. По оценке автора идеи, диск должен иметь массу около 200 т и вращаться с угловой скоростью 3000 об./мин. Оценки проводились им исходя из того, что скорость распространения гравитации в тысячи раз превышает скорость света, другими словами, его априорные представления были гораздо ближе к Ньютону, нежели к Эйнштейну.

Второй, усовершенствованный вариант был опубликован через два года по рекомендации Леоны Бриллюэна [9]. Вместо диска теперь предлагалось использовать полутороид с углублением в плоской верхней части, куда и должны опускаться грузики крутильных весов. Усовершенствование дало возможность уменьшить вращающуюся массу до 100 т. В дальнейшем Когбетлянц добился снижения массы вплоть до 2 т и угловой скорости ее вращения 1800 об./мин [10]. В 1932 г. на Международном математическом конгрессе в Цюрихе (Швейцария) он выступил с двумя докладами, и один из них был посвящен измерению скорости гравитационного притяжения, а другой, естественно, — теории рядов.

### «Ходом гиппогрифа» по жизни

Несмотря на напряженную научную работу, Ерванд Геворгович активно участвовал в общественной жизни русской диаспоры: стал одним из основателей Русского академического союза в Париже, входил в состав правления союза, был членом совета парижского Научно-философского общества, сотрудничал в Обществе русских химиков, преподавал на русском отделении физико-математического факультета Сорбонны\*. Русские эмигранты не только трудились сообща, но и отдыхали — любимым местом их отдыха стал Ла Фавьер на Лазурном берегу, где многие, в том числе Когбетлянцы, построили дачи, которые гордо называли *виллами*\*\*.

Эмигранты часто ходили в гости друг к другу и в Париже, о чем сохранились многочисленные свидетельства в «Камер-фурьерском журнале» Владислава Ходасевича, где Когбетлянцы именуется Когбетлиевыми\*\*\*.

Не были забыты и трехмерные шахматы: осенью 1925 г. Ерванд Геворгович решил запатентовать игру и через год получил на нее французский патент FR 608196. Изобретателя, однако, увлекали тогда не только настольные игры. Еще один фран-

цузский патент FR 672683 был получен им в конце 20-х годов на «Теннис для игры на трех полях».

В 1931 г. Ерванд Геворгович вместе с несколькими знакомыми стал масоном в ложе *Свободная Россия*, которую в сентябре того года основали члены ложи *Северная Звезда* в качестве дочерней мастерской. Одним из создателей новой ложи был любитель отдыха в Ла Фавьере, художник Иван Яковлевич Билибин. Среди других знаменитых дачников, ставших масонами, можно отметить поэта Сашу Черного (Александра Михайловича Гликберга). Когбетлянца посвятили в масоны 14 декабря 1931 г., через полгода возвели во вторую степень, а в июне 1933 г. — в третью, однако в декабре того же года он вышел из ложи в отставку в связи с принятым решением уехать из Парижа на работу в Персию\*\*\*\*.

Сделав очередной «ход гиппогрифом», Ерванд Геворгович в течение шести лет служил в должности профессора астрономии и математического анализа в только что открывшемся Тегеранском университете. В 1936 г. ему довелось в качестве члена иранской делегации (за год до того Персию переименовали в Иран) принять участие в работе Конгресса математиков в Осло и сделать там доклад по гравиметрии. В нем сравнивались точности измерений разными крутильными весами, на основании чего утверждалось, что предложенная система с тремя массами теоретически точнее. Труды Когбетлянца в Тегеране были отмечены иранским орденом «За заслуги в науках»\*\*\*\*\*.

Преподавание астрономии еще более расширило круг его интересов. В 1937 г. он выступил в Тегеране с докладом, посвященным рассмотрению влияния солнечных пятен на человечество, по сути близким к гелиобиологии А.Л.Чижевского. Иранский франкоязычный журнал «Le Journal de Téhéran» опубликовал этот доклад [11]. В нем, несмотря на обилие ссылок на труды разных ученых, фамилия Чижевского не встречается — видимо, докладчик не знал о его работах. Известно, что Чижевский учился на физико-математическом факультете Московского университета как раз в тот период, когда там преподавал Когбетлянц, но вряд ли тогда приват-доцент интересовался увлечениями одного из своих студентов, так что изложенные в докладе размышления, несомненно, самостоятельны. На это указывает и совершенно иной стиль изложения, да и многие анализируемые факты. К примеру, одним из самых ярких аргументов в докладе выглядит описание поразительных опытов С.И.Метальникова (1870—1946), который с 1910 по 1930 г. изучал скорость размножения инфузорий. Сергей Иванович, бывший помимо прочего одним из первых авторов журнала «Природа», в 1918 г. эмигрировал во Францию, где приобрел

\* Ермолаева Н.С. Указ. соч.

\*\* Dupouy R., Obolensky A., Guillemain M., Faucher F. Les Russes de La Favière. Réseau Lalan, 2010.

\*\*\* Ходасевич В.Ф. Камер-фурьерский журнал. М., 2002.

\*\*\*\* См.: Берберова Н.Н. Люди и ложи: Русские масоны XX столетия. Харьков; М., 1997; <http://www.samisdat.com/5/23/523f-lsr.htm>

\*\*\*\*\* См.: Ермолаева Н.С. Указ. соч.



широкую известность как зоолог, иммунолог и эволюционист. Он соседствовал с Когбетлянцами в Ла Фавьере, и его работы были хорошо известны Ерванду Геворговичу.

Он излагал их так: «Оказалось, что частота [размножения инфузорий] осциллирует единожды или дважды за период солнечного цикла: она минимальна, когда Солнце спокойно, и тогда она уменьшается до двух поколений примерно за трое суток (например, 233 за 1924 год); в годы максимума она увеличивается до трех поколений за двое суток (470 за 1928 год). Общий ход изменений частоты размножения инфузорий соответствует изменениям солнечной активности. Во время этого эксперимента над живыми организмами, проводившегося в течение 20 лет, не изменялись ни температура, ни пища инфузорий. В этих условиях оказалось, что скорость воспроизведения инфузорий и их жизненная активность определяются лишь циклом солнечных пятен. Живая клетка вибрирует в унисон с Солнцем» [11, с.3].

И далее: «...человек реагирует на влияние солнечных пятен, как и всё вокруг. Если здоровье человека в порядке, эти влияния взаимодействуют с другими факторами и сопровождают их. Зачастую вызываемое у него пятном возбуждение тормозится силой воли и направляется в созидательное русло. Совершенно по-другому солнечные пятна влияют на безумцев, которые, находясь на свободе, немедленно экстериоризируют всякую свою реакцию и осуществляют внезапные действия. В семьях, где супруги нервные и чувствительны, влияние солнечных пятен может стать пищей для раздора. Как говорится, часто знания причин достаточно, чтобы уничтожить зло. Я убежден, когда наши взгляды в конце концов распространяются, в ежедневных газетах вместе с прогнозами метеорологов, так необходимыми в авиации, появятся и сведения о наблюдениях солнечных пятен, например такого рода: “Громадное пятно приближается к меридиану [Солнца]. Общее возбуждение, вызванное его прохождением, продлится с вечера вторника до утра четверга и может приводить к острым кризисам”. Осведомленность мужчин и женщин, предупрежденных астрономами, и опасения возможных вспышек нервозности могут помочь смягчить действие пятна, побуждая в эти 36 часов становиться всем более внимательными и нежными и избегать тяжелых эксцессов» [11, с.3–4]. Интерес к гелиобиологической проблематике сохранился у Когбетлянца и в последующие годы.

## Американский Вифлеем

В 1939 г. Ерванд Геворгович вернулся во Францию, где стал трудиться в Национальном центре научных исследований, служил добровольцем в артиллерийском техническом отделе Французской ар-

мии, однако после поражения французских войск был вынужден задуматься о переезде в США. Эмиграция, судя по всему, не была спонтанной, ей предшествовала серьезная подготовка с помощью фонда Рокфеллера. Так, еще 23 сентября 1941 г. газета «Brown and White» частного Лехайского университета в американском городе Вифлееме\* опубликовала заметку, в которой президент университета объявлял о приглашении новых преподавателей, в том числе и Когбетлянца.

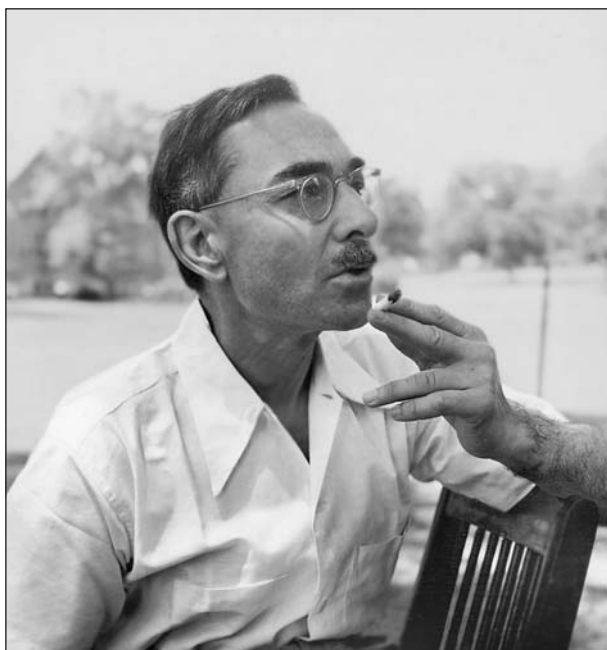
Выбираться Ерванду и его жене Евгении пришлось снова извилистым «ходом гиппогрифа», через нейтральную Португалию на известном португальском «судне беженцев» — «Серпа Пинту». Корабль вышел из Лиссабона 5 июня 1942 г., зашел по пути в Марокко и, забрав в Касабланке значительную часть пассажиров, направился в Америку. 25 июня Когбетлянце прибыли в Нью-Йорк. В списке пассажиров им требовалось сообщить адреса ближайших родственников, и Ерванд Геворгович отметил свою мать Елену Хлытчиеву, жившую тогда в Ницце, а его супруга указала сестру Татьяну Берберян\*\*. Поскольку договоренности с Лехайским университетом уже были достигнуты, Когбетлянце сразу отправилась туда, и там прошли первые годы их жизни в США.

Доктора наук Когбетлянца зачислили на должность инструктора, т.е. ассистента, и он преподавал математику, а также читал рассчитанный на два семестра курс «Математические методы в геофизике». Однако его интересы вовсе не ограничивались преподавательской деятельностью — в частности, он принял деятельное участие в работе «Симпозиума Понтины», проходившего летом 1944 г. в городке Южный Хэдди (штат Массачусетс), в колледже Mount Holyoke.

Вообще говоря, симпозиумы для французской интеллектуальной элиты проводились в бывшем цистерцианском аббатстве Понтины в Бургундии ежегодно начиная с 1910 г. Их организовал приобретший тогда аббатство философ Поль Дежардан (1859—1940), и он смог привлечь к ним практически всех крупнейших французских философов, ученых, писателей, художников и музыкантов того времени. После начала войны и кончины Дежардана проведение симпозиумов прервалось, но вскоре было возобновлено на территории США [12]. В 1944 г. Ерванд Геворгович участвовал в заседаниях секции философии симпозиума, которой руководил видный философ-экзистенциалист Жан Валь и где среди докладчиков были такие знаменитости, как Жак Адамар и Джорджио де Сантьяна. Доклад Когбетлянца назывался «Космические факторы кризисов в жизни человечества» и, судя по названию, продолжал гелиобиологическую тематику, намеченную им еще в Иране. Увлечен гелиобиологией он пытался и студентов

\* Город Вифлеем (Bethlehem) находится в штате Пенсильвания.

\*\* www.ancestry.com



Е.Г.Когбетлянц на «Симпозиуме Понтины» в колледже Mount Holyoke, США. 1944 г.

Лехайского университета. Сохранилась статья из университетской газеты от 20 ноября 1942 г., где Ерванд Геворгович затрагивает эту тему, а также перспективы применения ракетной техники для перевозки пассажиров и исследования космоса. Последнее, видимо, связано с тематикой его работ во французском Национальном центре научных исследований.

В период работы в Вифлееме Когбетлянц написал для журнала «Geophysics» статью «Количественная интерпретация магнитных и гравитационных аномалий» [13]. В ней с помощью теории функций комплексной переменной были проанализированы аномальные поля модели нефтеносной структуры и показано, как можно оценить ее характеристики путем вычисления так называемых гармонических моментов. Статья произвела впечатление на американских нефтяников, и в 1945 г. ее автора пригласили стать консультантом по геофизике в корпорации «Standard Oil». Он перебрался в Нью-Йорк и проработал в корпорации два года. Вскоре вышла еще одна его статья по определению гармонических моментов источников потенциальных полей [14].

### Нью-Йоркская широта интересов

В Нью-Йорке Когбетлянц продолжил также и преподавательскую деятельность: в Новой школе социальных исследований и в Свободной школе с занятиями повышенного типа, а с 1946 г. — профессором Колумбийского университета. В декабре

1945 г. к родителям перебралась из Франции их замужняя дочь Элеонора (Eleonore Mutin) с мужем Марселем и двухлетним сыном Жан-Пьером\*. В 1948 г. старшие Когбетлянцы получили американское гражданство, и тогда же Ерванд Геворгович запатентовал оригинальную оптико-механическую систему для измерения компонент магнитного поля и их градиентов [15].

Не оставляя ученый и своего давнего увлечения проблемой определения скорости распространения гравитации. В 1949 г. известный американский бизнесмен, экономист и политик Роджер У.Бэбсон, выступавший в 1940 г. кандидатом в президенты США от одной из партий, основал Фонд гравитационных исследований. Этот фонд базировался в маленьком городке Нью-Бостоне (штат Нью-Хэмпшир), расположенном в 100 км к северо-западу от Бостона, и проводил ежегодные конкурсы по проблемам гравитации. На первый из таких конкурсов Когбетлянц послал свой доклад, и он сохранился в машинописном виде на бланках Колумбийского университета\*\*. В докладе измерение скорости рассматривается как первый шаг к поиску материалов, способных поглощать и отражать гравитацию. На рисунках, сопровождающих текст, изображена очередная версия измерительного устройства, отличающегося тем, что в нем вместо предложенного ранее полутороида применяется полный тор из стального корпуса с свинцовой сердцевинкой с кольцевой прорезью сверху для масс крутильных весов. Проект Ерванда Геворговича так и остался нерезализованным, но в монографиях по вопросам общей теории относительности он непременно упоминается.

Глубокий интерес к фундаментальным проблемам постоянно проявлялся в творчестве Когбетлянца в самых разнообразных формах. Так, в ноябре 1950 г. он принял участие в философской конференции «Новая школа социальных исследований» и сделал там доклад «Актуальная бесконечность как инструмент размышлений». Соотношение между потенциальной и актуальной бесконечностями было предметом ожесточенных споров со времен ранней Античности. Обычно под потенциальной бесконечностью некоей величины понимают возможность ее неограниченного увеличения (или уменьшения), тогда как актуальная бесконечность мыслится как реально существующая величина, не обладающая конечной мерой. Часть философов отрицала существование актуальной бесконечности, другая — поддерживала. К середине XX в. рассмотрение этой классической проблемы, тесно связанной с определением понятия предела, начало выходить в математике на принципиально новый уровень, что, видимо, и пытался разъяснить в своем докладе долго занимавшийся ею в связи с расходящимися рядами и интегралами Ерванд Ге-

\* [www.ancestry.com](http://www.ancestry.com)

\*\* [www.gravityresearchfoundation.org](http://www.gravityresearchfoundation.org)

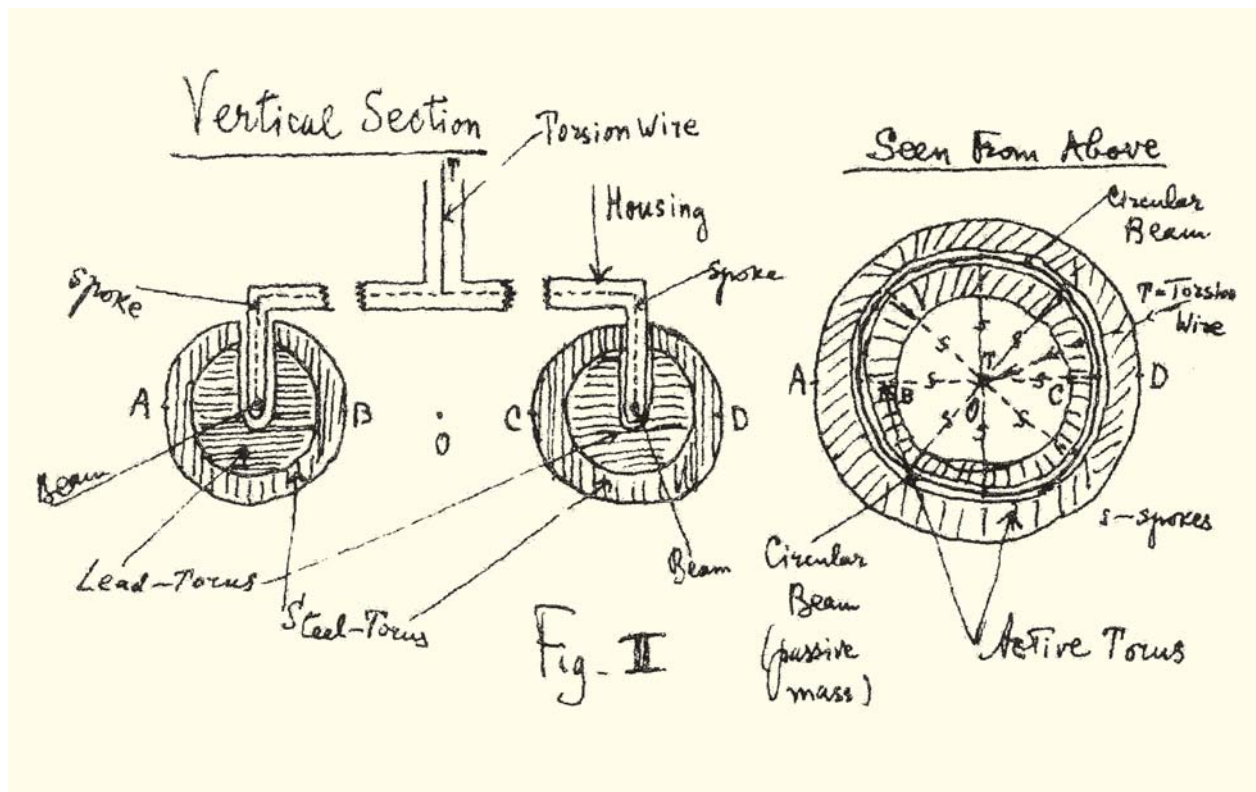


Рисунок Е.Г.Когбетлянца со схемой установки для измерения скорости распространения гравитации из его доклада.

[www.gravityresearchfoundation.org](http://www.gravityresearchfoundation.org)



Е.Г.Когбетлянец с трехмерными шахматами.

Фото Йейла Джоэла («Life» от 9 июня 1952 г.)

воргович. Позже прогресс здесь привел к тому, что в 1961 г. Абрахам Робинсон (1918—1974) разработал так называемый нестандартный анализ, где сформулировал понятие нестандартных вещественных чисел, операции с которыми могут выполняться вообще без привлечения предельных переходов. К настоящему времени актуальные бесконечно малые величины, называемые *инфинитеземалями*, стали важнейшими категориями анализа в различных разделах математики.

В 1952 г. Когбетлянец наконец-то добился широкого признания своих трехмерных шахмат. Он заказал их изящный комплект из светлого дуба и стекла, что обошлось ему в значительную по тем временам сумму в 300 долларов (примерно 2500 нынешних долларов США), и в конце января объявил, что собирается обучать им в Колумбийском университете всех желающих. На первое занятие помимо студентов собрались журналисты, которые мгновенно разнесли сообщения об игре по всему миру. Информация появилась не только в газетах, но и таких популярных журналах, как «Time», «Newsweek», «New-Yorker» и «Life». В «Life» за 9 июня 1952 г. заметку сопровождала великолепная фотография Когбетлянца с его шахматной конструкцией. Эта работа известнейшего фоторепортера журнала Йейла Джоэла до сих пор воспроизводится во множестве изданий как классика фотоискусства. Некоторые из тогдашних публика-

ций содержали слова Ерванда Геворговича про слухи об изучении его трехмерных шахмат в советских военных училищах. О правдивости таких слухов судить сложно, но, по общему мнению, эта игра эффективно способствует развитию пространственного воображения, что, безусловно, полезно и военным. Обычные шахматы, кстати, традиционно входили в программы военных учебных заведений в разных странах еще с начала XIX в.

Стоит сказать, что за время, прошедшее после получения французского патента, автор модернизировал игру: вместо 14 первоначально описанных фигур осталось только 10, а возможности исчезнувших были объединены в новых, комбинированных фигурах. В итоге из игры пропали пантеры, львы, тигры и несколько разных коней, зато появились фавориты, архиепископы и космические рыцари. Гиппогрифы, естественно, в игре остались. Играть в трехмерные шахматы гораздо сложнее, чем в обычные, тем не менее, сейчас популярны программы для персональных компьютеров, реализующие шахматы Когбетлянца, которые называют также космическими или кубическими.

## Консультант IBM

Появление первых массовых ламповых компьютеров привело к необходимости разработать математическое обеспечение их функционирования, и в июне 1952 г. корпорация IBM пригласила Когбетлянца математиком-консультантом в свой нью-йоркский Центр обработки данных. Были поставлены две задачи: интерпретация гравитационных и магнитных аномалий на компьютерах и оптимальное компьютерное вычисление значений стандартных математических функций, что принесло обильные плоды.

Исключительно продуктивной оказалась идея Ерванда Геворговича привлечь к вычислениям так называемые аппроксимации и таблицы Паде. Французский математик Анри Эжен Паде (1863—1953) в конце XIX в. написал несколько десятков статей по приближенному представлению функций в виде отношений полиномов, получаемых из их разложений в ряды. Однако широкому кругу математиков его достижения стали известны лишь после того, как Борель изложил их в 1901 г. в своих упомянутых уже лекциях по расходящимся рядам. У Когбетлянца эта книга, можно сказать, была настольной, к тому же он, скорее всего, был лично знаком с самим Паде, так что фундаментальные знания проблем аппроксимации помогли ему в кратчайший срок добиться крупных успехов в решении поставленных задач. В конце 50-х годов он подготовил серию статей по вычислению значений тригонометрических функций, корней и экспонент, а в 1960 г. вышла в свет известнейшая коллективная монография «Математические методы для цифровых компьютеров», для которой

им написана глава «Генерация элементарных функций» [16].

Что касается применения компьютеров в геофизике, то в 1956 г. Ерванд Геворгович опубликовал одну из первых статей в данной области: «Электронные компьютеры помогают геофизикам-интерпретаторам» [17]. В ней он прозорливо наметил пути широкого применения компьютеров для дистанционного геофизического изучения разнообразных геологических объектов.

Крупнейшее же и самое известное среди научных достижений того периода — это разработка так называемого алгоритма диагонализации матриц в процессе их сингулярного разложения, который с тех пор известен специалистам как *метод Когбетлянца* [18]. Он дает возможность устойчиво решать системы линейных алгебраических уравнений, возникающие в различных областях науки и техники. Благодаря всем этим работам Ерванда Геворговича справедливо причисляют к патриархам программирования. Главный его завет сохранился в названии одной из его французских статей: «Чтобы стать отличным программистом, надо сначала стать хорошим математиком»\*.

В конце 50-х годов в ряду научных проблем, интересовавших Когбетлянца, на первый план вышло вычисление простых чисел, особенно комплексных — их еще называют *гауссовыми простыми числами*. Результаты исследований, выполненных совместно с Алисой Крикорян и занявших более 10 лет, вышли в свет в 1971 г. в виде двухтомного справочника. В тот же период Ерванд Геворгович напряженно работал над пособиями по математике. В 1959 г. в Париже на французском языке вышел его учебник «Естественные пути и основы математики: посвящение новичков» объемом около 600 страниц, а в 1968—1969 гг. в Нью-Йорке на английском языке — четырехтомный учебник под общим названием «Основы математики с продвинутой точки зрения». Эти пособия пользуются успехом до сих пор.

\* \* \*

Последние годы в США ученый провел, трудясь главным образом в Рокфеллеровском университете в Нью-Йорке, а в конце 60-х годов вышел на пенсию и вернулся вместе с женой Евгенией в Париж. Про последний парижский период его жизни известно мало, но, судя по всему, он вновь занялся своим хобби — созданием экзотических игр, в частности, разрабатывал в компании с чемпионом мира по шахматам Робертом Фишером шахматы для трех игроков. Как и почти полвека назад, во времена патентования нового варианта тенниса, изобретателя живо интересовали игры втроем.

В августе 1972 г. Ерванда Геворговича потрясло известие о смерти в США дочери Элеоноры, преподававшей математику в престижнейшем Француз-

\* См.: Ермолаева Н.С. Указ. соч.

ском лице Нью-Йорка, но и это не сломило его дух. Он продолжил творческую деятельность и в феврале 1973 г. оформил заявку на патент под названием «Игра в шестиугольные шахматы и шестиугольное го». Вообще-то в древнейшую стратегическую игру, известную на Западе под японским названием «го» (по-китайски — «вейцы», по-корейски — «падук»), традиционно играют, как и в шахматы, на игровых досках, расчерченных горизонтальными и вертикальными линиями. Цель игры состоит в том, чтобы, помещая поочередно по одной фишке на узлы пересечения линий, отгородить в итоге своими фишками на доске большую территорию, чем противник. Предложение сменить тип симметрии досок, понятно, кардинально меняет игры. Патент FR 2216769 на это изобретение с описаниями предлага-



Портрет Е.Г.Когбетлянца из австралийской газеты («The Sydney Morning Herald», №35821 от 11 октября 1952 г.).

емых ходов шахматных фигур был выдан в августе 1974 г.

Спустя три месяца, утром 5 ноября, в 8 ч 45 мин, Когбетлянец в возрасте 86 лет скончался от рака в парижской больнице Ларибуазьер. Его тело кремировали, а прах поместили в колумбарий кладбища Пер-Лашез. Столь детальные сведения сохранились благодаря «Рапорту о смерти американского гражданина», который составили тогда в консульском отделе посольства США в Париже\*.

Трудная и бурная жизнь Ерванда Геворговича Когбетлянца на многомерной шахматной доске XX века была наполнена творчеством, и хочется надеяться, что память о нем, как об одной из креативных фигур на этой доске, сохранится в благодарной памяти потомков. ■

\* www.ancestry.com

## Литература

1. Центральный исторический архив Москвы (ЦИАМ). Ф.418.
2. *Казаров С.С.* Нахичеванское купечество (конец XVIII — начало XX века). Ростов-на-Дону, 2012.
3. *Kogbetliantz E.G.* Analogie entre les series trigonométriques et les séries sphériques au point de vue de leur sommabilité par les moyennes arithmétiques // *Annales Scientifiques de l'École Normale Supérieure*. 1923. Sér.3. V.40. P.259—323.
4. *Hardy G.H.* Divergent series. Oxford, 1949.
5. *Kogbetliantz E.G.* Somme des séries et intégrales divergentes par les moyennes arithmétiques et typiques // *Mémoires des Sciences Mathématiques*. 1931. Fascicule 51. P.1—84.
6. *Kogbetliantz E.G.* Three-weighted torsion balance. US Patent №1727660. 1929.
7. *Fomalont E.B., Kopeikin S.M.* The measurement of the light deflection from Jupiter: experimental results // *Astrophysical Jour.* 2003. V.598. №1. P.704—711.
8. *Kogbetliantz E.G.* Sur la vitesse de propagation de l'attraction // *Comptes Rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences*. 1928. V.186. P.944—946.
9. *Kogbetliantz E.G.* Sur la vitesse de propagation de la gravitation // *Comptes Rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences*. 1930. V.191. P.30—31.
10. *Kogbetliantz E.G.* Sur la vitesse de propagation de la gravitation // *Annales de Physique*. 1931. Sér.10. V.16. P.71—98.
11. *Kogbetliantz E.G.* L'humanité subit-elle l'influence des taches solaires? // *Le Journal de Téhéran*. 5 Mars 1937.
12. Artists, intellectuals, and World War II: the Pontigny encounters at Mount Holyoke College, 1942—1944. Amherst, 2006.
13. *Kogbetliantz E.G.* Quantitative interpretation of magnetic and gravity anomalies // *Geophysics*. 1944. V.9. №4. P.463—493.
14. *Kogbetliantz E.G.* Estimating depth and excess-mass of point-sources and horizontal line-sources in gravity prospecting // *Geophysics*. 1946. V.11. №2. P.195—210.
15. *Kogbetliantz E.G.* System for measuring magnetic fields. US Patent №2590979. 1952.
16. *Kogbetliantz E.G.* Generation of Elementary Functions // *Mathematical methods for digital computers*. V.1. N.Y., 1960. P.5—35.
17. *Kogbetliantz E.G.* Electronic computers aid geophysical interpreters // *Oil and Gas Jour.* 1956. V.54. №67. P.136—139.
18. *Kogbetliantz E.G.* Solution of linear systems by diagonalization of coefficients matrix // *Quarterly of Applied Mathematics*. 1955. V.13. №2. P.123—132.

# Семья и геоботаника

А.М.Гиляров,

доктор биологических наук

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова

Странное чувство испытываешь, читая опубликованные воспоминания человека, с которым ты был хорошо знаком, но как выясняется, знаешь о нем очень мало. Речь идет о книге «Записки о пережитом» Анастасии Михайловны Семенов-Тян-Шанской (1913—1992), известного геоботаника, доктора биологических наук, автора множества статей и нескольких книг, в том числе научно-популярных. Эта книга подготовлена к печати ее племянником М.А.Семеновым-Тян-Шанским, математиком, доктором наук, и его женой А.Ю.Заднепровской, кандидатом исторических наук, этнографом, музейным работником. Именно им, проделавшим огромную работу по составлению подробного комментария, аннотированного указателя упомянутых лиц, подбору фотографий и написанию вступительной статьи, мы должны быть благодарны за появление этой замечательной и во многом необычной книги, вышедшей к 100-летию автора.

Анастасию Михайловну (АМ) я хорошо помню с детства. С ней еще в начале 1950-х годов познакомился мой отец Меркурий Сергеевич Гиляров. Изучая обитающих в почве беспозвоночных, он тесно сотрудничал с почвоведом и геоботаником. Бывая в Ленинграде довольно часто, папа всегда старался навестить АМ, а она, оказываясь в Москве, приходила в гости к нам. А я, еще школьником, в 1957 г. ездил с отцом в экспедицию в Центрально-Черноземный заповедник, где тогда работала и АМ. Именно ей и К.В.Ар-

нольди я был оставлен на попечение, когда папе пришлось срочно уехать в Москву. Потом, будучи взрослым, приезжая в горячо любимый Ленинград, всегда заходил к Семеновым и даже иногда у них останавливался. Адреса их я никогда не помнил, знал только, что на 8-й линии Васильевского острова надо искать дом с мраморной доской, сообщающей, что именно здесь жил великий путешественник Петр Петрович Семенов-Тян-Шанский, ну а далее уже налево по лестнице — все просто.

АМ жила вместе со своей младшей сестрой Верой Михайловной, преподавательницей английского языка, и ее сыном Мишей (он и подготовил издание этой книги). У них были три комнаты в коммунальной квартире, когда-то принадлежавшей семье Семеновых. Две комнаты побольше занимали сестры, а в маленькой, между ними, стоял круглый стол, за которым обедали, пили чай и вели интересные разговоры. Обе сестры были горячими патриотами и знатоками своего города. Иногда, когда случалось пройти вместе с АМ по Васильевскому острову, узнавал массу интересного, она знала историю почти каждого дома. Именно АМ рассказала мне, что самый лучший путеводитель по Петербургу написан химиком В.Я.Курбатовым. Я читал эту редкую книгу, когда гостил у АМ, а потом уже в Москве купил ее, к великой радости, в букинистическом магазине.

Хотя АМ всего на три года старше сестры, Веры Михайловны, она всегда чувствовала перед ней особую ответственность и, действительно, была старшей в доме. Дело в том, что когда их



**А.М.Семенова-Тян-Шанская.** ЗАПИСКИ О ПЕРЕЖИТОМ. Сост. М.А.Семенов-Тян-Шанский и А.Ю.Заднепровская.

СПб.: Анатолия, 2013. 340 с., ил.

© Гиляров А.М., 2013



Стана, Кирилл и Вера Семеновы. 1930 г.

мать Эми Парланд умерла от туберкулеза, Стане (так называли АМ ее близкие) было шесть лет, а Вере всего три года, и считалось, что она мать не помнит. У Анастасии Михайловны своих детей не было, но сына сестры, Мишу, а потом его детей она считала своими. Особое почтительное отношение к тете Стане невольно ощущал и я, когда бывал у них в гостях.

Свои воспоминания АМ писала в последние годы жизни, отягощенные постоянной борьбой с серьезным заболеванием сердца. Она торопилась подробно рассказать о многих замечательных людях, с которыми ее свела судьба, и, конечно, о детстве, родителях, родственниках и друзьях, столь милых ее сердцу. Она вообще отличалась необычайной доброжелательностью, умением располагать к себе людей и со многими поддерживать дружбу.

В книге несколько больших разделов. Первый посвящен раннему детству в Петрограде, потом переезду и жизни в Череповце (1917–1924), возвращению в Ленинград, живому описанию «Майской школы», основанной еще в XIX в. знаменитым педагогом Карлом Ивановичем Маем, где учились многие Семеновы. Затем следует большая глава об обширном семействе

Парландов, потомках английских предков, давно осевших в России, о матери АМ и тете Але — Алисе Андреевне Парланд (1874–1938), переехавшей к Семеновым после смерти сестры и взявшей на себя все заботы. В заключение идут главы, относящиеся уже к более позднему времени и включающие два очерка о ближайших коллегах по работе в 1930-е годы в Ботаническом институте Академии наук, БИНе, как всегда называли его и называют до сих пор.

Читая воспоминания АМ, поражаешься ее памяти, в том числе на мельчайшие детали, и умению все это изложить прекрасным русским языком. «Красной нитью через все мое детство проходила война или ее угроза. Я себя помню маленькой — мы живем в Петрограде на Васильевском острове... Живем: мама, я, няня... тетя Аля — мамина сестра (Алиса Андреевна Парланд), дядя Дида — мамин брат (Андрей Андреевич Парланд), — живем в большой квартире. А папы у нас нет — папа на войне. Где война, я не знаю, — там страшно, там убивают, и мама всегда боится за папу» (с.13). Судьба отца, Михаила Дмитриевича Семенова-Тян-Шанского (1882–1942), географа, статистика, доктора географических наук, крайне непростая. Во время Первой ми-

ровой войны он служил в армии, был контужен, а в 1918 г. каким-то чудом избежал гибели при массовых казнях офицеров в Крондштадте. По одной из версий за него заступились матросы, служившие ранее под началом его брата, морского офицера Николая Дмитриевича Семенова-Тян-Шанского.

Когда я первый раз мельком проглядывал книгу, мне показалось, что избыточное деталями описание квартиры, где прошло раннее детство АМ, если и будет представлять интерес, то только как элемент сугубо семейной хроники, предназначенной для самых близких. Казалось, ну что интересного в том, какого цвета были занавески на окнах или где стоял самоварный столик. Но когда начинаешь внимательно читать весь текст, фразу за фразой, страницу за страницей, то странным образом вдруг чувствуешь себя захваченным этим подробным описанием домашней обстановки. Может быть, мое восприятие объясняется тем, что я сам несравненно хуже помню свое раннее детство, прошедшее на конец 1940-х годов. Но те детали быта, что сохранились у меня в памяти, все же чем-то напоминают описания АМ. Мне кажется, что современный быт и вся домашняя обстановка стали принципиально другими, по крайней мере в Москве.

Из Петрограда в 1917 г. Семеновы-Тян-Шанские уезжают в Череповец, где живут в большой семье у родственников матери то в самом городе, то в имении в его окрестностях. Глава семейства, Иван Васильевич Петрашень — инженер-гидротехник, руководивший работами по совершенствованию системы шлюзов на р.Шексне, а затем возглавивший обустройство Северо-Двинского водного пути. Как пишет АМ, жизнь в Череповце и его окрестностях она помнит очень хорошо. Когда они туда приехали, ей было всего четыре года, а когда уехали, уже 11 с половиной. Из Череповца отец отвез в Петроград, в больницу,

их мать, когда стало ясно, что обострившийся туберкулез (болезнь, затронувшая многих в семье Парландов) не оставлял ей никаких шансов на выживание. Вернулся отец уже без мамы. Впрочем, нельзя сказать, что Стана и Вера остались сиротами. Настоящих сирот в семьях Семеновых-Тян-Шанских, Петрашеней и Парландов не было. Дети, лишившиеся рано родителей, сразу же оказывались на попечении родственников, становились членами их семей. Хотя, конечно, проблемы и трудности были. В разделе «Примечания и дополнения» приводится фрагмент письма отца АМ, Михаила Дмитриевича, своему дяде Андрею Петровичу Семенову-Тян-Шанскому (из Череповца в Петроград, в феврале 1920 г.): «...конечно, я очень благодарен Алисе Андреевне, которая так самоотверженно заменила им мать,— но увы, никто никогда не заменит матери... Особенно это бывает тяжело, когда Станочка начинает тосковать, забьется в угол, устанется в одну точку и на вопрос, что с тобой, отвечает — я хочу — маму» (с.305). Значительно позже, уже в Петрограде, Михаил Дмитриевич и Алиса Андреевна по-настоящему сблизятся и даже поженятся, хотя брак свой будут скрывать от Станы и Веры, боясь задеть их чувства к матери.

Глава о жизни в Череповце читается с огромным интересом. Это касается как быта и обстановки в семье, так и описания самого города и его окрестностей. Взгляд полевого биолога, хорошо разбирающегося не только в геоботанике, но и в ландшафтоведении, нельзя не почувствовать. Конечно, это уже интерпретация специалиста, комментирующего свои детские воспоминания, но ведь они очень точные. Вот начало одного из разделов: «Мы выехали в Череповец весной 1917 г., видимо, в конце мая, потому что в парке у Петрашеней в это время уже отцвели фиолетовые хохлатки (*Corydalis*), и мы с мамой в первый день по

приезде собирали букет белых звездочек — звездчатки (*Stellaria holostea*), которая цветет в конце мая» (с.39).

К сожалению, в журнальной рецензии невозможно подробно охарактеризовать все главы книги, хотя они того и заслуживают. Остановлюсь только на двух последних, касающихся работы АМ по специальности. В 1931 г. она пыталась поступить в Ленинградский университет: ее туда не приняли «из-за социального происхождения», но попасть на заочное отделение удалось. Еще раньше, после окончания школы, она без всякой оплаты начала работать в гербарии при Ботаническом музее Академии наук. Затем музей слили с Главным Ботаническим садом в единый Ботанический институт (БИН АН СССР). Работая в Кавказском гербарии, АМ познакомилась с известным ботаником, профессором Николаем Адольфовичем Бушем (1869—1941) и его женой Елизаветой Александровной Буш (1886—1960).

Чету Бушей АМ описывает очень колоритно. Так и видишь перед собой высокого, грузного, с пышными белыми волосами и аккуратно подстриженной бородой Николая Адольфовича, а рядом — в длинном черном платье, гладко причесанную, с сжатыми губами и маленькими острыми глазками Елизавету Александровну. Николай Адольфович тяжело поднимается по лестнице, останавливаясь на каждой площадке. Он приветливо улыбается и здоровается с каждым спускающимся или поднимающимся (и обгоняющим его) сотрудником БИНа. А рядом Елизавета Александровна, которая перегоняет Николая Адольфовича, ни на кого не смотрит и ни с кем не разговаривает. Она, по словам АМ, не любила БИН и его сотрудников, считая, что настоящие ботаники были только в Ботаническом музее, где она с Николаем Адольфовичем и проработала долгие годы. Елизавета Александровна была властной натурой,

отличалась непростым характером и была крайне не воздержана на язык, всю употребляя нецензурную лексику.

По просьбе Буша летом 1936 г. АМ командировали на недавно организованный им Юго-Осетинский горный луговой стационар БИНа. В небольшой отряд кроме четы Бушей и АМ входили еще два студента старших курсов. Поездка была в высшей степени познавательной, а в житейском плане аскетичной. АМ подробно описывает путь, сделанный ими на лошадях от Цхинвали (тогда Сталинири) до селения Среднее Эрмани и далее подъем вдоль реки Эрмани-Дон, вплоть до небольшой террасы на левом склоне ущелья, где и располагался стационар, точнее, его «усадебка». Никаких зданий еще не было — один каменный дом только начинали строить. Просто поставили четыре палатки, сделали деревянный стол и скамейки.

Буши спали в палатке не раздеваясь, укрываясь только бурками. Елизавета Александровна под голову подкладывала казачье седло, а Николай Адольфович — маленькую кожаную подушку. АМ пишет, что не понимала ни тогда, ни впоследствии, почему три с половиной месяца Буши жили в столь неудобных условиях. Но это был стиль Елизаветы Александровны. Еще в мои школьные годы АМ рассказывала, что тем, кто ездил в экспедицию с Буш (речь шла именно о Елизавете Александровне), никакие лишения, в частности однообразная еда, не страшны. Е.А.Буш покупала на все лето пшено и ели только его, хотя изредка удавалось купить барана.

Николай Адольфович, приезжавший в эти места много лет, пользовался огромным авторитетом у местных жителей. Его, как и Елизавету Александровну (ее называли ЛизА, с ударением на последний слог), все знали. Но и они знали все про жителей окрестных сел, при первой же встрече расспрашивали о слу-





Анастасия Михайловна Семенова-Тян-Шанская.

чившемся за год, многим привозили подарки, которые специально покупала Елизавета Александровна. По приезду выяснилось, что Николай Адольфовича ждет еще совершенно особое дело — к нему обратились старейшины одного из сел с просьбой прекратить кровную вражду между двумя семействами и предотвратить тем самым убийство ребенка. Как происходило само примирение (а это целый ритуал, состоявший из нескольких этапов), которого с помощью Буша все же удалось достичь, также детально описано.

Работа АМ была направлена на подробное изучение микроклимата и фенологии растений разных сообществ субальпийских лугов. Для оценки физических параметров использовали много дорогого оборудования. Так, около лагеря находились английская будка с термометрами, дождемер и самописцы (гидрограф и термограф), установленные на высоте травостоя и на почве, а также и в других местах ущелья на разных участках и разных высотах. Температуру измеряли регулярно не

только на поверхности почвы, но и на разной глубине.

Сегодня повышенное внимание к исключительно физическим параметрам среды (измеряли только температуру и влажность) может вызвать удивление. Тогда еще не было речи о биотических взаимоотношениях (прежде всего конкуренции среди самих растений), но их наличие, конечно, подразумевалось. Не изучался и химический состав почв, хотя сейчас мы понимаем, сколь важно знать содержание доступного растением азота, чтобы понять, могут ли существовать те или иные виды в том или ином месте. Это был идущий еще от Александра Гумбольдта типичный для того времени подход. Позже, уже во второй половине XIX в., его блестяще продолжили швейцарские исследователи, которые в Альпах оценивали возможность произрастания определенных видов растений на разных высотах в зависимости от необходимого общего количества получаемого тепла (суммы градусо-дней).

Любопытно сейчас читать, что работы Буша и идея организации стационара активно поддерживались руководством автономной области и лично председателем ЦИК И.П.Джиджоевым. В 1936 г., по окончании полевого сезона, все приехали на несколько дней в Цхинвали, где Буш делал большой доклад непосредственно в ЦИК республики. На заседании присутствовали не только ответственные работники, но и учителя, сотрудники краеведческого музея и даже врачи. К докладу тщательно готовились. Богатый иллюстративный материал не сводился к традиционным диаграммам и графикам. АМ и студентка Дита заранее выкапывали и сушили разные растения, а потом наклеивали их на большие листы бумаги, изготавливая своего рода муляжи травостоя, отражающие его структуру. Большой интерес вызвала также деятельность Елизаветы Александровны

по устройству около стационара питомника кормовых трав. Работа Бушей имела важное практическое значение, и они умели показать это широкой публике. Позже, уже во время войны, Елизавета Александровна одна (Николай Адольфович скончался летом 1941 г. по пути в эвакуацию из Ленинграда) в очень непростых условиях продолжила исследования на стационаре в Южной Осетии. Ей удалось ввести в культуру несколько растений и прежде всего — картофель, который раньше в Эрмани не сажали.

Поскольку в экспедиции всегда составляли гербарий, то возникла проблема его переправки в Ленинград. Здесь я не могу удержаться и не привести слова АМ, свидетельствующие о тогдашнем уважении властей к науке, а кроме того о том, как работала почта: «В 1930-х гг. в наркомате связи еще действовал указ Петра I о том, что все посылки с научными материалами, адресованные в Академию наук, шли бесплатно. Буши всегда отправляли гербарий сразу, как только высохли все растения, не оставляя сухие листья, боясь чтобы растения не отсырели. Когда мы все вернулись в Ленинград, в Кавказском гербарии нас ожидала уже большая груда посылок» (с.226).

Следующим летом, в 1937 г., АМ по собственной инициативе начала изучать распределения корней и других подземных органов луговых растений. Идея зародилась еще зимой под влиянием бесед с докторантом М.С.Шальтым, который первым разработал специальную методику выкапывания корней. Эту работу поддержал Николай Адольфович, но не Елизавета Александровна, с которой началась размолвка. Летом на стационаре некоторое время работал сотрудник БИНа геоботаник Феодосий Викторович Самбук, специалист по тундровой растительности. Буши его очень любили и ценили. Он также поддержал начинание АМ ис-

следовать положение подземных органов растений, а кроме того предложил сделать подробную карту растительности всех трех эрманских ущелий. Его предложение все подхватили, и работа началась тем же летом. Но когда Самбук вернулся в Ленинград, его арестовали и осенью того же года расстреляли (подробности стали известны много позже). Вскоре пришли печальные новости об арестах в руководстве Южной Осетии: в том же 1937 г. был репрессирован и расстрелян Джиджоев, хорошо знавший и всегда горячо поддерживавший работы Буша и организацию им стационара. Николай Адольфович тут же отправил АМ и студентов в Ленинград.

Началось очень тяжелое время для БИНа. Осенью 1937 г. и следующей зимой один за другим были «изъяты» ведущие сотрудники — А.С.Порецкий и Ю.Д.Цинзерлинг, совмещавший тогда должности заведующего отдела геоботаники и директора БИНа. Дело Порецкого пытались пересмотреть (по инициативе его брата при поддержке академика В.Н.Сукачева и президента Академии, ботаника В.Л.Комарова), но он умер в тюремной больнице. В тюрьме в 1939 г. скончался и Цинзерлинг. Жертвами репрессии 1937—1939 гг. стали многие коллеги и знакомые АМ. Она приводит их имена. Читать об этом даже сейчас тяжело. Боль в каждой фразе.

Последняя глава книги посвящена сотрудникам, работавшим в отделе геоботаники БИНа в конце 1930-х годов и в самом начале войны. Любопытны впечатления АМ, оставшиеся от заезжавших на семинар Отдела иногородних ученых. Тогда в ходу были дискуссии на объявленные заранее темы. В частности, большую популярность получила дискуссия «Что такое геоботаника?». На нее приехал В.В.Алехин, глава московской школы геоботаников, организатор и заведующий кафедрой геоботани-

ки МГУ: «Алехин поразил мое воображение своим барским холемым видом. С усиками и острой бородкой, галстуком-бабочкой, золотой цепочкой в кармане жилета, каким-то медленным шагом. Он резко отличался своим костюмом, манерами от затрепаных, старых костюмов наших сотрудников и их простого обращения. Он был “барин”, московский барин, который приехал свысока посмотреть на тех, кто пытается противоречить ему» (с.243). Яркое незабываемое впечатление осталось у АМ от приезда и выступления Л.Г.Раменского, рассказавшего о своих методах исследования фитоценозов и о своем понимании задач фитоценологии: «Весь зал был увешен графиками в 2-х и 3-х измерениях, понять которые с первого взгляда было трудно. Раменский — высокий, по-своему красивый, напоминающий Райнеке-Лиса из старой немецкой сказки, ходил по залу, объяснял графики, обходя слушателей. Доклад вместе с обсуждением длился больше шести часов, до позднего вечера» (с.243).

Сейчас мы понимаем, что Раменский своими выполненными еще в 1920-х годах работами обогнал время, но не был понят современниками. Он писал о том, что фитоценозы присутствуют скорее в головах исследователей, но не в природе. Он подчеркивал, что внимание должно быть направлено на распределение и развитие самих растений. Кроме того, уже тогда он писал о многомерности растительного подхода. АМ пишет, что и после отъезда Раменского в Отделе было много споров и разговоров о его методике, о его понимании фитоценозов. Но в ретроспективе мы понимаем, что никакого развития эти идеи в то время не получили. Примерно тогда же в США совершенно независимо высказывал очень похожие мысли А.Глисон, но они также не были восприняты. Сообщество геоботаников оказалось неподготов-

ленным к отказу от традиционного подхода.

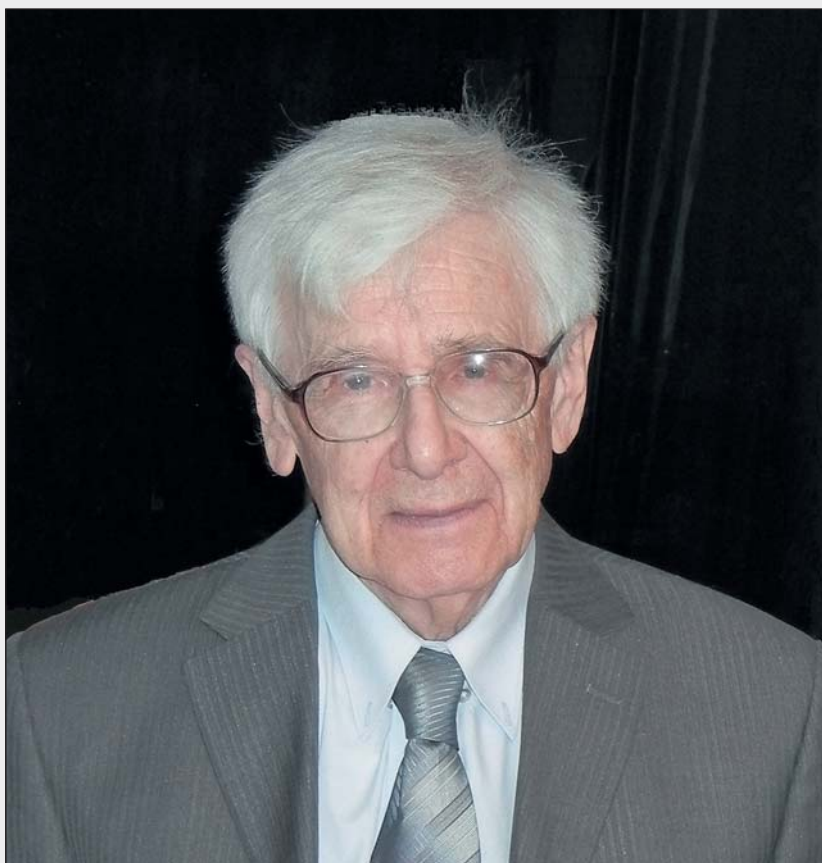
Последние страницы книги — это начало войны, блокада. Об этом написано очень много, но ведь у каждого пережившего — свой опыт, свои личные воспоминания. Так, про один из осенних дней 1941 г. АМ пишет: «...во время обстрела пришлось ползти по Гренадерскому мосту. А когда бомба упала в парк БИНа рядом с пальмовой оранжереей, и я пришла туда через полтора часа, было очень страшно. Все стекла в оранжерее вылетели, мороз был  $-15^{\circ}$ , и сквозь скелеты перекрытий оранжереи видны были погيبшие пальмы. Я пришла в ботанический сад к С.Я.Сokolovu, он сидел в своем кабинете и плакал» (с.281). Несмотря на чрезвычайно тяжелое положение с продовольствием, на болезни и смерти людей от голода, в институтах даже происходили защиты диссертаций: 9 декабря защитил докторскую отец АМ, а 26 декабря состоялась ее собственная защита кандидатской. Когда 26-го утром она шла на свою защиту, на Тучковом мосту ей повстречалась женщина, которая ее вдруг поцеловала и воскликнула: «Хлеба прибавили! Знаешь? Рабочим до 250 г, а служащим — 200 г». Стало ясно, что заработала Ладожская трасса.

Чтобы как-то поддержать отца, пришлось убить и съесть премированную собаку Нору. На нее Общество кровного собаководства выделяла раз в месяц ошметки мяса, но, как пишет АМ, Норе доставались от этого пайка только крохи.

Отец умер в конце января. Смерть просто косила знакомых и родственников. Отдел геоботаники с декабря 1941 г. до середины марта 1942 г. потерял четырех докторов наук (В.П.Малева, А.И.Лескова, А.В.Прозоровского, Н.Ф.Комарова) и двух кандидатов (Я.Я.Васильева и К.И.Солоневича), самых талантливых сотрудников, как замечает АМ. Книга кончается на печальной ноте, но светлое чувство памяти не покидает читателя. ■

# ***Редеет ближний круг...***

*Памяти Астона Антоновича Комара*



Астон Антонович Комар  
19.03.1931—23.05.2013

С глубоким прискорбием приходится сообщать, что в рядах нашей редакционной коллегии снова невосполнимая потеря. 23 мая на 83-м году жизни после тяжелой продолжительной болезни скончался Астон Антонович Комар, заместитель главного редактора журнала по разделу «физика», доктор физико-ма-

тематических наук, заведующий лабораторией электронов высоких энергий Физического института им.П.Н.Лебедева РАН.

Вся жизнь Астона Антоновича была связана с ФИАНом, в аспирантуру которого он поступил ровно 60 лет назад, когда с отличием окончил физический факультет Московского

государственного университета им.М.В.Ломоносова. Его научное мировоззрение сформировалось под влиянием учителей, выдающихся ученых 20 столетия Моисея Александровича Маркова и Абдуса Салама.

Астон Антонович сам был ярким и неординарным ученым с широкими научными интересами, энциклопедическими знаниями и отточенной эрудицией. Свою научную деятельность он посвятил изучению физики элементарных частиц и внес значительный вклад в развитие этого направления. Им был сделан ряд фундаментальных открытий, которые не потеряли своей актуальности и по сей день.

Лабораторию электронов высоких энергий Комар возглавлял с 1978 г. и до последних дней. За это время научная проблематика лаборатории существенно обновилась. Исследования по физике высоких энергий были перенесены на крупнейшие отечественные и зарубежные ускорители (Серпухов, ЦЕРН). Быстро развивались работы, связанные с применением синхротронного излучения от ускорителя С-60 ФИАНа, укрепились и расширились международные контакты. Лаборатория приняла активное участие в создании детектора АТЛАС для Большого адронного коллайдера (ЛНС), в частности разработала систему считывающих электродов для торцевых криогенных жидкоаргоновых адронных калориметров, что во многом определило успех экспериментов, выполненных в ЦЕРНе. Комар и его сорудники принимали непосредственное участие в работах, подтвердивших существование бозона Хиггса. Астон Антонович был представителем ФИАНа, ответственным за проект АТЛАС. Его заслуги были отмечены в 2011 г. присуждением премии имени академика М.А.Маркова «За большой вклад в теоретические и экспериментальные исследования в физике элементарных частиц».

Астона Антоновича отличала широта кругозора и неподдельный интерес к самым раз-

ным областям науки, который не ограничивался лишь теоретической и экспериментальной физикой. В последние годы он руководил также междисциплинарными исследованиями, на пересечении нескольких областей физики, биологии и медицины.

Комар был признанным экспертом в ряде областей физики. Многие годы он был членом ученого совета ФИАНа, научного совета Института ядерной физики РАН, Научного совета по общегосударственной программе «Физика высоких энергий». Будучи членом редколлегии «Большой Российской энциклопедии», а также ряда научных журналов, много времени и сил он уделял распространению научной информации и популяризации науки. В журнале «Природа» Астон Антонович пришел 30 лет назад, сначала вошел в состав редколлегии, а с 1994 г. стал заместителем главного редактора по физике, не уклоняясь при этом и от роли постоянного автора. Всегда был на первых ролях, участвовал во всех событиях жизни журнала, принимая близко к сердцу трудности, столь частые в последние годы. Комар живо интересовался историей физики и историей ФИАНа. Одной из последних его научно-исторических работ стало издание альбома о Сергее Ивановиче Вавилове и подготовка ряда публикаций о Петре Николаевиче Лебедеве.

Комар воспитал несколько поколений молодых ученых. Его отличало внимательное отношение к людям и их проблемам. Все, кто знал Астона Антоновича, хорошо помнят его доброжелательность, отзывчивость, живой ироничный ум, жизнелюбие. Это был поистине человек чести и долга, бескорыстно отдававший свою жизнь науке.

Память об Астоне Антоновиче Комаре надолго сохранится в сердцах его родных, друзей, коллег, учеников и всех, кому довелось знать этого необыкновенного, яркого и талантливое человека.

# К Полюсу относительной недоступности

**И.А.Мельников,**  
доктор биологических наук, почетный полярник  
Институт океанологии им.П.П.Ширшова РАН  
Москва



В январе 2007 г. три британских подданных Ее Величества королевы Елизаветы II (Rory Sweet, Rupert Longsdon, Henry Cookson) в сопровождении опытного канадского полярного гида (Paul Landry), используя комбинацию лыжи — крылообразный парашют, преодолели в Антарктиде расстояние от континентальной российской станции «Новолазаревская» в 1756 км и достигли Полюса относительной недоступности.

Первое посещение этого района состоялось в период проведения Международного геофизического года, когда 13 декабря 1958 г. санно-гусеничный поезд Третьей советской антарктической экспедиции (САЭ-3) прибыл в географическую точку с координатами 82°06' ю.ш., 54°58' в.д. Руководил экспедицией герой Советского Союза Е.И.Толстиков. Посещение этого технически труднодоступного места Антарктиды, равноудаленного от бережий Южного океана, не было самоцелью экспедиции. Ее цель заключалась в проведении геофизических работ по трассе, максимально представительной для всей Восточной Антарктиды. И 14 декабря здесь была открыта советская внутриконтинентальная станция «Полюс недоступности» с метеоплощадкой, радиомачтой и балком (жилым домиком), на крыше которого полярники установили пьедестал с бюстом В.И.Ленина. Внутри балка была оставлена книга для посетителей, в которой каждый добравшийся до станции мог оставить запись. Любопытно, что за прошедшие 50 лет взглянуть на бюст Ленина и попытаться открыть гостевую книгу удалось только упомянутой выше британской туристической группе. Как это случилось?

Прежде всего — о самой экспедиции, поскольку в конце января 2007 г. мне посчастливилось лично общаться со всеми ее участниками: сначала на борту



Участники британской экспедиции на борту НЭС «Академик Федоров». Слева направо: Генри (Henry Cookson), Пол (Paul Landry), Руперт (Rupert Longsdon) и Рори (Rory Sweet). На мониторе — бюст Ленина.

Фото автора

научно-экспедиционного судна (НЭС) «Академик Федоров» на переходе от станции «Прогресс» к Кейптауну, а затем на презентации их группы в этом замечательном африканском городе апартеида. Мой рассказ основан на анализе как официальной опубликованной информации, так и личных впечатлений от бесед «за рюмкой чая» на борту ледокола.

Выступая в столовой команды «Академика Федорова», парни поведали о возникновении идеи этой экспедиции, рассказали о переходе, показали снаряжение, специально изготовленное для такого рода путешествия. Самое интересное, что они не имели никаких представлений о том, что в сердце Антарктиды, куда за 50 лет не ступала нога человека, они увидят дорогого нам Ильича.



Советская станция «Полюс недоступности» в 1958 г.



Схема, показывающая способ движения и управления системой парашют—лыжник—сани.

Здесь и далее фото руководителя экспедиции Г.Куксона



Британская экспедиция у Полюса относительной недоступности. 17 января 2007 г.

Экспедиции предшествовали длительные тренировки британцев на ледниках Гренландии и в морских льдах Арктики. Пол Лэндри, взятый в качестве полярного гида, имел уже за плечами четыре трансантарктических и три трансарктических похода. Его опыт, несомненно, сыграл существенную роль в успехе предприятия. Путешественники в ноябре 2006 г. вылетели из Кейптауна на российскую станцию «Новолазаревская», откуда их вместе со всем снаряжением перебросили вертолетом к месту старта.

Парни выбрали для передвижения самую традиционную и исторически проверенную движущую силу — *силу ветра!* Антарктический мир, безусловно, один из самых ветреных на нашей планете. Известно, что ледовый щит в центральных районах Антарктиды почти на 4 км

выше уровня океана. Известно также, что существует большая разница в давлении и температуре между холодными центральными районами континента и более теплыми районами Южного океана. Эти различия создают условия для относительно устойчивого ветра между двумя разными климатическими зонами. Чтобы продвигаться на сотни километров в глубь континента по твердому, спрессованному холоду и шершавому, как наждак, насту, путешественники решили использовать лыжи в сочетании с крылообразным парашютом — кайтом (с англ. kite — воздушный змей). Схема такова: одной стропой парашют прикрепляется к специальному поясу на талии лыжника, и тот усилиями рук и ног и с помощью второй стропы управляет парашютом. Сзади же к поясу привязаны сани с провиантом и необходимым снаряжением. Если учесть, что расчетный вес всего снаряжения составлял на старте по 300 кг на каждого, то можно представить, как «комфортно» было парням в такой лошадиной сбруе! Итак, старт дан.

4 декабря при слабом ветре и температуре воздуха всего  $-2^{\circ}\text{C}$  здоровые и тренированные парни, полные энтузиазма, двинулись к заветной цели, лежащей в самом центре континента. На второй день они продвинулись на 150 км при средней скорости 18 км/ч. Хотя Антарктида славится сильными ветрами, в их походе случались периоды полного штиля. Из первых восьми дней пути шесть оказались безветренными. Но просто компенсировались быстрыми переходами при сильном ветре. В один из дней (в середине пути) при ветре 36 м/с лыжники двигались без остановки 10 ч и прошли 184 км. В сильный ветер максимальная скорость движения достигала 40 км/ч (при средней скорости за день 25 км/ч). При устойчивом ветре они иногда шли по 30 ч, делая непродолжительные остановки на отдых. Если учесть, что в те-



Маршрут перехода британской экспедиции от станции «Новолазаревская» к Полюсу относительной недоступности и перелета на самолете через станцию «Восток» к станциям «Прогресс» и «Молодежная».



Генри Куксон пытается докопаться до входной двери в жилой дом, не подозревая о предстоящем разочаровании.



чение всего путешествия температура воздуха часто опускалась до  $-57^{\circ}\text{C}$  (а в среднем составляла  $-35^{\circ}\text{C}$ ) и переход проходил при сильных ветрах на высоте более 3000 м, то можно склонить головы перед мужеством парней, наградой которым был вид сияющего золотом бюста Ленина, полвека в одиночестве величественно украшавшего безжизненные просторы Антарктиды.

Цель достигнута. Рекорд путешественников позже занесли в книгу Гиннеса: за 49 дневных переходов при средней скорости 12–18 км/ч, с двухчасовыми остановками на отдых, от места старта у российской станции «Новолазаревская» до Полюса относительной недоступности пройдено 1756 км.

Впереди несколько дней ожидания самолета, который должен был вернуть их домой. Оставалось немного времени для отдыха и развлечений. Руководитель группы Генри Гуксон решил откопать дверь балка, оставить записку в гостевой книге и выпить водки, которую, по его мнению, там должны были оставить рус-

ские. Два дня работы без помощи своих коллег, отнесшихся пренебрежительно к этой затее, наконец-то подвели его к желанной цели. Каково же было его разочарование, когда оказалось, что дверь закрыта на ключ! Британец, воспитанный в духе Ее Королевского Величества, даже не пытался подумать о взломе и оставил свою затею для будущих путешественников. Господа! «Когда метель ревет, как зверь, протяжно и сердито, не закрывайте вашу дверь, пусть будет дверь открыта» (Б.Окуджава). Спустя три дня прилетел самолет DC-3 компании ALCI и забрал наших героев к теплу и людям.

Изучая материалы этой туристической экспедиции, которая, кстати, не ставила перед собой научных целей, я не мог удержаться от соблазна извлечь хотя бы какое-то научное знание из этого невероятно трудного и рискованного предприятия. И, на мой взгляд, оно нашлось — расчет скорости осадконакопления в районе Антарктиды. Мои рассуждения сводятся к следующему.

Экспедиция прибыла к «Полюсу недоступности» спустя 49 лет после открытия станции. Для косвенной оценки скорости накопления осадков нужно сравнить два снимка. На фото 1958 г. видно, что пьедестал с бюстом Ленина установлен на крыше балка высотой около 220 см (стандартный размер для всех жилых полярных домиков, сохранившийся и до сих пор). Высота же пьедестала приблизительно равна высоте балка, т.е. около 2 м. В сумме это составляет 4.2 м. Из снимка 2007 г. можно заключить, что в настоящее время на поверхности видны только половина пьедестала и сам бюст. Таким образом, общее количество накопленных осадков за 49 лет составляет около 300 см. Поделим 300 см на 49 лет и получим 6.1 см/год. Если мои расчеты верны (а я в этом не сомневаюсь), то при такой скорости накопления осадков через 25 лет будущие покорители этих широт увидят только лысину Ильича: весь бюст Ленина будет погребен в ледниковом щите Антарктиды. Навеки! ■

# ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь

**Е.А.КУДРЯШОВА**

Научные редакторы

**О.О.АСТАХОВА**

**М.Б.БУРЗИН**

**Т.С.КЛЮВИТКИНА**

**Г.В.КОРОТКЕВИЧ**

**К.Л.СОРОКИНА**

**Н.В.УЛЬЯНОВА**

**О.И.ШУТОВА**

Выпускающий редактор

**Л.П.БЕЛЯНОВА**

Литературный редактор

**Е.Е.ЖУКОВА**

Художественный редактор

**Т.К.ТАКТАШОВА**

Заведующая редакцией

**И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА**

Перевод:

**С.В.ЧУДОВ**

Корректоры:

**М.В.КУТКИНА**

**Л.М.ФЕДОРОВА**

Графика, верстка:

**А.В.АЛЕКСАНДРОВА**

Свидетельство о регистрации  
№1202 от 13.12.90

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

Адрес редакции: 119049,  
Москва, Мароновский пер., 26  
Тел.: (499) 238-24-56, 238-25-77  
Факс: (499) 238-24-56

E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 17.06.2013  
Формат 60×88 1/8  
Офсетная печать  
Заказ 1408  
Набрано и сверстано в редакции

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