

# ПРИРОДА

4 2019

РАСКРЫВАЯ  
ТАЙНЫ ВСЕЛЕННОЙ

*Как заполнялась таблица Менделеева*

С.3



# ПРИРОДА

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЙ  
ЖУРНАЛ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
Издается с января 1912 года

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

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

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

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ: Туманность Пламя в созвездии Орион. Изображение получено с помощью инфракрасного космического телескопа WISE (НАСА).  
[images.nasa.gov](http://images.nasa.gov)



© Российская академия наук, журнал «Природа», 2019  
© ФГУП «Издательство «Наука», 2019  
© Составление. Редакция журнала «Природа», 2019

## В НОМЕРЕ:

---

**3** Д.З.Вибе

### Как заполнялась таблица Менделеева

Происхождение большинства известных науке химических элементов связано с различными этапами звездной эволюции. По существу, «обитатели» ячеек таблицы Менделеева — надежные свидетельства истории нашей Вселенной, раскрывающей свои тайны по мере того, как ученым удастся приблизиться к пониманию процессов естественного нуклеосинтеза.

---

**12** А.Н.Махинов

### Оползень и цунами на реке Бурее 11 декабря 2018 года

Минувшей зимой на реке Бурее случилась невероятная по своим масштабам природная катастрофа. С крутого левого берега сошел гигантский оползень. Миллионы тонн грунта перекрыли долину, а образовавшаяся волна полностью изменила облик берегов реки и ее притоков на многие километры вокруг.

---

**23** И.А.Линге

### «Змеиное масло» нейтрофилов, или Как осечка помешала открытию

Почитательная история о том, как порой важно выбрать правильную стратегию исследования, использовать подходящие методы и подвергать сомнению результаты. В экспериментах иммунологи обнаружили некое вещество и приняли его за «фактор подавления деления Т-лимфоцитов», который синтезируют нейтрофилы. Однако на деле это оказалось не так, и Нобелевская премия не состоялась.

---

**29** А.В.Лопатин, Н.В.Зеленков

### Ископаемые эндемики из асфальтового озера на Кубе

В муниципалитете Марти провинции Матансас (Куба) есть местонахождение Лас-Бреас де Сан-Фелипе. Сотрудники Совместной российско-кубинской палеонтологической экспедиции провели раскопки и обнаружили многочисленные ископаемые остатки животных, что позволяет установить, кто обитал на острове 5–12 тыс. лет назад.

---

---

**40** А.М.Портнов

### Маггемит, рожденный в огне Попигайской астроблемы

В речных песках Якутии встречается редкий оксид железа — маггемит, имеющий состав гематита, но обладающий магнитными свойствами. Он содержит повышенные концентрации редкоземельных элементов, тория, золота и платины и может служить индикатором глубинного оруденения.

---

**46** В.Л.Державин

### Памятники полярного мореплавания: Шпицберген и Новая Земля

На островах Европейского сектора Арктики известны только два памятника полярного мореплавания, которые напрямую связаны с экспедициями, пытавшимися открыть Северный морской путь: один расположен на Шпицбергене в заливе Решерш — «лагерь В.Я.Чичагова», другой — на севере Новой Земли в Ледяной Гавани (зимовье Баренца 1596/1597 гг.).

---

## 54 АПРЕЛЬСКИЙ ФАКУЛЬТАТИВ

А.Н.Суворов

### Давайте целоваться, это не только приятно

---

**58** Р.К.Расцветаева

### Страна Тетраэдриа Минералогическая сказка

---

## 67 ВРЕМЕНА И ЛЮДИ

В.Н.Комаров, Ф.Ф.Ахунов, Р.У.Еременко

### Биостратиграфия как предчувствие К 250-летию со дня рождения Вильяма Смита

---

## 72 НАУКА И ОБЩЕСТВО

### ЖОРЕС МЕДВЕДЕВ И ЕГО «ПРОБЛЕМЫ ДОЛГОЛЕТИЯ»

М.Д.Голубовский

### Драма в истории биологии

---

**80** Ж.А.Медведев

### Проблемы долголетия Главы из недописанной книги

---

## 93 НОВОСТИ НАУКИ

Первая фотография черной дыры (93). Забота о потомстве и кормление молоком... у пауков (94).

---

## 95 НОВЫЕ КНИГИ

---

## CONTENTS:

---

**3** D.S.Wiebe

### **How the Periodic Table Was Filled in**

The origin of most of the known chemical elements is associated with different stages of stellar evolution. In essence, the “inhabitants” of the cells of the Periodic Table are reliable evidence of the history of our Universe, which reveals its secrets as scientists come closer to understanding the processes of natural nucleosynthesis.

---

**12** A.N.Makhinov

### **Landslide and Tsunami on the Bureya River on December 11, 2018**

An incredible natural disaster occurred on the Bureya River last winter: a giant landslide from the high left bank. Millions of tons of soil blocked the valley, and the resulting wave completely changed the appearance of the banks of the river and its tributaries for many kilometers.

---

**23** I.A.Linge

### **Neutrophil “Snake oil”, or How a Misfire Prevented the Discovery**

This is an instructive story about the importance of the choosing the right research strategy, usage of appropriate methods, and questioning the results. A certain substance synthesized by neutrophils available during the experiment was taken as the “suppression factor of T-lymphocyte division”. However, in reality this appeared to be not true; the Nobel Prize did not take place.

---

**29** A.V.Lopatin, N.V.Zelenkov

### **Fossil Endemics from the Asphalt Seep in Cuba**

In the municipality of Martн of the province of Matanzas (Cuba) there is the findspot of Las Breas de San Felipe. Joint Russian-Cuban Paleontological Expedition conducted excavations and discovered numerous fossil remains of animals, which allows to establish who lived on the island 5–12 thousand years ago.

---

---

**40** A.M.Portnov

### **Maghemite Born in the Fire of the Popigai Astrobleme**

The river sands of Yakutia contain a rare iron oxide — maghemite, which has hematite composition with magnetic behavior. It contains elevated concentrations of rare earth elements, thorium, gold, and platinum and can serve as an indicator of deep mineralization.

---

**46** V.L.Derzhavin

### **Monuments of Arctic Navigation on Svalbard and Novaya Zemlya**

Only two monuments of polar navigation are known on the islands of the European sector of the Arctic. They are directly related with the expeditions trying to open the North-East. One, the “V.Ya.Chichagov camp”, is located on Svalbard in Reshersch Bay, the other — on the north of Novaya Zemlya, in Ice Harbor (Barents winter camp 1596/1597).

---

**54 APRIL LECTURES**

A.N.Suvorov

### **Let’s Kiss, It’s Not Only Nice**

**58** R.K.Rastsvetaeva

### **Tetrahedria Land Mineralogical Tale**

---

**67 TIMES AND PEOPLE**

V.N.Komarov, F.F.Akhunov, R.U.Yeremenko

### **Biostratigraphy as a Premonition To the 250th Anniversary of William Smith**

---

**72 SCIENCE AND SOCIETY**

### **ZHORES MEDVEDEV AND HIS “PROBLEMS OF LONGEVITY”**

M.D.Golubovsky

### **Drama in the History of Biology**

**80** Zh.A.Medvedev

### **Longevity Problems Chapters from an Unfinished Book**

---

**93 SCIENCE NEWS**

The First Picture of a Black Hole (**93**). Parental Care and Milk Provision... in Spiders (**94**).

---

**95 NEW BOOKS**

---

# Как заполнялась таблица Менделеева

Д.З.Вибе

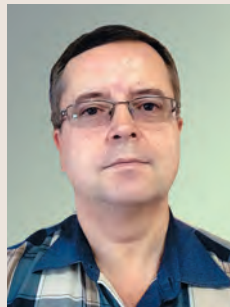
Институт астрономии РАН (Москва, Россия)

Во второй половине XX — начале XXI в. ученые синтезировали ряд не существовавших в природе химических элементов, сегодня мир на пороге новых открытий: за оганесонем, занявшим 118-е место в Периодической таблице, последуют новые сверхтяжелые элементы с неизвестными пока свойствами. Но что мы знаем об истории происхождения давно известных химических элементов нашей Вселенной? Многие (далеко не все) ее страницы прочитаны благодаря самим «обитателям» ячеек таблицы Менделеева. Практически все элементы появились на различных этапах звездной эволюции. Эта статья посвящена исследованиям, которые позволяют приблизиться к пониманию процессов естественного нуклеосинтеза.

**Ключевые слова:** Периодическая таблица Менделеева, химический элемент, эволюция Вселенной, теория Большого взрыва, первичный нуклеосинтез, эволюция звезд, термоядерный синтез, *pp*-цикл, *CNO*-цикл, вспышка сверхновой, белый карлик, *s*-процесс, *r*-процесс.

**В** 2019 г. исполняется 150 лет со дня публикации одного из самых значимых научных результатов в истории человечества — Периодической таблицы элементов Д.И.Менделеева. Согласно этой таблице, точнее, периодическому закону, выражением которого она является, химические свойства элементов меняются периодически в зависимости от свойств их ядер. Сам автор открытия считал основной характеристикой ядра его массу; мы теперь знаем, что в качестве независимой переменной нужно брать не массу ядра — суммарное количество протонов и нейтронов, а его заряд — количество протонов. Если говорить еще точнее, химические свойства элемента определяются строением электронных оболочек, а в нейтральном атоме количество электронов, естественно, равно количеству протонов.

Двадцатый век с его эволюционными нововведениями заставил взглянуть на Периодическую таблицу иначе — с точки зрения происхождения химических элементов. Мы знаем теперь, что в реальном мире «обитатели» ее ячеек отличаются друг от друга не только химическими свойствами, но и содержанием, причем не только на Земле, но и во Вселенной. Правда, в деталях мы можем измерять химический состав только Солнечной системы — в том числе самого нашего светила. Однако есть веские основания полагать, что эти данные представительны и для космологических окрестностей Земли.



**Дмитрий Зигфридович Вибе** — доктор физико-математических наук, заведующий отделом физики и эволюции звезд Института астрономии РАН, профессор РАН, член редколлегии «Природы». Научные интересы — физика межзвездной среды, астрохимия, звездообразование.  
e-mail: [dwiebe@mail.ru](mailto:dwiebe@mail.ru)

## Свидетельства истории Вселенной

Графически содержание химического элемента в солнечной фотосфере\* традиционно показывают в виде логарифма числа атомов этого элемента в расчете на 1 млн атомов кремния [1]. Если мы обратимся к рисунку, изображающему количественные соотношения нескольких элементов в фотосфере Солнца (рис.1), то сразу же заметим несколько закономерностей. В целом атомов элемента тем меньше, чем тяжелее его ядро. Это представляется вполне логичным: ядра состоят из нуклонов, и вероятность собрать в одном месте определенное количество нуклонов должна убывать с увеличением их числа. Однако есть несколько заметных отклонений от общего тренда. В частности, содержание лития (Li), бериллия (Be) и бора (B) оказывается существенно меньше, чем можно было бы ожидать для таких небольших ядер, а вот

\* Фотосфера — видимый слой Солнца, глубиной 200–300 км. —

Примеч. ред.



Рис.1. Зависимость содержания химических элементов в фотосфере Солнца от атомного номера.

железо (Fe) и никель (Ni) более распространены, чем другие элементы с близкими зарядовыми числами. Содержание элементов с четными номерами вблизи ксенона (Xe) оказывается несколько выше, и ту же особенность мы наблюдаем у свинца (Pb). Наконец, в первой десятке «солнечных» элементов доминируют так называемые альфа-элементы, ядра которых состоят из целого числа альфа-частиц, в порядке убывания: гелий (альфа-частица есть не что иное, как ядро гелия), кислород, углерод, неон, кремний, магний и сера; не относятся к альфа-элементам водород, железо и азот.

Перечисленные особенности должны в той или иной степени отражать историю появления атом-

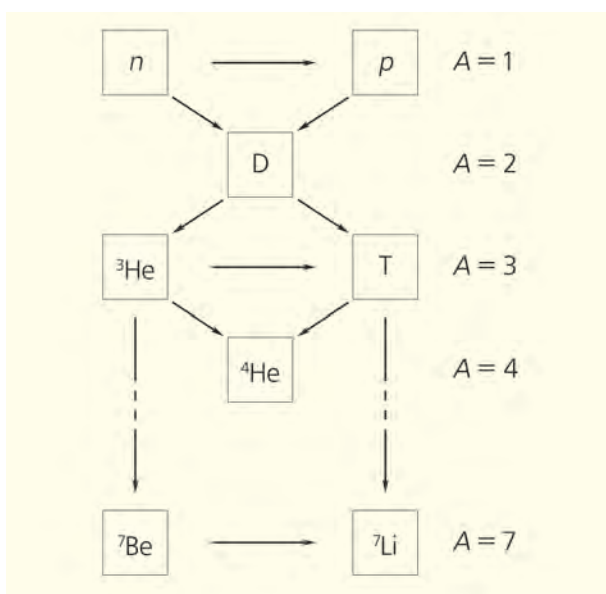


Рис.2. Реакции первичного нуклеосинтеза.  $A$  — атомная масса,  $n$  — нейтрон,  $p$  — протон.

ных ядер в нашей Вселенной. И здесь нужно сделать одно замечание. С точки зрения химических свойств элемента важен заряд соответствующего ядра, т.е. количество в нем протонов. Между тем, изучая происхождение элемента, необходимо индивидуально рассматривать его изотопы — ядра с одинаковым количеством протонов и разным количеством нейтронов. Истории изотопов одного и того же элемента могут быть весьма различными.

Стремление ученых разгадать происхождение химических элементов тесно связано с попытками объяснить происхождение Вселенной. Изначально казалось логичным предположить, что

все атомные ядра появились практически одновременно с Вселенной, сразу после Большого взрыва. Для объединения нуклонов в ядра необходимы высокие плотность и температура (чтобы обеспечить необходимую частоту столкновений); такие условия в расширяющейся Вселенной существовали очень недолго, поэтому, естественно, чем больше в ядре нуклонов, тем меньше таких ядер успело накопиться. Ключевой работой в рамках этой гипотезы считается так называемая альфа-бета-гамма-теория [2], согласно которой все ядра элементов возникли в первую пару десятков минут существования Вселенной в результате последовательного «слипания» нуклонов.

Однако эта теория сталкивается с фундаментальным препятствием, а именно с отсутствием стабильных ядер с массами 5 и 8. Время жизни  ${}^5\text{He}$  и  ${}^5\text{Li}$  составляет несколько единиц на  $10^{-22}$  с. Ядра  ${}^8\text{Be}$  и  ${}^8\text{Li}$  лишь немногим более «долговечны». Перепрыгнуть через подобные барьеры очень нелегко, и потому современные модели первичного нуклеосинтеза предсказывают, что по его окончании Вселенная состояла почти исключительно из двух элементов — водорода и гелия, причем ядра водорода — протоны — не продукт нуклеосинтеза, а его сырье (наряду с нейтронами).

Эволюция содержания различных атомных ядер в первые минуты после Большого взрыва управлялась очень простым набором реакций (рис.2), параметры которых хорошо известны, и потому итог первичного нуклеосинтеза зависит главным образом от того, какую модель начальной эволюции Вселенной вы используете для расчетов. Способность теории Большого взрыва корректно предсказать содержание основных продуктов первичного нуклеосинтеза — гелия (He) и дейте-

рия (D) — считается одним из свидетельств в пользу ее адекватности.

Согласно современным расчетам, по окончании первичного нуклеосинтеза массовая доля гелия-4 ( ${}^4\text{He}$ ) составляла примерно 0.247. Прочих ядер образовалось существенно меньше: по последним данным [3], первичное содержание дейтерия (отношение числа ядер D к числу ядер водорода) было равно  $2.579 \cdot 10^{-5}$ , содержание гелия-3 ( ${}^3\text{He}$ ) —  $0.9996 \cdot 10^{-5}$ , содержание лития-7 ( ${}^7\text{Li}$ ) —  $4.648 \cdot 10^{-10}$ , содержание лития-6 ( ${}^6\text{Li}$ ) —  $1.288 \cdot 10^{-14}$ . Предсказанные теорией начальные содержания гелия-4 и дейтерия хорошо согласуются с наблюдениями. Определить путем наблюдений первичное содержание гелия-3 весьма проблематично, так что в отношении этого изотопа говорить о согласии или несогласии теории и практики пока рано. Впрочем, непреодолимых препятствий здесь не предвидится. Иное дело — ситуация с литием-7: его содержание даже в самых старых звездах примерно втрое ниже предсказанного, и что делать с этим несоответствием, пока неясно.

В любом случае дальше лития первичный нуклеосинтез не пошел. Есть отдельные модели, авторы которых попытались дотянуть первичную цепочку процессов хотя бы до бора и углерода (отчасти эти попытки мотивированы желанием решить «проблему лития»), однако даже в таких вариантах речь идет об исчезающе малых количествах названных элементов. Все остальное должно было появиться во Вселенной иным путем. И для этого нужен некий «реактор» с огромной плотностью и экстремально высокой температурой...

### Звездный термоядерный синтез

Мысли о том, что таким местом с экстремальными условиями могут быть внутренние области звезд, высказывались еще в 1920-е годы, но не в связи с нуклеосинтезом, а при решении другой фундаментальной астрофизической проблемы — в ходе поиска источника звездной энергии. До наступления XX в. считалось, что излучение Солнца и других звезд можно объяснить высвечиванием их гравитационной энергии, однако подобный «генератор» в состоянии обеспечить наблюдаемую мощность солнечного излучения лишь на протяжении нескольких десятков миллионов лет. В начале XX в. благодаря геологическим данным стало известно, что Земля существует существенно дольше, а значит, есть иной, более долговечный источник солнечной энергии.

Таким источником сейчас считается термоядерный синтез, а именно реакция превращения четырех протонов (ядер водорода) в одну альфа-частицу (ядро гелия). Выделяющейся при этом энергии вполне достаточно, чтобы Солнце сохраняло светимость на протяжении доброго десятка миллиардов лет (рис.3). Превращение водорода в гелий в звездных недрах обеспечивается двумя основными цепочками реакций. Одна из них называется протон-протонным циклом (или *pp*-циклом), и для ее протекания требуется только водород и высокая температура (выше 10 млн К). Температура нужна, чтобы преодолеть кулоновское отталкивание двух положительно заряженных протонов и заставить их слиться в одно ядро дейтерия (с испусканием позитрона). Дейтерий затем

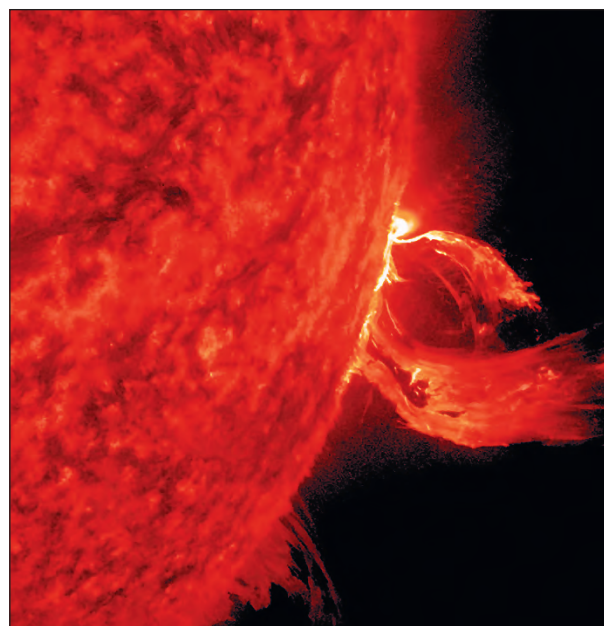
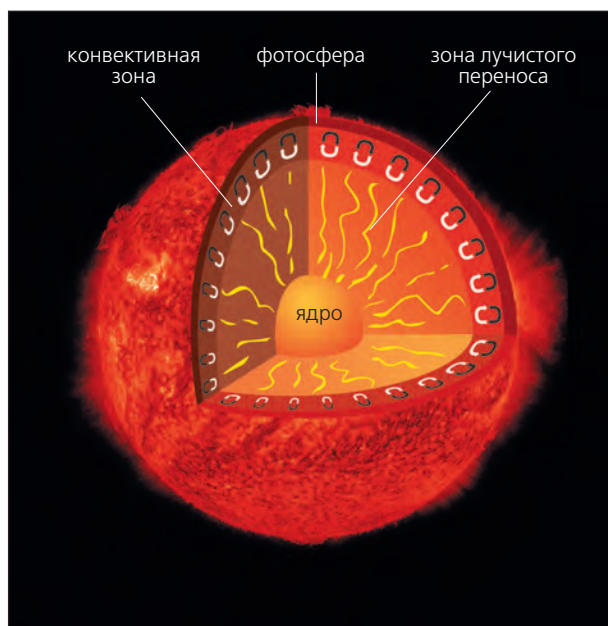


Рис.3. Изображение Солнца: схема внутреннего строения звезды (слева), фотография ее поверхности (справа). В ядре звезды, подобной Солнцу, выделяется энергия, обусловленная превращением водорода в гелий.

Здесь и далее фото NASA Goddard Space Flight Center

взаимодействует еще с одним протоном, превращаясь в ядро  ${}^3\text{He}$ , и в подавляющем большинстве случаев за этим следует финальная реакция: два ядра гелия-3 сливаются, превращаясь в ядро гелия-4 и два свободных протона. Именно в этой цепочке (она называется *ppI*) рождается больше всего энергии. Но с точки зрения нуклеосинтеза не менее интересны цепочки *ppII* и *ppIII*, в которых последовательная сборка ядра гелия из четырех протонов включает в себя в качестве промежуточных звеньев ядра лития, бериллия и бора. Одновременно с ядрами Li, Be и B, синтезированными «на месте», в цепочках *ppII* и *ppIII* разрушаются и ядра этих элементов, изначально присутствовавшие в веществе звезды.

Второй цикл превращения водорода в гелий — так называемый CNO-цикл (рис.4) — требует еще более высокой температуры (выше 20 млн К) и наличия «катализатора», в роли которого может выступать, например, углерод-12. Цепочка реакций захвата протона и бета-распада последовательно превращает ядро  ${}^{12}\text{C}$  в ядра  ${}^{13}\text{N}$ ,  ${}^{13}\text{C}$ ,  ${}^{14}\text{N}$ ,  ${}^{15}\text{O}$ ,  ${}^{15}\text{N}$ . Ядро азота-15 в результате очередного захвата протона либо разваливается на альфа-частицу (ядро гелия) и ядро  ${}^{12}\text{C}$ , возвращаясь тем самым к началу цикла, либо трансформируется в ядро кислорода-16. Последнее захватывает протон и превращается во фтор-17, который в результате бета-распада превращается в кислород-17. Ядро  ${}^{17}\text{O}$  захватывает протон и распадается на альфа-частицу и ядро  ${}^{14}\text{N}$ . Основным итогом всех этих процессов становится исчезновение четырех протонов и появление одного ядра гелия-4. Но важно и другое: даже если изначально в среде были только водород

и углерод-12, реакции цикла добавляют в нее ядра углерода-13, а также ядра изотопов кислорода, азота и фтора. Именно CNO-цикл, вероятно, является главным источником азота-14 — основного компонента земной атмосферы!

Осознание того факта, что производство энергии в звездах может в качестве побочного продукта обуславливать появление ядер гелия, кислорода, азота и фтора, наводит на мысль, что и другие химические элементы могут в той или иной степени быть продуктом звездной эволюции. Важным этапом в разработке этого предположения стала статья астрономов Маргарет и Джеффри Бербиджей в соавторстве с астрофизиком Уильямом Фаулером и астрономом Фредом Хойлом «Синтез элементов в звездах» [4]. Ученые фактически описали историю появления всех элементов Периодической таблицы Д.И.Менделеева. Помимо уже упомянутых реакций термоядерного синтеза и захвата протона важнейшую роль в формировании состава Вселенной сыграли процессы захвата нейтронов. Но о них — чуть позже, а пока завершим рассказ о термоядерном синтезе.

Итак, в ядре звезды, подобной Солнцу, выделение энергии обусловлено превращением водорода в гелий, однако ее излучение, очевидно, может длиться лишь до тех пор, пока в ядре звезды не исчерпаны запасы водорода. Дальнейшая судьба звезды зависит от ее массы: если та не превышает нескольких десятых долей массы Солнца, с небесным телом далее не происходит ничего. Точнее, не будет происходить, ведь время жизни этих звезд превосходит возраст Вселенной, так что ни одна из них своего жизненного пути пока не завершила.

Но когда это случится, бывшая звезда будет состоять из медленно остывающего гелиевого ядра с водородной оболочкой.

В звезде с большей массой (до 6–8  $M_{\odot}$ ) дела будут обстоять веселее. Сначала в ней также образуется остывающее гелиевое ядро, но на его границе будет продолжаться горение водорода в так называемом *слоевом источнике*. Слоевой источник может в конечном итоге разогреть гелиевое ядро до температуры порядка сотни миллионов кельвинов, достаточной для инициации следующего этапа термоядерного синтеза — тройного альфа-процесса, в результате которого три ядра гелия-4 объединяются в одно ядро углерода-12. Заметим, что их должно быть обязательно три: ядро бериллия-8, об-

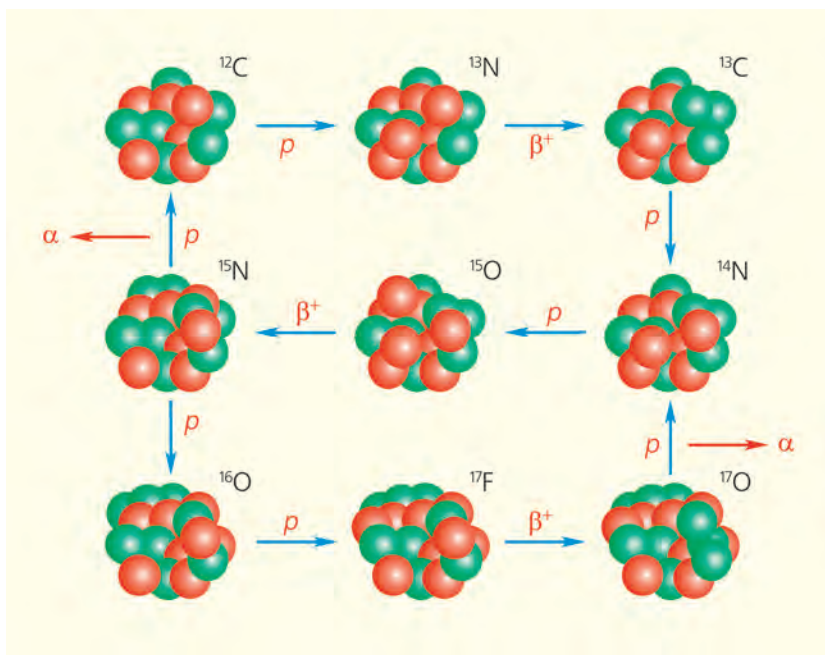


Рис.4. Схема CNO-цикла.  $p$  — протон,  $\beta$  — позитрон,  $\alpha$  — ядро гелия.



разрушающееся в результате слияния двух ядер гелия-4, нестабильно, и углерод образуется лишь при условии, что оно до распада успеет взаимодействовать с третьей альфа-частицей.

Далее ядро  $^{12}\text{C}$  может поглотить еще одну альфа-частицу, превращаясь в кислород-16. В конце эволюции таких звезд в их недрах формируется остывающее углеродно-кислородное ядро — будущий белый карлик. Есть расчеты, указывающие, что в звездах с массой от 8 до 10 масс Солнца могут происходить и следующие захваты альфа-частиц, превращающие кислород-16 в неон-20 и магний-24. После смерти такая звезда становится ONeMg-белым карликом.

На заключительном этапе эволюции у звезды, которой предстоит стать углеродно-кислородным белым карликом, развивается мощная конвективная оболочка, способная своим основанием проникнуть в слоевой источник. Перемешивание доставляет в источник водород с поверхности звезды, что стимулирует реакции захвата протонов ядрами неона-20 и магния-24. Цепочки, начинающиеся с этих реакций, приводят к появлению в звезде изотопов натрия и алюминия. Еще один элемент, предположительно формирующийся на этом этапе, — литий-7. Выше уже говорилось, что слияние двух ядер  $^4\text{He}$  приводит к формированию нестабильного бериллия-8. А вот слияние  $^4\text{He}$  и  $^3\text{He}$  в слоевом источнике горения гелия формирует более устойчивое ядро  $^7\text{Be}$  с периодом полураспада около 53 дней. За это время конвекция успевает вынести бериллий-7 во внешние слои звезды, и литий-7, в который он превращается, оказывается вне зоны, где его могут поглотить термоядерные реакции.

Превращение звезды в белый карлик сопровождается сбросом внешней оболочки, вместе с которой продукты ядерного и термоядерного синтеза рассеиваются в межзвездной среде и далее попадают в звезды следующих поколений или в формирующиеся вокруг них планетные системы. Правда, нужно отметить, что в большинстве случаев такие звезды не являются основными поставщиками этих элементов.

После образования гелия термоядерный синтез фактически представляет собой последовательное слияние ядер альфа-элементов (включая альфа-частицы) — отсюда их доминирование в химическом составе Вселенной. У этого процесса есть «практический потолок». Звезде нужны термоядерные реакции, чтобы тепловым давлением удержать ее от сжатия, вызываемого самогравитацией, поэтому эти реакции могут происходить лишь при условии, что в них выделяется энергия, разогревающая вещество звезды. Чем дальше по таблице Менделеева продвигается синтез, тем меньше выделяется энергии. Самые тяжелые ядра, при производстве кото-

рых энергия все еще выделяется, принадлежат *железному пику* — железу, никелю, хрому.

В астрономии звезды с массой меньше примерно  $10 M_{\odot}$  называются маломассивными или, по крайней мере, звездами промежуточных масс. Их ключевая особенность состоит в том, что термоядерный синтез в них не достигает своего предела, останавливаясь на углероде и кислороде или, может быть, на неоне и магнии. Выше  $10 M_{\odot}$  располагается царство массивных звезд, в которых термоядерные реакции доходят до своего логического завершения. По аналогии с предыдущими этапами (горение водорода, горение гелия) этапы эволюции этих звезд называют горением углерода, неона, кислорода, кремния, однако реальная сеть реакций более сложна и не всегда состоит в слиянии двух ядер с образованием третьего\*. Например, горение углерода-12 может приводить не только к синтезу магния-24, но и к образованию ядра натрия-23 с высвобождением одного протона или к образованию неона-20 ( $^{20}\text{Ne}$ ) с высвобождением альфа-частицы. Прямая реакция  $^{28}\text{Si} + ^{28}\text{Si}$  и вовсе отсутствует; на самом деле превращение кремния в железо-52, никель-56 и другие ядра железного пика происходит более сложным образом, называть который горением кремния можно только для простоты.

Но, так или иначе, горением кремния этап термоядерного синтеза заканчивается. В этот момент (если не вдаваться в многочисленные усложняющие детали) звезда состоит из железо-никелевого ядра, окруженного несколькими слоевыми источниками, в которых горят кислород, неон, углерод, гелий, а в самом внешнем слоевом источнике еще продолжается догорание водорода.

### «Спокойная» эволюция звезд

Реакции термоядерного синтеза — не единственные процессы изменения ядерного состава. Одновременно с ними в массивных звездах и (в несколько меньшей степени) в звездах промежуточных масс происходит еще один важнейший процесс — захват ядрами свободных нейтронов. Появление свободных нейтронов становится возможным благодаря CNO-циклу, точнее, ядрам  $^{13}\text{C}$  и  $^{14}\text{N}$ , которые синтезируются в ходе этого цикла и также вольны захватывать альфа-частицы. Ядро углерода-13, захватив альфа-частицу, превращается в ядро кислорода-16 и свободный нейтрон; ядро азота-14 через чуть более длинную цепочку нескольких захватов альфа-частицы превращается в маг-

\* Нужно отметить, что термоядерные реакции традиционно называют горением (burning), хотя они, конечно, не имеют никакого отношения к химическому процессу горения. —

Примеч. авт.

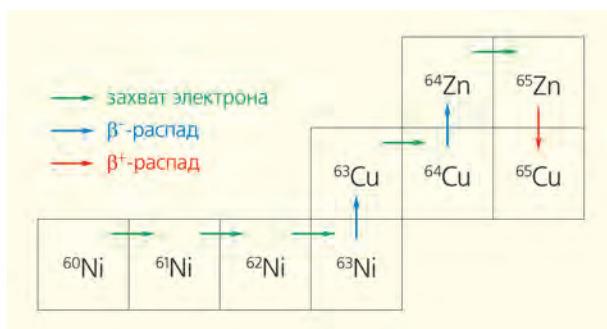


Рис.5. Схема s-процесса.

ний-25 и свободный нейтрон. Далее эти свободные нейтроны могут поглощаться другими ядрами.

Процесс захвата нейтронов, происходящий во время «спокойной» эволюции звезд промежуточных и больших масс, называется *медленным* (slow), или просто s-процессом [5]. Суть его состоит в том, что ядро последовательно захватывает один или несколько нейтронов, превращаясь во все более тяжелые изотопы того же химического элемента. Захват продолжается до тех пор, пока в этой цепочке не встретится нестабильное ядро. Процесс называется медленным, потому что ядро успевает испытать бета-распад, прежде чем поглотит следующий нейтрон. Испускание электрона увеличивает заряд ядра на единицу, и оно перемещается в следующую ячейку таблицы Менделеева — образуется ядро следующего химического элемента. Хотя s-процесс вносит определенный вклад и в синтез элементов легче железа, за пределами железного пика он становится основным производителем стабильных ядер (рис.5).

Медленный захват нейтронов, очевидно, способен производить только стабильные ядра, и потому его вклад в заполнение Периодической таблицы ограничен висмутом-209 ( $^{209}\text{Bi}$ ) — самым массивным стабильным ядром. Точнее, это ядро уже обладает радиоактивностью, но время его жизни на много порядков превышает возраст Вселенной. Альтернативой s-процессу является *быстрый* (rapid) захват нейтронов, или просто r-процесс. При высокой плотности вещества вообще (и нейтронов в частности) ядро успевает поглотить несколько нейтронов, даже если промежуточные ядра оказываются неустойчивыми. Исключительно благодаря r-процессу появляются на свет тяжелые ядра, богатые нейтронами и населяющие Периодическую таблицу за висмутом. Относительная роль медленного и быстрого захвата нейтронов в синтезе более легких, чем висмут, элементов остается предметом дискуссий.

Не вполне ясно также, где именно происходит r-процесс. Долгое время основным плацдармом для него считались взрывы, сопровождающие финальный коллапс массивных звезд (рис.6). Спокойная эволюция массивной звезды закачивается, когда в ее центре образуется железо-никелевое ядро. В нем выделения энергии уже не происходит, давление перестает противостоять гравитации, и звезда начинает схлопываться под собственным весом. Каким-то образом (каким, окончательно пока не ясно) энергия падения вещества преобразуется в энергию его разлета — происходит вспышка сверхновой. Разрушение звезды сопровождается новым всплеском ядерных реакций, среди которых есть и захват альфа-частиц, и захват нейтронов. Все продукты ядерного и термоядерного нуклео-

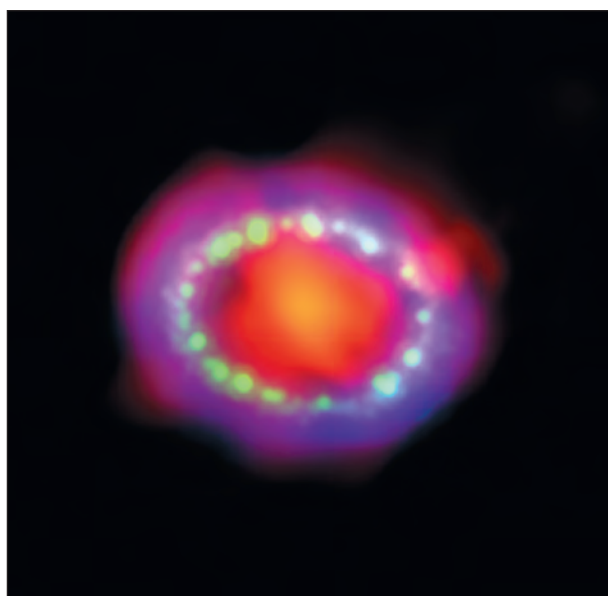


Рис.6. Сверхновая SN 1987A (слева) и звезда Бетельгейзе, ближайшая к Земле потенциальная сверхновая (справа). Свет SN 1987A достиг Земли, преодолев 160 000 световых лет. Бетельгейзе относится к классу красных сверхгигантов, а это означает, что век ее недолго. Радиус Бетельгейзе примерно в 1400 раз превышает радиус Солнца, и от Земли ее отделяет примерно 600 световых лет.

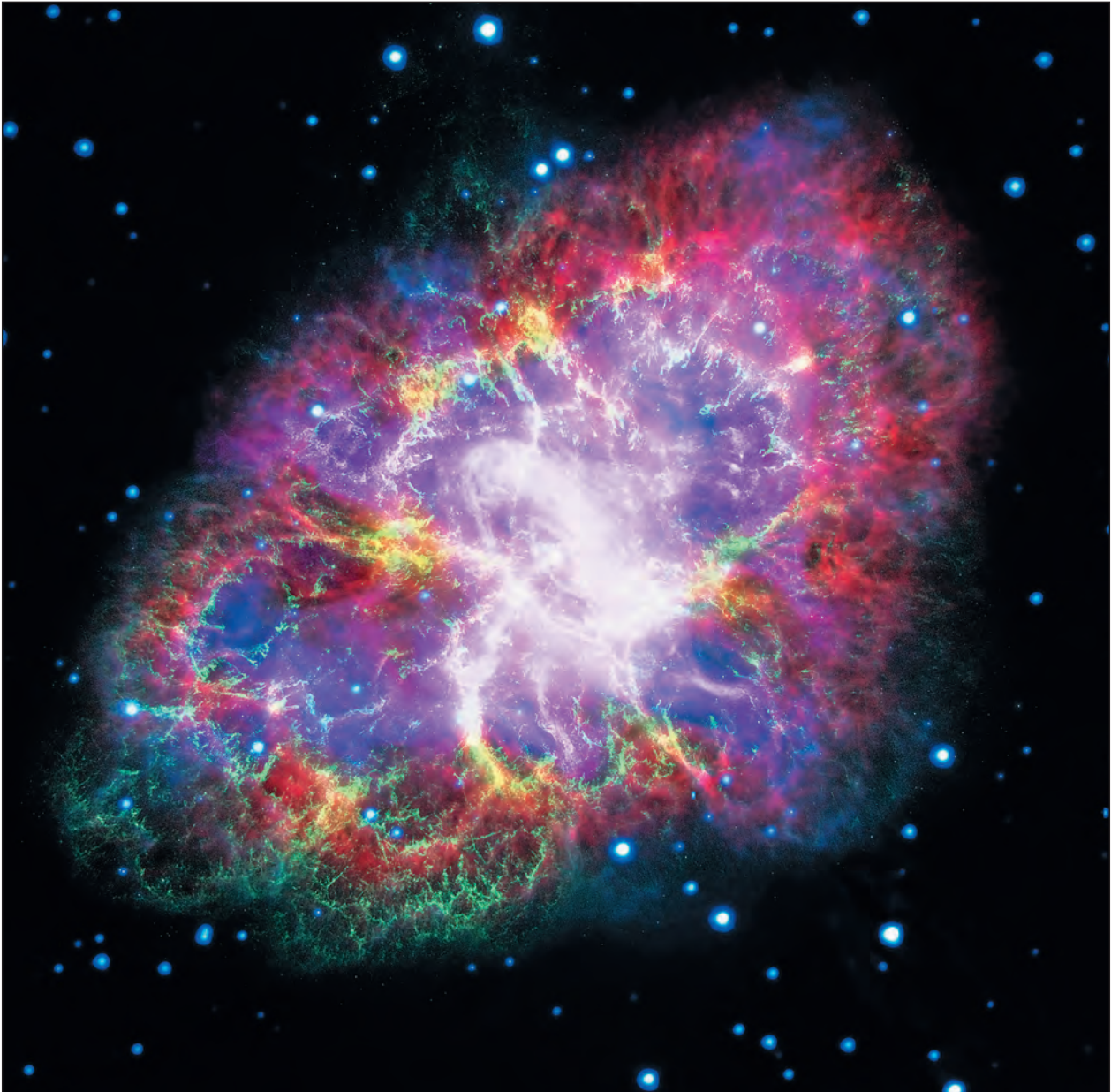


Рис.7. Сложное изображение Крабовидной туманности, остатка сверхновой, было собрано путем объединения данных пяти телескопов, охватывающих почти весь электромагнитный спектр: космического телескопа Спитцера, обсерватории VLA, космического телескопа Хаббла, обсерватории XMM-Newton и рентгеновской обсерватории «Чандра».

синтеза, возникшие как в ходе эволюции звезды, так и в ходе самого взрыва, разбрасываются вспышкой сверхновой на большие расстояния, становясь частью межзвездного вещества и попадая впоследствии во вновь формирующиеся звезды и планеты (рис.7). Источником нейтронов в этом случае становится процесс «вдавливания» электронов в протоны, возможный благодаря высокой плотности и температуре в миллиарды градусов. Из этих нейтронов формируется и остающаяся после вспышки нейтронная звезда.

Помимо сверхновых с коллапсом ядра имеется явление, стимулирующее протекание реакций быстрого захвата нейтронов (возможно, более перспек-

тивное, чем сверхновые), — слияние нейтронных звезд. Такие события могут происходить в случае, когда две нейтронные звезды образуют двойную систему. Излучение гравитационных волн в такой системе приводит к постепенному сближению компонентов, заканчивающемуся их слиянием. Места во Вселенной с большим содержанием нейтронов, чем в паре нейтронных звезд, не найти, и потому логично предположить, что эффективный  $\gamma$ -процесс будет важным компонентом этого события [6]. В 2017 г. эта версия получила первую наблюдательную проверку. Всплеск гравитационных волн 17 августа 2017 г. предположительно был порожден именно слиянием нейтронных звезд, и в его спектре

удалось зафиксировать признаки линий теллура и цезия — элементов, преимущественно синтезируемых именно в г-процессе [7].

### Вспышки сверхновых и дело рук человеческих

Следует упомянуть еще одно явление, важное с точки зрения нуклеосинтеза, — вспышки термоядерных сверхновых. Считается, что эти взрывы (в отличие от сверхновых с коллапсом ядра) происходят не на одиночных массивных звездах, а в двойных системах, в которых по крайней мере один из компонентов — белый карлик. Как уже говорилось, белый карлик представляет собой ком-

пактный остаток звезды малой или промежуточной массы. Он удерживается от коллапса давлением вырожденного электронного газа. Как показывают расчеты, равновесие между гравитацией и давлением в этом случае возможно лишь при условии, что масса карлика не превышает  $1.4 M_{\odot}$ . Естественно, в момент образования масса белого карлика не превосходит критического значения, однако, если позже она по каким-то причинам увеличится, равновесие будет утрачено и карлик разрушится колоссальным термоядерным взрывом.

Увеличение массы может вызываться как минимум двумя причинами, и обе требуют, чтобы белый карлик был членом двойной системы. Во-первых, он может нарастить массу за счет перетека-



Рис.8. Планетарная туманность NGC 6153, расположенная на расстоянии около 4000 световых лет в южном созвездии Скорпиона. Бледно-голубая дымка в кадре — то, что осталось от звезды, похожей на Солнце, после того как она израсходовала большую часть своего топлива. Изображение получено при помощи космического телескопа Хаббла (НАСА/ЕКА).

ния на него вещества со второго компонента системы — нормальной звезды, которая все еще проходит завершающие этапы эволюции. Во-вторых, объект с массой больше критической может сформироваться в результате слияния двух белых карликов. В этом случае нужна состоящая из них двойная система. Она так же, как и пара нейтронных звезд, излучает гравитационные волны, что приводит к сближению компонентов. И в том, и в другом случае происходит взрыв, стимулирующий быстрое протекание термоядерных реакций, также заканчивающихся синтезом железа. Однако если в массивной звезде большая часть железа остается в ядре, то при взрыве белого карлика все синтезированные элементы разлетаются по ближайшим галактическим окрестностям. Поэтому главным источником элементов железного пика служат, вероятно, не массивные звезды, а взрывающиеся белые карлики.

Итак, за появление практически всех элементов Периодической таблицы Д.И. Менделеева отвечают различные этапы звездной эволюции, в финале которой эти элементы либо посредством спокойного сброса оболочки звездами промежуточных масс, либо в результате взрыва массивных

звезд попадают в межзвездную среду (рис.8). Из легких элементов нам осталось разобраться только с бериллием и бором. Эти элементы формируются в межзвездной среде в реакциях скалывания, т.е. при разрушении более крупных ядер (преимущественно кислорода и углерода) в результате столкновений с частицами космических лучей. Такие реакции порождают и ядра других элементов, но только для бериллия, бора, а также легкого изотопа лития  ${}^6\text{Li}$  они являются основным источником.

Известные нам естественные процессы синтеза атомных ядер заканчиваются, вероятно, плутонием-239, который образуется в урановых рудах в результате захвата нейтрона ядром урана-238 и последующего бета-распада. Нельзя исключить наличия там же нескольких атомов и более тяжелых элементов, однако в целом история природного синтеза значимых количеств атомных ядер заканчивается ураном. Чтобы создать условия для появления еще более массивных атомных ядер, Природе пришлось пойти наиболее замысловатым путем, а именно породить цивилизацию на ничем не примечательной планете у ничем не примечательной звезды. ■

## Литература / References

1. *Asplund M., Grevesse N., Sauval A.J., Scott P.* The Chemical Composition of the Sun. *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* 2009; 47: 481–522. Doi:org/10.1146/annurev.astro.46.060407.145222.
2. *Alpher R.A., Bethe H., Gamow G.* The Origin of Chemical Elements. *Phys. Rev.* 1948; 73: 803.
3. *Cybert R.H., Fields B.D., Olive K.A., Yeh T.-H.* Big bang nucleosynthesis: Present status. *Rev. Mod. Phys.* 2016; 88(1): 015004-1. Doi:org/10.1103/RevModPhys.88.015004.
4. *Burbidge E.M., Burbidge G.R., Fowler W.A., Hoyle F.* Synthesis of the Elements in Stars. *Rev. Mod. Phys.* 1957; 29: 547.
5. *Käppeler F., Gallino R., Bisterzo S., Aoki W.* The s process: Nuclear physics, stellar models, and observations. *Rev. Mod. Phys.* 2011; 83(1): 157.
6. *Thielemann F.K., Eichler M., Panov I.V., Wehmeyer B.* Neutron Star Mergers and Nucleosynthesis of Heavy Elements. *Annu. Rev. Nucl. Part. Sci.* 2017; 67(1): 253–274. Doi:10.1146/annurev-nucl-101916-123246.
7. *Smartt S. J., Chen T.-W., Jerkstrand A. et al.* A kilonova as the electromagnetic counterpart to a gravitational-wave source. *Nature.* 2017; 551: 75. Doi:10.1038/nature24303.

## How the Periodic Table Was Filled in

D.S. Wiebe

Institute of Astronomy, RAS (Moscow, Russia)

In the second half of XX — the beginning of XXI c. scientists have synthesized a number of chemical elements, not existing in the nature, and the world today is on the threshold of new discoveries: Oganesson, occupying the 118th position in the Periodic table, will be followed by new superheavy elements with unknown properties. But what do we know about the history of origin of the long known chemical elements of our Universe? Many (not all) of its pages are read thanks to the "inhabitants" of the cells of the Periodic table. Almost all elements have appeared at various stages of stellar evolution. This article is devoted to the studies that allow us to get closer to the understanding of the processes of natural nucleosynthesis.

**Keywords:** Mendeleev's Periodic table, chemical element, evolution of the Universe, Big Bang Theory, primary nucleosynthesis, evolution of stars, thermonuclear fusion, *pp*-cycle, CNO-cycle, supernova explosion, white dwarf, s-process, r-process.

# Оползень и цунами на реке Бурее 11 декабря 2018 года

А.Н.Махинов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт водных и экологических проблем ДВО РАН (Хабаровск, Россия)

<sup>2</sup>Тихоокеанский государственный университет (Хабаровск, Россия)





Оползневое тело и искусственный канал, соединивший верхнюю и нижнюю части водохранилища. 1 марта 2019 г.

Фото автора

Приводятся первые результаты экспедиционного обследования крупного оползня, сошедшего в акваторию водохранилища Бурейской ГЭС 11 декабря 2018 г. и ставшего одним из крупнейших в России за последние десятилетия геологических явлений. Дается характеристика основных параметров оползня и последствий вызванного им цунами.

**Ключевые слова:** оползень, Бурей, Бурейское водохранилище, цунами.



**Алексей Николаевич Махинов**, доктор географических наук, заместитель директора по научной работе Института водных и экологических проблем Дальневосточного отделения РАН, профессор Тихоокеанского государственного университета. Область научных интересов — экзогенные процессы формирования рельефа, оценка воздействия природных и антропогенных факторов на окружающую среду.  
e-mail: amakhinov@mail.ru

**Н**а Дальнем Востоке часто происходят оползневые явления. Они характерны для морских побережий, долин крупных рек и вулканических районов. Обычно со склонов смещаются небольшие массы пород объемом не более 200 м<sup>3</sup>. Например, во время крупного наводнения на Амуре в 2013 г. в нижних частях склонов долины отмечалось множество мелких оползней. Случаи, при которых объем отделившегося грунта достигает сотен тысяч и миллионов кубических метров, фиксируются довольно редко. В их числе стоит упомянуть оползень в нижнем течении р.Зеи, сошедший в начале ноября 1985 г. на ее высоком правом берегу [1]. Тогда блок рыхлых горных пород размером 1000×400 м сместился вниз на 50 м. Он раздробился на три фрагмента, общий объем которых составил около 6 млн м<sup>3</sup>. Оползень, сошедший 3 июля 2007 г. в Долине гейзеров на Камчатке, перегородил р.Гейзерную [2]. Образовалась плотина внушительных размеров — длиной 300 м, шириной 200–250 м и высотой до 50 м. Объем оползневого тела составил 20 млн м<sup>3</sup>. Многочисленные крупные оползни-обвалы выявлены также на крутых склонах западного побережья Охотского моря [3].

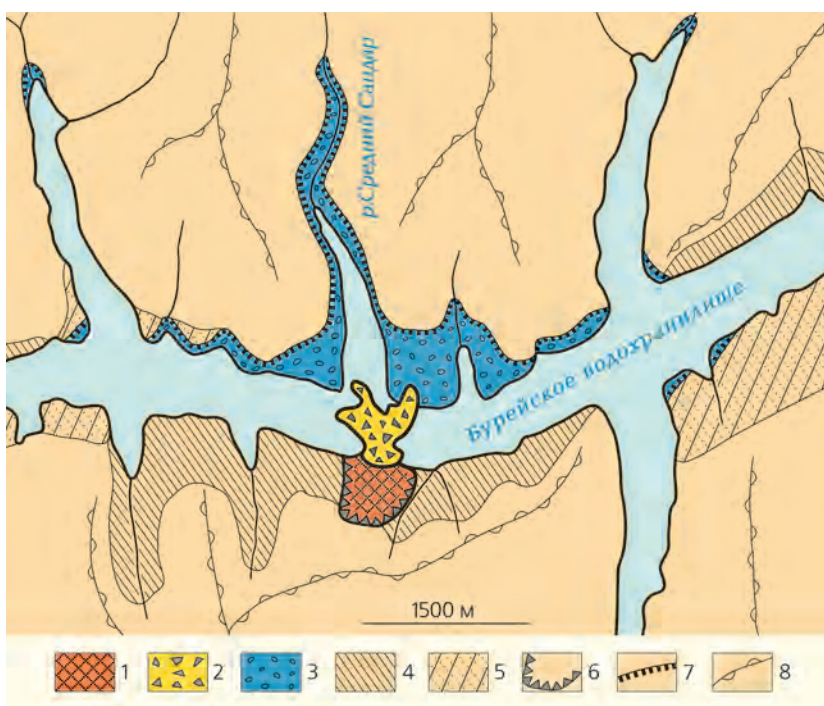
И вот совсем недавно, 11 декабря 2018 г., в Хабаровском крае случилась невероятная по своим масштабам природная катастрофа. В 14 ч 48 мин местного времени с крутого левого склона долины р.Бурей сошел крупный оползень. Произошло это в точке с координатами 50°34′с.ш. и 131°29′в.д., в 20 км выше впадения в Бурейку большого левого притока — реки Тырмы.

Река Бурей — один из крупнейших притоков Амура — течет с северо-востока на юго-запад. В месте схода оползня ее долина представляет собой глубокое ущелье. Левый берег реки высокий (около 400 м) и крутой (с уклоном 30–35°), а правый — это пологона-



Стенка срыва и оползневое тело у его подножья.

Фото Е.Потворовой



Положение оползня и границы волны цунами. 1 — поверхность скольжения оползня, 2 — оползневое тело, 3 — ареал уничтоженного леса, 4 — крутые склоны, 5 — пологие склоны, 6 — стенка срыва, 7 — граница залеска волны цунами, 8 — гребни водоразделов.

клонный террасовидный склон шириной более 1 км и высотой в тыловой части до 50 м над современным уровнем воды. В настоящее время долина затоплена водами Бурейского водохранилища, поэтому ширина реки составляет 500–550 м, а глубина — около 70 м. Устьевые участки притоков также заполнены водой и образуют узкие и глубокие заливы протяженностью 1.5–3.0 км.

Впервые мне удалось побывать в районе оползня 25 декабря, т.е. спустя две недели после катаклизма. Вместе с группой сотрудников МЧС мы совершили облет территории на вертолете Ми-8. Посадка вблизи оползня была невозможна из-за неровностей поверхности, приземляться на лед также было опасно. Вертолет завис невысоко над землей и мы выпрыгнули из него у фронтальной части оползневоего тела на правом берегу во-





Общий вид стенки срыва (в виде амфитеатра) и оползневого тела.

Здесь и далее фото автора

дохранилища. В течение получаса вертолет летал неподалеку, а мы осматривали и фотографировали место катастрофы.

Зрелище, которое предстало перед нами, было поистине фантастическим. Несмотря на заснеженную поверхность, сглаживавшую и скрывавшую детали рельефа, особенно поражали два последствия грандиозного природного катаклизма. Во-первых, напротив нас на склоне зияла огромная выемка, похожая на воронку гигантского взрыва. Поначалу неспециалисты действительно считали ее следствием падения крупного метеорита.

Во-вторых, вызывали удивление высокие и протяженные крутосклонные гряды, состоящие из крупных обломков и вздыбленные невероятно мощной силой над уступом правого склона долины. Здесь же была обнаружена крупная галька со dna водохранилища, захваченная смещавшейся массой и поднятая на высоту более 100 м. Отдельные глыбы размером выше человеческого роста были принесены с левого склона долины почти за километр. Повсюду лежали небольшие куски битого льда, а вдали от края оползня просматривалась лишенная растительности однообразная поверхность с искореженными пнями толстых деревьев. Трудно было поверить, что такая огромная масса грунта переместилась в течение всего нескольких минут.

Более подробные экспедиционные исследования по комплексному обследованию оползня в долине Буреи под руководством автора были проведены в период с 12 по 17 января 2019 г. группой ученых и специалистов Института водных и экологических проблем ДВО РАН, Института тектоники и геофизики им. Ю.А.Косыгина ДВО РАН, Дальгидромета и ООО «Инженерные изыскания ДВ». Работы организовал Комитет Правительства Хабаровского края по гражданской защите. Затем мы посещали район оползня 4 и 14 февраля, а также 1 марта 2019 г.

Исследования включали в себя измерения параметров стенки срыва и оползневого тела, а также оценку последствий его смещения. Работы проводились в сложных условиях: при морозе минус 35–40°C, иногда с ветром. Снежный покров на склонах достигал местами 0.7 м, толщина льда на водохранилище — 60–80 см. Мы провели подробную плановую и высотную съемку поверхности по измерениям в более чем 500 точках с использованием приемников сигналов глобальных навигационных спутниковых систем геодезического класса. Определялись также высотные отметки заплесков на правом берегу водохранилища от гигантской волны, возникшей при смещении оползня в водохранилище.



«Пьяный лес» на поверхности оползневого тела.



Фронтальная часть оползневого тела.

С целью определения размеров подводной части оползня мы пробурили лед в 52 точках по трем поперечным профилям с восточной стороны и одному профилю с западной стороны вдоль каменной плотины, перегородившей реку. Глубины для надежности измерялись лотом, так как при такой температуре эхолот не всегда давал верные показания. Несмотря на то что вода слабо сочилась через тело оползня, течения измерителями скорости не фиксировались.

Оползень произошел в скальной толще, представленной протерозойскими метаморфизованными магматическими породами, пронизанными молодыми дайками. Крутой склон здесь пересекает зона тектонических нарушений, породы сильно трещиноваты и поэтому слабо устой-

чивы к процессам разрушения. Кроме того, значительную роль в создании условий для срыва грунта сыграло заполнение водохранилища. Подземные воды проникли под основание склона, увеличив обводненность трещиноватых пород в нижней его части и снизив устойчивость вышележащих толщ.

Стенка срыва огромным амфитеатром врезана в склон и имеет прямоугольную в плане форму значительных размеров — в длину 600 м, в ширину около 500 м. Вдоль верхней кромки амфитеатра и его западной части протягиваются уступы высотой до 30 м. Над ними местами еще остались готовые к смещению небольшие блоки грунта, обозначенные зияющими трещинами. В нижней части поверхности скольжения образовался маломощный покров из скатившихся сверху обломков разного размера и сползших деревьев.

Оползневое тело полностью перекрыло водохранилище от берега до берега высокой каменной плотиной длиной 800 м. Ширина ее неодинакова: в самом узком месте она составляет 150 м, а в средней, самой широкой части — 620 м. Общая площадь оползневого тела над водой равна 270 тыс. м<sup>2</sup>. Его высота над поверхностью водохранилища минимальна вблизи левого берега, в поперечной ложбине, расположенной вдоль подножья стенки срыва, и составляет 8,5 м. Максимальная высота зафиксирована около правого берега и достигает 47 м, а с учетом подводной части — до 100 м. Общий объем оползневого тела вместе с его подводной частью, рассчитанный по измеренным морфометрическим параметрам, равен 24,5 млн м<sup>3</sup>. Над водой находится около 4,5 млн м<sup>3</sup> грунта.

Поверхность оползневого тела имеет веерообразную в плане форму и сложный рельеф. То, что основной объем толщи смещен к правому берегу, указывает на высокую скорость сползания и значительную кинетическую энергию процесса. Наибольшая по площади тыловая часть оползневого тела представлена слабо деформированными пластами смещенных коренных пород, а также хаотическими на-



Срезанные водным потоком стволы лиственниц и берез.

громождениями огромных монолитных глыб и менее крупных обломков. Колебания высотных отметок невелики. Здесь сочетаются слабовыраженные повышения и понижения рельефа с сохранившимся на площади около 3 га «пьяным лесом».

Существенной деформации в процессе смещения подверглась фронтальная часть, где оползневое тело уперлось в уступ террасовидной поверхности. В результате над ним образовались несколько коротких и высоких валов, разделенных довольно глубокими линейными понижениями в виде крутосклонных рвов. Они сформировались, вероятно, после остановки движения оползня вверх по уступу в результате отседания толщ при уплотнении их на дне водохранилища. Эти вало-



Поперечный профиль оползня. 1 — первоначальная поверхность склона, 2 — оползневое тело, 3 — шлейф осипей на поверхности скольжения оползня, 4 — уровень воды в водохранилище на момент события, 5 — наклонные деревья, сползшие со склона («пьяный лес»).



Правый склон долины Буреи, подвергшийся воздействию цунами. Хорошо видны склоновые наледы.

образные нагромождения состоят из разных обломков, среди которых имеются скальные глыбы размером до 6 м в поперечнике, сильно трещиноватые блоки пород и скопления рыхлых, преимущественно мелких обломков. Отдельные крупные глыбы размером до 3 м были отброшены от края оползневого тела на несколько метров.



Скопления вмерзших в лед обломков древесины в акватории водохранилища.

Огромная масса горных пород, быстро сместившаяся в глубокий водоем, вытеснила большой объем воды. В результате сформировалась высокая волна, по механизму образования представляющая собой цунами.

Волна взломала лед и обрушилась на противоположный пологий склон долины, заросший густым

лиственнично-березовым лесом. Поток продвинулся вверх по склону более чем на 1 км, достигнув высоты 56 м над урезом воды в водохранилище. На своем пути вода ломала стволы деревьев, оставляя раздробленные пни высотой до метра. Лес был полностью уничтожен на площади около 3 км<sup>2</sup>.

Вдоль границы с сохранившимся лесом образовались скопления принесенных водой преимущественно целых древесных стволов. Другую часть сломанных деревьев обратным потоком воды снесло в водохранилище, где они впоследствии вмерзли в лед. Эти деревья в результате многократных соударений оказались разбитыми в щепки.



Древесные валы на границе максимального проникновения волны на правом склоне долины Буреи.

Особенно впечатляющие события, связанные с движущейся волной, происходили в долине р.Средний Сандар — притока Буреи, устье которого находится точно напротив оползня и представляет собой широкий и глубокий залив. Волна вошла в него, продвинулась на 2.4 км и поднялась вверх по долине еще на 1.9 км, достигнув отметки 60 м над уровнем воды в водохранилище. Лес в нижних частях склонов был уничтожен. На границе заплеска между принесенными или поваленными деревьями встречаются обломки льдин размером до 1 м. Высота волны при движении по долине Среднего Сандара менялась в зависимости от крутизны склона и угла подхода водного потока к берегу. На узком участке ее заплеск зафиксирован на высоте 50 м над руслом реки.

Достигнув высшей точки, поток двинулся в обратном направлении, увлекая за собой сломанные деревья и кроша их на мелкие обломки. Обратная волна вернулась к левому берегу Буреи. Она перехлестнула низкоую

часть оползневого тела и подошла к подножью оползня. Здесь ее заплеск отмечен на высоте 21 м, о чем свидетельствуют небольшие обломки принесенного водой льда.

Постепенно снижаясь, волна прошла вверх по долине Буреи вдоль основной акватории водохранилища на 12 км и примерно на 8–10 км в проти-



Льдина, оставленная потоком воды на вершине оползневого тела на высоте 21 м.



Правый склон долины Буреи. Почвенный слой на нем удален волной цунами.

воположном направлении. Высота ее на разных участках реки менялась. На расстоянии 8 км от оползня максимальный уровень заплеска достиг 5 м. Граница волны отчетливо видна по распределению на склоне уплотненного снежного покрова и наличию небольших обломков льда. Вода заходила в ближайшие к оползню заливы в устьях других затопленных притоков Буреи и поднималась по ним на несколько десятков метров. В них в узкой полосе вдоль берегов также был уничтожен лес, а сломанные потоком деревья смыты в акваторию заливов.

Прямой гидродинамический удар водного потока на обращенные к нему склоны привел к разрушению почвенного слоя на значительной площади, особенно на уступе правого берега напротив оползня. Здесь поверхностный грунт был снят на глубину его промерзания, достигшего ко времени катаклизма толщины 0,6–0,7 м. На других участках долины почва была сорвана и смыта частично, а вдоль уклонов поверхности образовались вытянутые овалы понижения в виде многочисленных разрозненных выемок. Эрозионное

воздействие обратного потока воды на поверхность склонов, вследствие того, что верхние слои грунтов в это время находились в мерзлом состоянии, было незначительным. Лишь местами образовались слабоизвилистые узкие ложбины от стекающей вниз по склону воды. Они приурочены в основном к участкам ударного воздействия волны, вызвавшего частичное нарушение грунтов. В отдельных случаях, при концентрации потока в неровностях рельефа, эрозионные рытвины протягиваются в длину на 30 м и достигают ширины 8 м при глубине до 1,5 м.

В понижениях поверхности преимущественно в заливах рядом с оползнем и в меньшей степени на склонах долины Буреи образовались небольшие наледы размером в несколько десятков метров. Местами на пологих склонах они представляют собой ледяную корку толщиной несколько миллиметров. На участках нарушенного грунта наледы появились непосредственно на склоне в результате просачивания воды во время прохождения волны в подстилающую тол-

щувыветрелых горных пород и ее последующего выдавливания по мере промерзания грунта. Более крупные наледы возникли в долинах рек перед их впадением в заливы водохранилища. Самая большая наледь зафиксирована в долине Среднего Сандара. Ее протяженность достигает 1 км при ширине 30–50 м. Во время январских работ мы заметили, что во многих местах на поверхности наледи выступала вода, стекавшая по поверхности уже замерзшего льда.

Таким образом, проведенные кратковременные исследования показали, что оползень в долине реки Буреи представляет собой уникальное для низкорных районов природное явление, прежде всего, вследствие его значительных размеров. Это один из крупнейших оползней на территории России за последние несколько десятков лет. Еще одна особенность катаклизма заключается в том, что оползень сошел в начале зимы, что не характерно для территории Дальнего Востока (хотя на Камчатке отмечались крупные оползни в этот сезон). К началу декабря в долине Буреи установились стабильные морозы: на ближайшей метеостанции



Искусственный канал в теле оползня. 1 марта 2019 г.

Сектагли средняя за сутки температура воздуха накануне события была  $-27.3^{\circ}\text{C}$ , а минимальная —  $-31.3^{\circ}\text{C}$ . Толщина льда на водохранилище к тому времени достигла 20 см.

В середине февраля 2019 г. специалисты Министерства обороны России организовали и успешно провели взрывные работы по частичному разрушению возникшей в результате оползня плотины и восстановлению свободного перетока воды из верхней части водохранилища в нижнюю. Это было вызвано необходимостью обеспечить нормальную работу Бурейской ГЭС и не допустить затопление населенных пунктов и дорог выше запруды во время высоких летних паводков.

Кратковременное обследование искусственного прорана, соединившего верхнюю и нижнюю части водохранилища, мы провели 1 марта 2019 г. Ширина водного потока в истоке составила 54 м, скорость течения 3 м/с, средняя глубина — 1.5 м. Рассчитанный по этим данным расход воды оказался равным приблизительно  $220 \text{ м}^3/\text{с}$ . Наблюдения показали, что размыв берегов происходит с небольшой интенсивностью из-за скал на левом склоне долины

реки и выхода прочных скальных пород на правом берегу канала. Однако с обоих его берегов продолжают небольшие осыпи по мере оттаивания грунтов. В дальнейшем возможно увеличение ширины потока за счет бокового размыва при существенном возрастании расходов воды весной в результате таяния снега и летом во время паводков.

Несмотря на большой объем взрывных работ, удалось разрушить лишь незначительную часть каменной плотины. Это обеспечило постоянный сток из верхней части водохранилища в нижнюю. Но, как показывают расчеты, подпор сохранится, особенно во время больших расходов воды. Наименьшая высотная отметка дна на самом верхнем участке прорана (в его истоке) в настоящее время составляет 245.5 м над ур.м., что существенно выше уровня мертвого объема водохранилища (236 м).

Таким образом, при катастрофических летних паводках на Бурее с учетом существующего подпора сохраняется опасность подтопления наиболее низких участков с.Чекунда, расположенного на берегу водохранилища в 70 км от места оползня. Следует учитывать, что при высоких уровнях во-

ды будет происходить абразия берегов, которая на аналогичных объектах (Зейское водохранилище) достигает 5–7 м за один сезон. При таком интенсивном размыве защита населенного пункта путем строительства берегозащитной дамбы окажется весьма дорогостоящей и неэффективной. Под угрозой затопления окажутся также автомобильная дорога в районе с.Эльга и опоры линии электропередач. Хозяйственное освоение прибрежных территорий будет затруднено вследствие их заболачивания при подъеме уровня грунтовых вод.

Кроме всего прочего, каменная запруда перекрыла сквозное судоходство по водохранилищу. Других дорог в этом горном районе нет, поэтому еще одним последствием оползня станут дополнительные затраты при перемещении людей и грузов.

Высокие крутые склоны по соседству с водотоками и водоемами почти всегда представляют по-

тенциальную опасность. Риски возникновения крупных оползней и вызванных ими разрушительных волн должны приниматься во внимание при эксплуатации водохранилищ ГЭС Сибири и Дальнего Востока — Зейской, Колымской, Саяно-Шушенской и других.

В дальневосточном регионе опасные природные процессы нередко наносят ущерб населению и хозяйству. Этот ущерб пока еще не достигает катастрофических размеров только вследствие слабости в целом освоенности территории. Однако по мере все более интенсивного экономического развития негативные последствия наводнений, оползней, снежных лавин, селевых потоков и других неконтролируемых человеком опасных природных явлений будут все более внушительными. Это необходимо учитывать при планировании хозяйственной деятельности в регионе. ■

### Литература/References

1. Махинов А.Н., Поздняков А.В., Гусев М.Н., Помигуев Ю.В. Крупный оползень в долине р.Зей. География и природные ресурсы. 1993; 1: 175–177. [Makhinov A.N., Pozdnyakov A.V., Gusev M.N., Pomiguyev Yu.V. Large landslide in the valley of the River Zeya. Geography and Natural Resources. 1993; 1: 175–177. (In Russ.)]
2. Пинегина Т.К., Делемень И.Ф., Дрознин В.А. и др. Камчатская Долина гейзеров после катастрофы 3 июня 2007 г. Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2008; 1: 33–44. [Pinegina T.K., Delemen I.F., Droznin V.A. et al. Kamchatka Valley of Geysers after the catastrophe on 3 June 2007. Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences. 2008; 1: 33–44. (In Russ.)]
3. Алексеев М.Д., Онухов Ф.С., Уфимцев Г.Ф. Сбросообвалы на северо-западном побережье Охотского моря. Геология и геофизика. 1975; 8: 87–95. [Alekseev M.D., Onukhov F.S., Ufimtsev G.F. Fault-induced rockfalls on the northwestern coasts of the Sea of Okhotsk. Geology and Geophysics. 1975; 8: 87–95. (In Russ.)]

## Landslide and Tsunami on the Bureya River on December 11, 2018

A.N.Makhinov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Water and Ecological Problems, FEB, RAS (Khabarovsk, Russia)

<sup>2</sup>Pacific National University (Khabarovsk, Russia)

The article presents first results of the expedition survey of a large landslide in the water area of the Bureya Dam, which took place on December 11, 2018. The characteristics of the main parameters and consequences of one of the largest geological phenomena in Russia are given.

**Keywords:** landslide, Bureya, Bureya reservoir, tsunami wave.



# «Змеиное масло» нейтрофилов, или Как осечка помешала открытию

И.А.Линге

Центральный научно-исследовательский институт туберкулеза (Москва, Россия)

Почти детективная история о том, как пойти туда, не зная куда, чтобы найти то, не зная что, и о том, как порой важно выбрать правильную стратегию исследования, использовать подходящие методы и подвергать сомнению результаты. Существует немало данных о способности нейтрофилов подавлять деление (пролиферацию) Т-лимфоцитов в разных моделях воспаления и клеточных взаимодействий. Обычно уровень пролиферации и степень ее подавления оцениваются по включению радиоактивной метки ( $^3\text{H}$ )-тимидин. В наших опытах по регуляции нейтрофилами Т-клеточного иммунитета при экспериментальном туберкулезе было обнаружено некое растворимое вещество, принятое нами за «фактор подавления пролиферации», который синтезируют нейтрофилы. Однако в дальнейшем выяснилось, что они продуцируют по неясным пока причинам большое количество внеклеточного тимидина, который за счет конкуренции ингибирует включение радиоактивной метки.

**Ключевые слова:** нейтрофилы, Т-лимфоциты, тимидин, стратегия научного поиска.

**П**орой мы, ученые, забываем о вероятности получения каких-то артефактов, поскольку строим гипотезы на базе опубликованных и проверенных данных. Но даже если вы обложились самой лучшей литературой и имеете доступ к самому современному оборудованию, результат, к сожалению, не гарантирован. Для успеха научного эксперимента важны еще и не совсем научные составляющие: иногда везение или стечение обстоятельств приводит к весьма неожиданным результатам...

## Предыстория

История эта началась довольно давно, правда, и закончилась уже не вчера. Но, чтобы понять, что произошло, для начала необходимо определить основные понятия, относящиеся к противотуберкулезному иммунитету, важную роль в котором играют клетки иммунной системы — макрофаги, нейтрофилы и Т-лимфоциты.

Макрофаги поглощают (фагоцитируют) возбудителей туберкулеза — микобактерии (*Mycobacterium tuberculosis*), что приводит к запуску механизмов активации врожденного иммунитета. Кроме того, макрофаги — профессиональные антиген-



**Ирина Андреевна Линге**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории иммуногенетики Центрального научно-исследовательского института туберкулеза. Область научных интересов — клеточные механизмы иммунного ответа при туберкулезе. Лауреат конкурса «Био/мол/текст-2018» в номинации «Своя работа». e-mail: iralinge@gmail.com

презентирующие клетки (АПС, от англ. Antigen Presenting Cell): на их поверхности расположены молекулы главного комплекса тканевой совместимости класса II (МНСII, от англ. Major Histocompatibility Complex), которые представляют фрагменты микобактерий (антигены) Т-лимфоцитам, что приводит к их активации и запуску адаптивного (приобретенного) звена иммунной системы [1]. Стимулированные Т-лимфоциты, в свою очередь, активируют макрофаги, чтобы те начали убивать поглощенные бактерии.

Нейтрофилы — клетки врожденного иммунитета — одни из первых мигрируют в область воспаления. Они активно фагоцитируют микобактерии, но не способны эффективно их убивать и не могут активировать Т-клетки. Таким образом, нейтрофилы выступают в качестве троянского коня, экра-

нируя бактерии от профессиональных APC, к которым, помимо макрофагов, относятся дендритные клетки, и при этом продуцируют различные факторы, провоцирующие излишнее воспаление.

Сотрудники нашей лаборатории в числе первых опубликовали данные о негативной роли нейтрофилов в развитии туберкулеза [2]. Кроме того, в последнее время в литературе уделяется значительное внимание взаимодействию врожденного и приобретенного иммунитета, в том числе взаимодействию макрофагов, нейтрофилов и Т-лимфоцитов. В частности, изучаются различия в активации Т-лимфоцитов макрофагами, которые фагоцитируют непосредственно бактерии или нейтрофилы с бактериями внутри.

Во время выполнения всяких экспериментов для моей диссертации, связанной с изучением ме-

ханизмов иммунного ответа на вакцинацию BCG, среди прочего мне было необходимо оценивать способность Т-лимфоцитов делиться (пролиферировать). Изучали мы тогда взаимодействие макрофагов и нейтрофилов, поглощающих возбудителей туберкулеза, с Т-лимфоцитами, специфичными к микобактериальным антигенам.

Тем, кто занимается иммунологией, хорошо известно, что активность Т-лимфоцитов оценивается в том числе по их способности делиться в ответ на различные стимулы. Одним из быстрых, удобных и доступных в нашей лаборатории способов оценки пролиферации клеток было определение включения изотопа ( $^3\text{H}$ )тимидина в ДНК. Метод очень прост: в культуру анализируемых клеток добавляют  $^3\text{H}$ тимидин — меченый тритием тимидин (один из четырех нуклеозидов, входящих в состав ДНК).

Следовательно, если клетки делятся, этому предшествует репликация ДНК — синтез новых цепей ДНК на основе уже имеющихся в клетке. Если синтезируется новая ДНК, то  $^3\text{H}$ тимидин будет в нее включаться наравне с немечеными нуклеозидами. Затем нужно измерить интенсивность включения метки счетчиком радиоактивности. Несмотря на то что метод довольно старый, он до сих пор довольно широко используется во всем мире.

Во время экспериментов мы обратили внимание на то, что, если в совместной культуре клеток присутствуют нейтрофилы (независимо от наличия в них бактерий), включение  $^3\text{H}$ тимидина сильно (в некоторых случаях почти на 90%) снижается, а значит, подавляется, как мы думали, и пролиферация Т-лимфоцитов (рис.1). Безусловно, нас это очень заинтересовало.

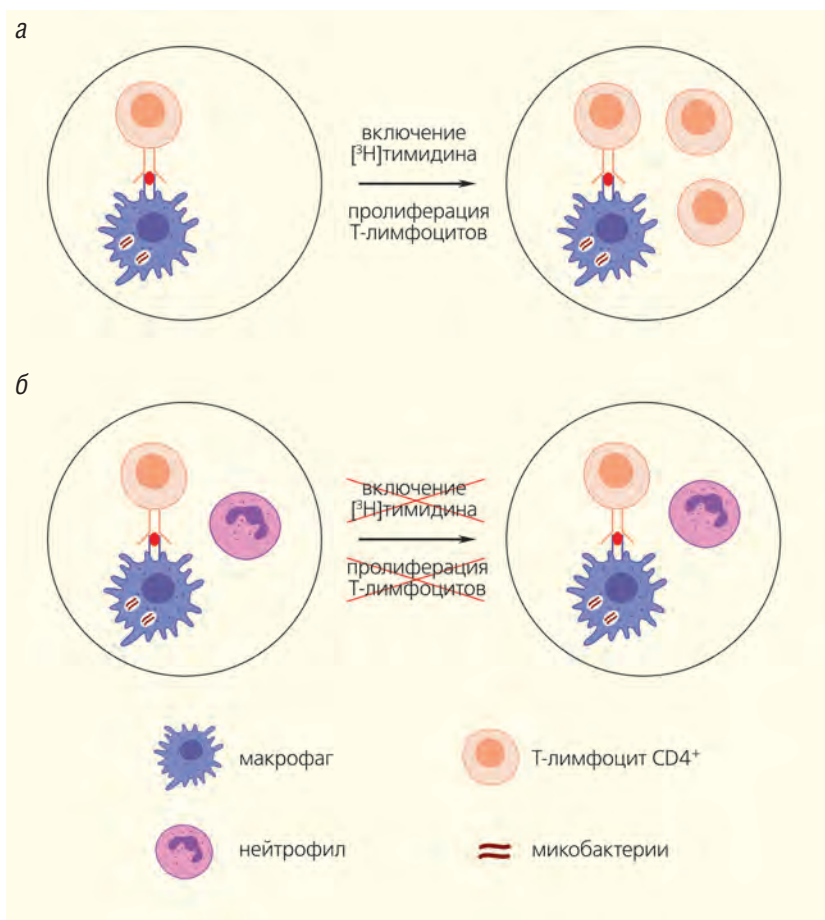


Рис.1. Схема взаимодействия макрофагов, нейтрофилов и Т-лимфоцитов. Макрофаги захватывают микобактерии, которые оказываются внутри клеток в специальных пузырьках — фагосомах, а затем в лизосомах. В этих пузырьках микобактерии разрушаются, а их фрагменты (антигены) в составе специальных молекул (MHCII) представляются на поверхности макрофагов. Т-лимфоциты CD4<sup>+</sup> могут «видеть» такие молекулы с фрагментами бактерий, в результате чего Т-клетки получают сигнал к активации и делению. Мы оценивали интенсивность пролиферации Т-клеток по включению  $^3\text{H}$ тимидина в ДНК (а). Если в такой системе *in vitro* присутствуют нейтрофилы, то Т-лимфоциты не включают радиоактивный тимидин, а значит, как мы думали, и не делятся (б).

## Много усилий и отсутствие результата

Конечно, сразу возник вопрос, что это за компонент, приводящий к практически полному прекращению пролиферации Т-клеток. На первый взгляд казалось, что все довольно просто: «прошерсти» литературу, оцени экспрессию генов в нейтрофилах, определи концентрацию извест-

ных молекул-супрессоров Т-клеточной пролиферации, попробуй их заблокировать — глядишь, и что-нибудь найдется. А если нет, то ждет тебя другой путь, более извилистый. Так мы, конечно, и сделали, но... ничего не нашли.

Мы решили проверить в системе Transwell\*, необходимо ли нейтрофилам контактировать с Т-лимфоцитами для подобного действия или нейтрофилы просто выделяют некий растворимый фактор. Убедились, что это нечто растворимое, и начали искать ингибиторы Т-клеточной пролиферации в надосадочной жидкости (супернатанте) нейтрофилов. Оказалось, что самые известные их супрессоры (IL-10, TGF- $\beta$ , аргиназа и простагландин) к этому не причастны. Кроме того, выяснилось, что это «нечто» довольно стабильное: его можно несколько раз замораживать, кипятить, и при этом ничего не меняется — это «нечто» продолжает подавлять включение метки в ДНК специфических Т-лимфоцитов.

На следующем этапе мы решили проверить, ограничивается ли это явление специфическими к микобактериальным антигенам Т-лимфоцитами или оно гораздо шире. Для этого использовали другие, неспецифические стимулы пролиферации Т-лимфоцитов (корцептор CD3, конканавалин А), но результат был прежним.

Наконец, мы взяли миелому и испробовали неизвестное вещество на ней. Когда мы увидели, что при добавлении этого «нечто» миелома не включает тимидин, подумали: «Ну, Нобелевская, не меньше!». Стало понятно, что все это уже лежит вне области туберкулеза, но хочется же найти ответ на мучающий вопрос. Но как же определить это «нечто»? А главное — стоит ли за это браться, поскольку следующие действия лежат, скорее всего, вне нашей компетенции...

Дальнейшая стратегия опять казалась вполне понятной: раздели полученный от нейтрофилов супернатант на фракции, определи как-то массу, элементный состав и структуру искомого вещества — и получишь ответ. Но, как обычно, путь исследователя тернист и извилист. То, что умещается в описании в несколько строк, в реальности растягивается на годы. И вот начала я искать, кто бы мне разделил это супернатант на составляющие. Все выглядело как-то безрадостно — я не могла найти подходящего человека, который должен быть не только знающим и умеющим, но и не занятым по горло своими интересами. К тому же он должен почему-то погрузиться в мою проблему, а еще и осуществить мои желания. И, как обычно, в разговорах вдруг выяснилось, что у коллег есть знакомый,

владеющий методами высокоэффективной жидкостной хроматографии (HPLC, от англ. High performance liquid chromatography). И вот еду я со своей пробиркой, надеясь на чудо. Первый же личный контакт почему-то вызывает интерес к моей проблеме, и человек решает мне помочь, и помогает, и притом совершенно бесплатно, то есть даром. Супернатант разделили.

Как сейчас помню, стою я у счетчика радиоактивности и жду заветных цифр. И вот они (адреналин зашкаливает, сердце стучит) — получилось! А что, собственно, получилось? Да просто все как-то сдвинулось с мертвой точки — только одна из полученных фракций подавляла включение метки. В такой момент ощущаешь прилив счастья и осознание, что ты занимаешься тем, что тебе действительно нравится. И так, наше плодотворное сотрудничество привело к тому, что после нескольких последовательных разделений получилась фракция, содержащая монокомпонент, добавление которого приводило к ингибированию включения тимидина в активированные Т-лимфоциты. Но мучил прежний вопрос: что ЭТО?

На каком-то очередном сборище (школе или конференции) я разговорилась с одним физиком, который сказал, что они как раз занимаются определением элементного состава веществ и, возможно, смогут мне помочь. Договорились списаться, чтобы подробнее это обсудить. И вот я получаю письмо, подтверждающее, что они могут это сделать и что им необходимо 10 мг этого «нечто». Тут я призадумалась... Непосвященному читателю может показаться, что 10 мг — ерунда, поэтому поясню, как мы получали это неизвестное вещество. Оно секретируется нейтрофилами мышей, и, чтобы его получить, нужно ввести в их брюшную полость, например, пептон, который вызывает в этой области неспецифическое воспаление и мощный приток нейтрофилов. Затем нужно выделить нейтрофилы из брюшной полости (из одной мыши выделяется примерно 15–20 млн клеток), поместить их в культуру *in vitro* и через 24 ч собрать супернатант, содержащий много всего, и в том числе неизвестное «нечто». Потом нужно разделить супернатант с помощью HPLC, сконцентрировать или высушить нужную фракцию и тогда уже отдавать на определение.

Я начала считать, сколько килограммов мышей мне нужно и сколько литров супернатанта надо прогнать с помощью HPLC, чтобы получить заветные 10 мг. Это казалось совершенно нереальным. Хотя стоит отметить, что коллега, разделявший супернатант, согласился на муторную и длительную работу, просто тоже увлекшись получением результата.

Параллельно я нашла несколько мест, где мне попытались определить массу этого «нечто» с по-

\* Transwell — система, где изучаемые клетки физически изолированы друг от друга мембраной с порами, через которые могут проникнуть только молекулы.

мощью масс-спектрометрии. Единственное, что я знала на тот момент, — размер моего «нечто» меньше 10 кДа. Это мы определили с помощью простого диализа: раствор помещается в диализный мешок с определенного размера порами, а мешок — в соответствующую среду в большем объеме. Если искомое вещество меньше диаметра пор, то оно выйдет наружу, все просто. К сожалению, диализных мешков с диаметром пор меньше 10 кДа в ближайшем окружении не нашлось...

Результаты масс-спектрометрии, несмотря на предполагаемую высокую точность метода, были довольно противоречивыми. В одном месте мне определили, что это вовсе не один, а два компонента массой примерно 3 и 7 кДа. В другом месте мне сказали, что масса образца 1 кДа, а в третьем определили интересную структуру. Когда же я приехала за результатом и мы с оператором масс-спектрометра стали внимательно изучать выданную прибором диаграмму, оказалось, что это спектр песчинки пластика, случайно попавшей в образец, — видимо, при вакуумной сушке. Наконец, коммерческое предприятие, анонсирующее свои услуги по определению элементного состава веществ, на деле расписалось в своем бессилии. Надо признать, что все это как-то меня ввергало в уныние. Я понимала, что заниматься чем-то совершенно не из своей области непросто — как говорится, не суйся в воду, не зная броду. Хотя внутри теплилась надежда, что что-то как-то где-то сложится, меня в очередной раз посетила мысль: «Не бросить ли все это?».

В своем повествовании я случайно упустила важный факт. Каждый раз, проверяя действие вещества на пролиферирующие Т-лимфоциты, я, конечно же, смотрела в микроскоп на культуру клеток. Делящиеся Т-лимфоциты от неделящихся, как правило, можно отличить на глаз: при пролиферации они собираются в кучки (кластеры), а покоящиеся клетки равномерно распределены на дне лунки планшета. Так вот, ко всем имеющимся загадкам добавлялась еще одна: на глаз все выглядело одинаково: как будто все клетки делятся. Закралось сомнение: возможно, все не совсем так, как мы думаем. Чтобы его развеять, мы решили проверить пролиферацию двумя способами: с помощью радиоактивного тимидина ( $[^3\text{H}]$ тимидина) и флуоресцентной метки (CFSE, Carboxy fluorescein succinimidyl ester — вещество, которое проникает в клетку и ковалентно связывается с различными макромолекулами). Действительно, оказалось, что Т-клетки прекрасно делятся, но изотоп тимидина по-прежнему не включают. Стало ясно, что речь уже идет не о блокировке пролиферации, а о блокировке включения тимидина в ДНК Т-лимфоцитов. Это немного повлияло на постановку задач и ход наших размышлений (зачем природе это нужно?), но совер-

шенно не облегчило определение «нечто». Мысль забыть про все это посещала меня все чаще...

## И все-таки результат

В это же время я собиралась ехать в США учиться гистологии, иммуногистохимии и всему, чему еще придется. Естественно, при обсуждении планов работы я упомянула, что у меня есть некое загадочное вещество, которое никак не удастся определить. И решила взять его с собой на случай, если кто-то сможет и захочет мне помочь. Поскольку оно довольно стабильное, проблем с перевозкой возникнуть не должно было. И вот оно вместе со мной полетело к Ниагаре. С легкой руки моего волшебного наставника мое «нечто» получило имя «змеиное масло»\*, которое теперь хранилось в холодильнике Онкологического центра, основанного в 1898 г. Р.Парком (Roswell Park Cancer Center) в Буффало (штат Нью-Йорк).

Мы проверили действие «змеиного масла» на других клетках, посмотрели, что при этом происходит с клеточным циклом, обнаружили небольшие, но не принципиальные изменения в одной из фаз. В то же время туда приехал замечательный химик, который на одном из «перекуров» почему-то согласился взять образец и отдать его на анализ. Таким образом, «змеиное масло» потекло с севера на юг — в Сан-Диего, и, к счастью, никто не разлил его.

Время шло, командировка моя подходила к концу, другие проекты как-то продвигались. И вот в один прекрасный день я получаю письмо с отчетом о проведенном анализе. За какие-то 70 долларов, которые так никто с нас и не взял, ребята из солнечного Сан-Диего определили, что «змеиное масло» имеет массу 242 Да и что в его составе точно есть водород, — не очень обнадеживающе, но все же... На остальное определение, к сожалению, вещества не хватило. Тем не менее это был очередной шаг на пути преодоления.

Попытки биться во все двери и окна привели к нашим коллегам, владеющим ЯМР-спектроскопией. В очередной раз я услышала, сколько нужно вещества, чтобы его качественно проанализировать. На этот раз необходимо было 2 мг — это, конечно, не 10, но тоже прилично. Договорились, что я сконцентрирую все добытое «змеиное масло», высушу его и привезу для анализа — вдруг получится. В очередной раз, ни на что не надеясь, я отвезла пробирку и уехала в отпуск в Баварию гулять по горам Гармиш-Партенкирхена...

Спустя время я открываю почту и вижу письмо, которое, как несложно догадаться, содержит две

\* «Змеиное масло» — устойчивое выражение для обозначения всевозможных средств со скрытым составом и отсутствующим лечебным воздействием.

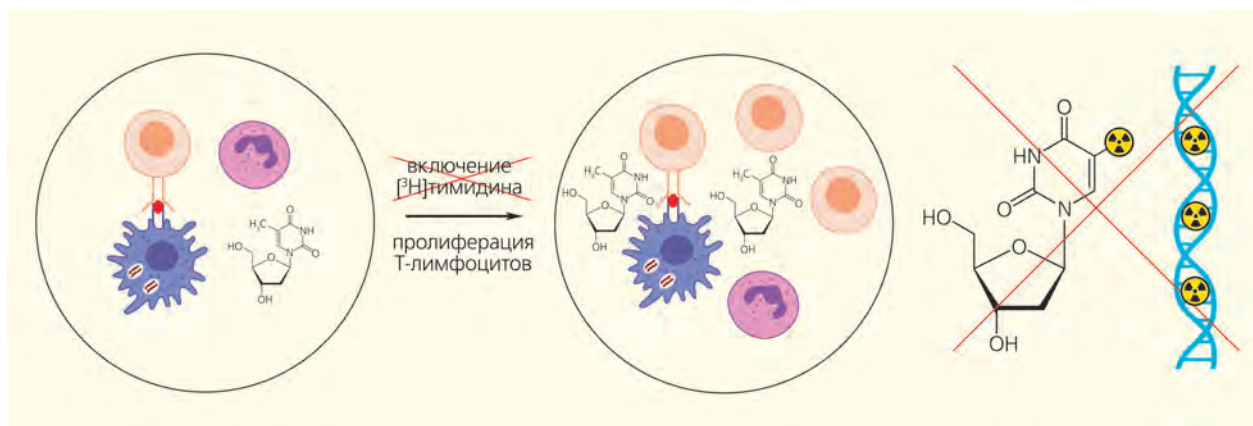


Рис.2. Нейтрофилы мышей выделяют в большом количестве тимидин, что препятствует включению радиоактивного  $[^3\text{H}]$ тимидина в ДНК при репликации.

новости — хорошую и плохую. «Змеиное масло» расшифровано, что не может не радовать. Глаза начинают перескакивать с первых строчек письма на последние, чтобы поскорей узнать результат, но одновременно хочется и оттянуть долгожданный момент. Как будто читаешь детектив, разгадка уже близка, узнаешь имя убийцы и восклицаешь: «Нет-нет-нет, он не может быть убийцей!». Нет-нет-нет, это не может быть разгадкой нашей задачи: наше «нечто», «змеиное масло» — это что?! — самый обыкновенный тимидин?! Самый обыкновенный?! Просто меченый тимидин не включался в реплицирующую ДНК только потому, что в растворе был избыток обычного, немеченого, тимидина, который по какой-то неведомой причине выделяют в большом количестве нейтрофилы, никак не влияя при этом на пролиферацию Т-клеток? Ну да, оказывается, что так (рис.2) [3]. В этот момент показалось, что все было так очевидно, но почему эта мудрая мысль раньше не приходила в голову? Нобелевская не состоялась, Cell и Science будут по-прежнему как-то обходить без меня... Стало немного грустно, но и легко одновременно — как раз для горной прогулки.

### Выводы в основном очевидные

Полученные данные можно по-разному интерпретировать. Пока нет ответа на вопрос, почему и для чего нейтрофилы активно выделяют тимидин. Впервые подобные данные были опубликованы около 40 лет назад, а затем — еще спустя 30 лет. Было показано, что макрофаги [4] и некоторые виды миелом [5] тоже по неизвестным причинам выделяют тимидин, при этом для некоторых видов опухолей он просто токсичен. В клеточной биологии тимидин используют для синхронизации клеточного цикла *in vitro*. Может ли выделяемый нейтрофилами тимидин иметь подобную роль *in vivo* — неизвестно. Возможно, секреция тимидина нейтрофи-

лами как-то связана с их способностью делать знаменитые ловушки NETs (от англ. Neutrophil Extracellular Traps — внеклеточные сети нейтрофилов), в состав которых входит ДНК (рис.3, 4)[6]. Правда, неясно: секретируют ли нейтрофилы другие виды нуклеозидов?

Возможно, эта история не совсем научно-популярная, а больше популярно-научная, но она приводит к важным выводам. У нас есть стереотипы. В голове иммунолога есть формула «включение тимидина = пролиферация», а это, как показывает пройденный нами путь, не всегда верно. Наверняка аналогичные ситуации довольно часто встречаются в различных областях науки. Далеко не всегда можно четко определить причинно-следственную связь, поэтому важно проверять себя разными доступными способами, чтобы быть уверенным в получаемых результатах. И наконец, последний и самый важный вывод. Среди нас действительно много замечательных людей и специалистов, готовых помогать на разных уровнях, — нужно только правильно искать. Нетворкинг (этим англицизмом

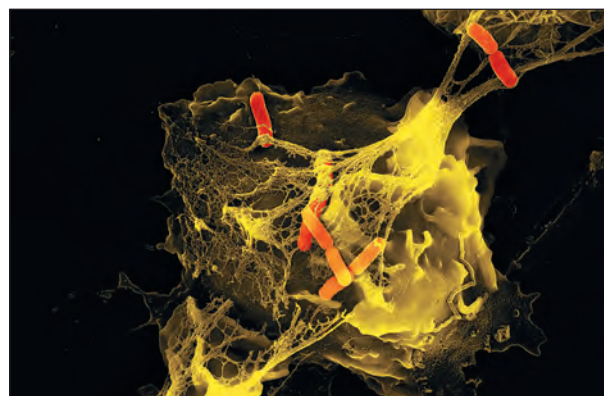


Рис.3. Электронная микрофотография активированного нейтрофила, выпустившего ловчие сети, в которые попали бактерии рода шигеллы (*Shigella* sp.).

[www.mpiib-berlin.mpg.de/forschung/zellulaere\\_mikrobiologie](http://www.mpiib-berlin.mpg.de/forschung/zellulaere_mikrobiologie)

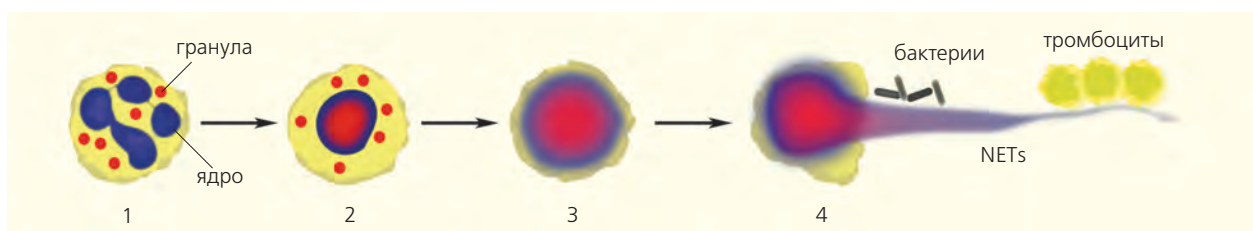


Рис.4. Схема формирования NETs [7]: 1 — активация нейтрофила; 2 — перемещение ферментов из гранул в ядро; 3 — деконденсация хроматина (раскручивание плотно упакованной молекулы ДНК в хромосоме) и разрушение внутренних мембран, при этом происходит смешивание нуклеоплазмы, цитоплазмы и антибактериальных белков гранул нейтрофилов; 4 — разрыв внешней оболочки нейтрофила и выброс во внеклеточное пространство ловчей сети для бактерий, тромбоцитов и т.д. Ловушка представляет из себя трехмерную сеть из нитей ДНК, на которых адсорбированы белки гранул нейтрофилов.

ныне называют полезные связи в профессиональной среде, которые помогают быстро и эффективно решать сложные задачи) — очень важная вещь. Оставаясь в тени или даже в темноте, сложнее найти нужный путь. Стоит ли заниматься делом, в ко-

тором ты не специалист? Думаю, что нет. Но если очень хочется, есть время и силы на освоение другой специальности, то, конечно, можно. «Viam super vadet vadens» (Дорогу осилит идущий) и «May the force be with you!» (Да пребудет с тобой Сила!). ■

*В этом исследовании на разных уровнях принимали участие большое количество людей, которым мы очень благодарны. А.С.Ант, в лаборатории которого проведена большая часть исследований. Т.А.Кондратьева и Е.В.Кондратьева, коллеги, активно принимавшие участие во всех экспериментах. В.А.Макаров, многократно разделявший супернатанты с помощью HPLC, А.С.Глейберман, окрестивший образец в «змеиное масло» и помимо прочего поспособствовавший передаче его А.Остерману, а затем и А.Ричардсону для определения массы с помощью масс-спектрометрии, и, наконец, В.И.Польшаков и О.Ю.Савельев, которые собственно определили структуру исследуемого образца.*

## Литература / References

1. O'Garra A., Redford P.S., McNab F.W. et al. The immune response in tuberculosis. *Annu. Rev. Immunol.* 2013; 31(1): 475–527. Doi:10.1146/annurev-immunol-032712-095939.
2. Eruslanov E.B., Lyadova I.V., Kondratieva T.K. et al. Neutrophil responses to *Mycobacterium tuberculosis* infection in genetically susceptible and resistant mice. *Infection and Immunity.* 2005; 73(3): 1744–1753. Doi:10.1128/IAI.73.3.1744-1753.2005.
3. Linge I.A., Kondratieva E.V., Kondratieva, T. K. et al. “Suppressor factor” of neutrophils: A short story of a long-term misconception. *Biochemistry (Moscow).* 2016; 81(11): 1284–1292. Doi:10.1134/S0006297916110067.
4. Stadecker M.J., Calderon J., Karnovsky M.L. et al. Synthesis and release of thymidine by macrophages. *J. Immunol.* 1977; 119(5): 1738–1743. Doi:
5. Spilsberg B., Rise F., Petersen D. et al. Thymidine secretion by hybridoma and myeloma cells. *Biochemical and Biophysical Research Communications.* 2006; 342(1): 221–226. Doi:10.1016/j.bbrc.2006.01.120.
6. Brinkmann V. Neutrophil Extracellular Traps in the Second Decade. *J. Innate Immun.* 2018; 10: 414–421. Doi:10.1159/000489829.
7. Fuchs T.A., Brill A., Wagner D.D. Neutrophil extracellular trap (NET) impact on deep vein thrombosis. *Arterioscler Thromb. Vasc. Biol.* 2012; 32(8): 1777–1783. Doi:10.1161/ATVBAHA.111.242859.

## Neutrophil “Snake oil”, or How a Misfire Prevented the Discovery

I.A.Linge  
Central Research Institute for Tuberculosis (Moscow, Russia)

It's almost a detective story about how to go no one know wither to fetch no one know what. It's also about the importance of choosing the right strategy of your investigation, using correct methods and being critical to the results. There is a considerable amount of data revealing the ability of neutrophils to suppress T cell proliferation in different models of inflammation and cell interaction. Often the level of T cell proliferation and its inhibition is detected by [<sup>3</sup>H]-thymidine incorporation. During the investigation of regulation of T cell response by neutrophils we detected an uncertain molecule secreted by neutrophils which we considered to suppress T-lymphocyte proliferation. Unexpectedly, later we revealed that neutrophils do not inhibit T cell proliferation but secrete a large amount of extracellular thymidine, which concur with [<sup>3</sup>H]-thymidine and inhibit its incorporation into T cell DNA.

**Keywords:** neutrophils, T-lymphocytes, thymidine, scientific search strategy.

# Ископаемые эндемики из асфальтового озера на Кубе

академик А.В.Лопатин<sup>1</sup>, Н.В.Зеленков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Палеонтологический институт имени А.А.Борисяка РАН (Москва, Россия)

Местонахождение Лас-Бреас де Сан-Фелипе на Кубе — одно из немногих битумных озер, в отложениях которого сохранились многочисленные остатки представителей эндемичной островной фауны позвоночных позднего плейстоцена и раннего — среднего голоцена, в том числе вымерших наземных ленивцев, реликтовых насекомоядных, нелетающих гигантских сов — орнимегалониксов и др. Природный асфальт продолжает выходить на поверхность и в настоящее время, предоставляя возможность для актуопалеонтологических наблюдений.

**Ключевые слова:** четвертичный период, Куба, асфальтовая ловушка, актуопалеонтология, вымершая эндемичная фауна позвоночных.

Все, кто интересуется палеонтологией, знают о Ранчо Ла-Бреа — местонахождении позднеплейстоценовых позвоночных в Калифорнии, огромной асфальтовой ловушке, ставшей 40 — 14–12 тыс. лет назад могилой для многочисленных животных [1] — от грызунов, птиц и насекомых до саблезубых кошек, мастодонтов и мамонтов. Несколько менее известно Бинагадинское кировое озеро в Азербайджане, где также найдены многочисленные остатки плейстоценовых животных возрастом около 96–120 тыс. лет [2], включая разнообразных птиц, а также крупных млекопитающих — волков, гиен, медведей, носорогов, лошадей, быков, антилоп и оленей. Подобные местонахождения известны также в Перу (Талара), на о.Тринидад (Пич-Лейк) и в некоторых других местах. На Кубе, в муниципалитете Марти провинции Матансас (координаты 22°57' с.ш., 80°58' з.д.), есть аналогичное местонахождение Лас-Бреас де Сан-Фелипе. В конце ноября 2018 г. здесь начала полевые работы Совместная российско-кубинская палеонтологическая экспедиция, созданная Палеонтологическим институтом РАН и Национальным музеем естественной истории Кубы. Российскую часть отряда представляли авторы статьи, кубинскую — директор музея Э.Перес Лоренсо и ее сотруд-



**Алексей Владимирович Лопатин**, академик РАН, доктор биологических наук, директор Палеонтологического института имени А.А.Борисяка РАН. Область научных интересов — морфология, филогения и эволюция позвоночных животных, биостратиграфия, палеобиогеография, палеоэкология. e-mail: alopata@paleo.ru



**Никита Владимирович Зеленков**, кандидат биологических наук, заведующий кабинетом палеорнитологии, ведущий научный сотрудник того же института. Специалист в области изучения морфологии, филогении и эволюции птиц. e-mail: nzelen@paleo.ru

ники Х.Пахон Морехон, Р.Рохас-Консуэгро, Л.Байсага Родригес и С.Фиоль Гонсалес.

Местонахождение Лас-Бреас де Сан-Фелипе представляет собой комплекс битумных озер и ис-



Расположение местонахождения Лас-Бреас де Сан-Фелипе (Куба).



Асфальтовое озеро Лас-Бреас де Сан-Фелипе.

Здесь и далее фото А.В.Лопатина



Местонахождение ископаемых остатков у асфальтовых источников Лас-Бреас де Сан-Фелипе.



точников и связанных с ними четвертичных отложений. Открытое еще в 1932 г. нефтяными геологами, оно было предварительно изучено палеонтологами лишь на рубеже XX и XXI вв. и получило известность как «маленькое Ранчо Ла-Бреа» [3, 4]. В результате полевых работ удалось обнаружить несколько участков, перспективных для поисков ископаемых позвоночных животных. В местонахождении найдены остатки насекомых, ракообразных, моллюсков, черепах, змей, крокодилов, птиц, насекомоядных, грызунов и наземных ленивцев. По составу моллюсков местонахождение датировано плейстоценом [5]. Радиоуглеродные датировки костей наземных ленивцев [6] дали абсолютный возраст от 11.8 тыс. лет (конец плейстоцена) до 4960 лет (средний голоцен).

### Коварная ловушка

Асфальтовые источники Лас-Бреас де Сан-Фелипе выходят на поверхность на площади около 5 км<sup>2</sup>. Они расположены на дне равнины недалеко от болотистой местности Махагияр близ северного побережья Кубы. Равнина плотно заросла пепельной мимозой (*Dichrostachys cinerea*), известной на Кубе как «дерево Марабу». Источники окружены небольшими холмами, сложенными миоценовыми известняками. До 1961 г. в некоторых источниках («смоляных ямах») добывали битум, а в настоящее время территория активно используется для производства древесного угля. Действующие источники обрамлены тонким слоем застывшего асфальта, который иногда содержит кости животных и древесину и переслаивается с песчано-глинистыми и песчано-гравийными отложениями, локально обогащенными ископаемым материалом.

Многие битумные источники в Лас-Бреас де Сан-Фелипе действуют и в настоящее время. В лужах и озерцах с вязким природным асфальтом гибнут современные звери и птицы, что позволяет прямо на местонахождении проводить актуопалеонтологические наблюдения. В асфальтовой луже обнаружен полупогруженный в вязкую битумную массу лежащий на боку свежий труп коровы, иллюстрирующий гибель крупных наземных растительноядных животных, приходивших на водопой; рядом найден череп еще одной особи. В конце плейстоцена и начале голоцена сходными по размеру животными были наземные ленивцы, такие как *Parocnus brow-*



Демонстрация вязкости природного асфальта в Лас-Бреас де Сан-Фелипе.

*ni*, чей фрагмент скелета был ранее найден на местонахождении. Видимо, древние наземные ленивцы, как и современные коровы, оказывались в битуме еще живыми. Другой яркий пример — хищные птицы, попадающие в асфальтовую ловушку в погоне за добычей или во время питания падалью. Поскольку в подобных местонахождениях число хищников и падальщиков весьма велико, их часто называют ловушками для хищников (predator trap).

В фаунистическом комплексе Лас-Бреас де Сан-Фелипе из беспозвоночных отмечены жук-плауонец, скарабей, десятиногие раки и многочисленные брюхоногие моллюски современных видов, среди которых определены наземные эндемики *Liguus fasciatus* и *Zachrysia auricoma* и около десятка мелководных морских форм [4, 5].



Труп коровы в современной асфальтовой ловушке Лас-Бреас де Сан-Фелипе.



Трупы птиц в современной асфальтовой ловушке Лас-Бреас де Сан-Фелипе.

Пресмыкающиеся представлены крокодилами *Crocodylus* sp., неопределенными черепахами и змеями семейства *Boidae* [4].

Среди птиц преобладают вымершие формы: аист-клювач (*Mycteria wetmorei*), еще один крупный аист (*Ciconia* sp.), кубинский кондор (*Gymnogyps varonai*), тераторнис (*Oscaravis olsoni*), кубинский нелетающий журавль (*Grus cubensis*), авдотка (*Burhinus* sp.), гигантский канюк (*Buteogallus borrasii*), крупная каракара-каранча (*Caracara creightoni*), мелкая крикливая каракара (*Milvago carbo*), крупная сипуха (*Tyto cravesae*) и гигантская нелетающая сова (*Ornimegalonyx* cf. *O. oteroi*) [4, 7–12]. Найдены и несколько современных видов: американский клювач (*Mycteria americana*), красноплечий канюк (*Buteo lineatus*), южномексиканский сокол (*Falco femoralis*), кубинский ворон (*Corvus nasicus*) [4, 7, 13].

Млекопитающих представляют насекомоядные, грызуны и вымершие наземные ленивцы [4, 6, 14, 15]. Насекомоядные включают современного кубинского щелезуба (*Solenodon cubanus*) и вымершего западнокубинского незофонта (*Nesophontes micrus*). Из грызунов найдены современная кубинская хутия (*Capromys pilorides*) и вымершие виды *Boromys torrei*, *Geoscapromys columbianus* и *Macrosapromys acevedoi*. Разнообразие наземных ленивцев характеризуют *Acratocnus antillensis*, *Megalocnus rodens*, *Neocnus gliriformis* и *Parocnus browni*.

### Карликовые гиганты и гигантские карлики

Упомянутого парокнуса Брауна иногда называют карликовым гигантским ленивцем. Такой странной характеристикой-оксюмороном это животное обязано эффекту островной карликовости, из-за которого континентальные крупные и даже гигантские млекопитающие (например, хоботные) при отсутствии хищников на островах эволюционировали в измельчавшие, карликовые формы.

Так случилось и с ленивцами Кубы, родственниками которых были южноамериканские и североамериканские наземные ленивцы из семейства мегалонирид, весившие до 1000 кг, как, например, плейстоценовый мегалоникс (*Megalonyx*).

В испаноязычной литературе парокнуса называют большим ленивцем [15], оценивая вес этой формы в 23–41 кг. Еще внушительнее был мегалокнус (*Megalocnus rodens*), — его называют кубинским гигантским ленивцем. Он был самым крупным из антильских островных млекопитающих своего времени, тяжело

сложенным и массивным, весом около 150–200 кг или даже до 270 кг [16, 17]. Древесные или полудревесные формы — антильский акратокнус (25–36 кг) и грызунообразный неокнус (около 12 кг) — именуется средним ленивцем и малым ленивцем, соответственно [15]. Неокнус был ближайшим родственником современного двупалого ленивца (*Choloepus didactylus*) [18], обитающего в Южной Америке и ведущего строго древесный образ жизни (оказавшись на земле, он не может ходить и вынужден ползти к ближайшему дереву).

Предки мегалокнуса, парокнуса и других ленивцев проникли на острова Карибского бассейна еще в олигоцене (33–23 млн лет назад) или в самом начале миоцена. Плейстоценовые виды в основном были массивными наземными формами, однако они сохраняли признаки древесного образа жизни своих предков — так же, как, например, гориллы среди обезьян. Их кисти и стопы были подвернуты внутрь, так что они ходили, опираясь на тыльную сторону пальцев. Строение таза и задних конечностей указывает на способность удерживать полубипедальное (двуногое, но с опорой передними лапами на стволы и ветки) положение тела, позволявшее объедать высокие деревья.

Кубинские наземные ленивцы на несколько тысяч лет пережили своих континентальных собратьев — мегалонирид, мегатериид и милодонтид, вымерших около 11–10 тыс. лет назад [19]. Последним ленивцем на Кубе был мегалокнус, чей зуб из местонахождения Солапа де Силес в провинции Гавана имеет радиоуглеродную датировку  $4190 \pm 40$  лет [20]. Таким образом, этот вид по меньшей мере тысячу лет сосуществовал с людьми, которые появились на Больших Антильских о-вах примерно 5200 лет назад.

Наряду с феноменом островной карликовости известен и островной гигантизм — обратный эффект увеличения размеров в процессе эволюции,

характерный для всех групп мелких млекопитающих, исключая рукокрылых. Больше всего вымерших в историческое время видов крупных и очень крупных грызунов жило в Вест-Индии. Так называемые пещерные крысы нескольких родов подсемейства гетеросомииин (Heterosomyiinae) семейства колючих шиншилл, или щетинистых крыс (Echimyidae), обитали на островах Пуэрто-Рико, Куба, Хувентуд и Гаити. Самые большие из них достигали размеров агути (род *Dasyprocta*) и крупных современных щетинистых крыс (длина тела до 50–60 см, вес до 4 кг). Гаитянские и кубинские виды известны по остаткам из пещерных отложений, а также из кухонных отбросов древнего коренного населения. Их вымирание во времена появления европейцев может быть связано с интродукцией черной крысы (*Rattus rattus*). До прихода европейцев дожили и пещерные крысы Торре (*Boromys torrei*), попавшие в ловушку Лас-Бреас де Сан-Фелипе. Но это были как раз небольшие зверьки с длиной черепа чуть более 4 см, относительно короткомордые и коротколапые [21].

Существенно крупнее представители хутиевых (Capromyidae) — массивные грызуны плотного телосложения. Современная кубинская хутия, или хутия конга (*Capromys pilorides*), также известная из Лас-Бреас де Сан-Фелипе, достигает длины 60 см (плюс хвост длиной 30 см) и веса 9 кг. Она обитает в тропических лесах вблизи водоемов, обычно на равнинах, реже в горах. Отлично лазает по деревьям, питается плодами, листьями и корой. Хутии живут парами, строят гнезда из листьев и ветвей в мангровых зарослях. Вид довольно многочисленный, даже разрешен лицензионный отстрел этих грызунов. Помимо хутии конга, на Кубе и мелких островах, расположенных у ее побережья, обитают пять видов рода мезокапромисов (*Mesocapromys*) и два вида длиннохвостых хутий (*Mysateles*). Эти более мелкие (длина без хвоста 20–40 см) животные — весьма редкие, находятся под угрозой исчезновения. Интересно, что карликовая хутия (*Mesocapromys nanus*) сначала была описана в ископаемом состоянии, а через год переописана по пойманному в природе экземпляру [21].

В асфальтовую ловушку Лас-Бреас де Сан-Фелипе также попали вымершие в историческое время короткохвостая хутия (*Geocapromys columbianus*) и хутия Асеведо (*Macrocapromys acevedoi*). Первый



Реконструированный скелет наземного ленивца, *Megalocnus rodens* (экспозиция Национального музея естественной истории Кубы в Гаване).

вид был существенно меньше кубинской хутии, а второй несколько превосходил ее размерами [15]. Однако и ему было далеко до настоящих гигантских хутий — представителей вымершего семейства семизубовых (Heptaxodontidae), обитавших на других островах Карибского бассейна (Пуэрто-Рико, Ямайка и Малых Антильских о-вах) до вселения человека. Телосложение семизубовых было тяжелым, они весили в основном более 10 кг. Но даже среди них поистине огромной выглядит амблириза (*Amblyrhiza inundata*), известная по черепным фрагментам и зубам из пещерных отложений островов Ангилья и Сен-Мартен. Длина черепа этого грызуна составляла около 40 см. Видимо, амблириза достигала массы около 200 кг, втрое превосходя современных водосвинок (*Hydrochoerus hydrochaeris*).



Чучело кубинской хутии, *Capromys pilorides* (экспозиция Национального музея естественной истории Кубы).

## Реликтовые островитяне

Насекомоядные Антильских о-вов представлены двумя эндемичными семействами: находящимися под угрозой исчезновения щелезубами (*Solenodontidae*) и вымершими в историческое время незофонтами (*Nesophontidae*).

Незофонты (вест-индские, или островные, землеройки) еще 600–500 лет назад обитали на островах Карибского моря. В 1916 г. американский териолог Г.Э.Энтони сообщил о присутствии в Вест-Индии нового животного, названного им *Nesophontes edithae*. Описание было основано на костных остатках, впервые обнаруженных в пещерах Пуэрто-Рико супругой исследователя Эдит, в честь которой он и назвал новый вид [22]. Слово «незофонт» с древнегреческого переводится как «островной убийца» и указывает на хищнический образ жизни зверька. Пуэрториканский незофонт достигал в длину 19 см и весил до 150 г [23]. Отсутствие близкородственных групп позволило Энтони выделить новое семейство *Nesophontidae*. Доголоценовые незофонты или их прямые предки до сих пор неизвестны. Молекулярно-генетические данные свидетельствуют об их близком родстве с щелезубами и об обособленном положении среди насекомоядных в целом [24]. Видимо, оба эти семейства — реликты палеогеновой эпохи [25].

Пуэрториканский незофонт известен с островов Пуэрто-Рико, Вьекес, Сент-Джонс и Сент-Томас, другие виды — с Кубы, Гаити, островов Гонав, Хувентуд, Большой Кайман, Кайман-Брак. Самые мелкие незофонты (*N.zamicrus*), жившие на Гаити, были около 5 см длиной и весили 8–10 г [23]. Сообщения о совместных находках остатков незофонтов и черных крыс позволили предполагать,



Чучело кубинского незофонта, *Solenodon cubanus* (экспозиция Национального музея естественной истории Кубы).

что вест-индские землеройки дожили по меньшей мере до эпохи Колумба. На Гаити в 1930 г. американский антрополог и путешественник Г.В.Кригер обнаружил в птичьих погачках из Монте-Куло де Мако остатки вида *N.paramicrus* и других вымерших эндемиков в ассоциации с остатками черной крысы. Вместе с костями были найдены кусочки мягких тканей и шерсть. Описавший эти остатки американский териолог Г.С.Миллер сделал вывод, что животные были съедены совами всего лишь за один-два года до времени находки [26]. В дальнейшем этот вывод более 50 лет давал основание утверждать, что незофонты (а также некоторые эндемичные мелкие грызуны) дожили до конца XIX или до начала XX в., выдержав конкуренцию с интродуцированными около 1500 г. крысами и мышами, и исчезли только после вселения в Вест-Индию в 1870-х гг. мангустов. Ассоциация незофонтов и крыс была установлена для видов с Кубы, Гаити и Каймановых о-вов. Остатки крыс, найденные в пещере на Кубе вместе с *N.superstes*, показались настолько свежими, что этот вид незофонтов из провинции Пинар-дель-Рио был объявлен выжившим (собственно, так и переводится его видовое название) [27]. В действительности же остатки незофонтов с Кубы и Гаити, считавшиеся почти современными, согласно данным радиоуглеродного анализа относятся к XII–XV вв., тогда как самые древние находки крыс из Монте-Куло де Мако датируются XVI–XVII вв. [28]. Таким образом, ассоциация остатков незофонтов и крыс образовалась, скорее всего, в результате перемешивания разновозрастного погачкового материала.

С Кубы были описаны пять видов незофонтов: западнокубинский — *N.micrus* (представленный в Лас-Бреас де Сан-Фелипе и других местонахождениях), узконосый (*N.longirostris*), малый кубинский (*N.submicrus*), большой кубинский (*N.major*) и *N.superstes* [23]. В настоящее время либо все четыре последних признают синонимами *N.micrus* [15, 23], либо немного более крупного *N.major* считают отдельным видом [29, 30]. Западнокубинские незофонты весили от 40–50 г [23] до 97 г [31], большие кубинские — 110–114 г [31]. Изучение строения слепков мозговой полости незофонтов показало, что это были ночные наземные роющие животные с хорошо развитыми слухом, обонянием и осязанием и несколько лучшим по сравнению с другими насекомоядными зрением [31].

Помимо незофонтов в голоцене на Кубе вымер гигантский, или сан-рафаэльский, щелезуб (*Solenodon arredondo*). Реконструируемая длина тела гигантского щелезуба — 45–55 см, вес — 1.5–2 кг [32]. В общем, это существенно больше, чем у двух ныне живущих видов — кубинского (*S.cubanus* — 36 см, 800 г) и гаитянского (*S.paradoxus* — 39 см, 1100 г). Современные щелезубы — обитатели лесов и кус-

тарниковых зарослей — мелкие неспециализированные хищники и при этом самые крупные плотоядные млекопитающие местного происхождения на островах. Внешне они напоминают огромных неуклюжих землероек. Питаются в основном насекомыми, а также крабами, лягушками, жабами, ящерицами, змеями и птичьими яйцами [33]. Ведут ночной образ жизни. Их характерная особенность, весьма необычная для млекопитающих, — наличие продуцирующей ядовитую слюну подчелюстной железы, проток которой открывается у основания второго нижнего резца, имеющего на передней поверхности щель для стока слюны (отсюда и название — щелезуб). Этот яд смертелен для мелких животных и даже собак, а у человека он вызывает опухание укушенной области, длительное повышение температуры и другие болезненные ощущения [33].

Кубинский щелезуб (на Кубе его называют «альмики») до 1974 г. в течение 20 лет считался исчезнувшим видом. В настоящее время его область распространения ограничена восточной частью Кубы — охраняемыми территориями в провинциях Ольгин и Гуантанамо [23].

### Великаны мира птиц

Среди современных птиц самый большой размах крыльев (до 3.5 м) имеет странствующий альбатрос, но в прошлом существовали и гораздо более крупные летающие птицы. Рекордсменами по размаху крыльев (около 6.4 м у некоторых представителей) считаются вымершие морские ложнозубые птицы (Pelagornithidae), напоминающие общими пропорциями тела альбатросов. Но до недавнего времени [34] титул самой большой летающей птицы принадлежал величественному аргентавису (*Argentavis magnificens*) — гигантскому хищнику-парильщику, обитавшему в Южной Америке в конце миоцена. Когда-то размах крыльев аргентависа оценивали в 7 м, но по современным консервативным оценкам он не должен был превосходить 5.5 м. В Лас-Бреас де Сан-Фелипе найден близкий родственник аргентависа — несколько более мелкий *Oscaravis olsoni* [11]. Как и аргентавис, оскаравис относится к вымершему семейству тераторнитид (Teratornithidae) — загадочной группе хищных птиц южноамериканского происхождения с неясными родственными связями. Внешне тераторнитиды были похожи на современных кондоров, хотя в деталях строения скелета отчасти напоминали пеликанов или других веслоногих. Образ жизни этих крупных птиц остается предметом дискуссий: предполагается, что они могли быть как падальщиками (что объясняет конвергентное сходство наиболее продвинутых представителей с кондорами), так и активными хищника-

ми. Кроме того, рассматривается гипотеза о клептопаразитическом образе жизни аргентависа и оскарависа, предполагающем отнимание добычи у других хищников. Находка тераторнитиды на Кубе свидетельствует о том, что эти парильщики могли преодолевать крупные водные преграды.

Собственно кондоры (роды *Vultur* и *Gymnogyps* современного семейства Cathartidae, объединяющего грифов Нового Света) сегодня на Антильских островах отсутствуют, однако в Лас-Бреас де Сан-Фелипе найдены остатки вымершего кубинского кондора (*Gymnogyps varonai*). Сначала этого крупного хищника описали в составе отдельного ископаемого рода, но потом было показано его существенное сходство с современным калифорнийским кондором (*Gymnogyps californianus*) [8]. Предполагается, что кубинский кондор происходит от общего предка с калифорнийским и проник на Кубу через Флориду. Когда-то в плиоцене и плейстоцене кондоры из рода *Gymnogyps* были широко распространены как в Северной Америке, так и на севере Южной Америки, однако в настоящее время эта эволюционная линия практически исчезла с лица Земли. Последнего представителя этой группы, современного калифорнийского кондора, едва не постигла судьба кубинского кондора — он чуть не вымер в начале XX в.

В Лас-Бреас де Сан-Фелипе найдены остатки еще одного вымершего островного гиганта — канюка-крабоведа (*Buteogallus borraasi*). Эта крупная хищная птица была описана в 1970 г. в составе рода орлов (*Aquila*), от которых она все же отличается пропорциями задней конечности. Позднее выяснилось, что, за исключением крупных размеров, этот вымерший хищник почти неотличим от современного мексиканского крабового канюка, или большого крабоведа (*Buteogallus urubitinga*), по сути представляя его гигантскую островную копию [10]. В настоящее время на Кубе живет мелкий представитель этого рода — кубинский крабоед (*Buteogallus gundlachi*). Эта прибрежная форма населяет приморские болота и мангровые заросли и питается, как следует из названия, преимущественно крабами.

### Нелетающие птицы

Большинство птиц — прекрасные летуны. Тем не менее энергетические затраты на полет у среднестатистической птицы чрезвычайно велики, и поэтому в тех случаях, когда от полета можно отказаться, птицы от него отказываются. Как правило, это относится к островным формам и связывается с отсутствием хищников. Особенно склонны к потере полета некоторые группы птиц, для которых добывание корма с полетом не сопряжено. Так, например, огромное число современных и особенно вымерших нелетающих форм известно среди островных пастушковых (Rallidae). Но на Кубе в четвер-

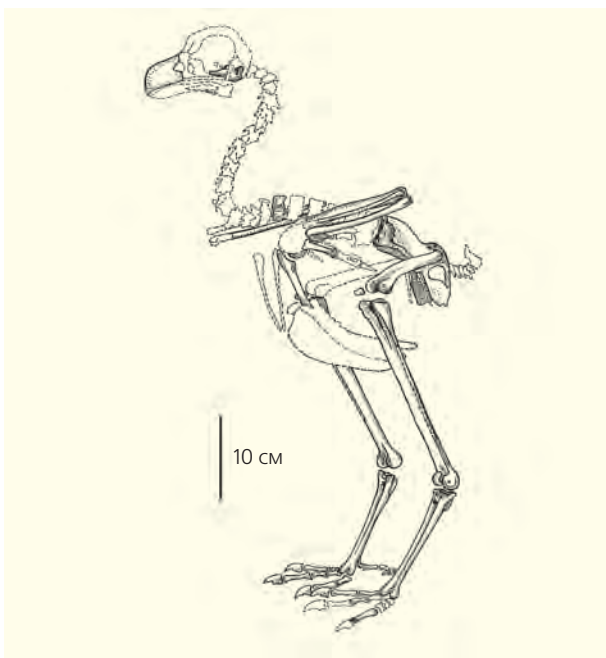


Орнимегалоникс атакует щелезуба. Рисунок П.Шоутена (Австралия) с разрешения правообладателя (Studio Schouten).

тичное время обитало несколько весьма нетипичных практически утративших способность к полету форм, из которых в Лас-Бреас де Сан-Фелипе найдены кубинский журавль и гигантская сова орнимегалоникс.

Наиболее примечательны орнимегалониксы. Эти очень большие совы занимали на Кубе нишу крупных наземных хищников. В переводе с греческого их название означает «большой птичий коготь». Размерами тела орнимегалониксы сильно выделялись среди современных сов и были сравнимы с крупнейшими грифами. Особенно мощные у них кости задней конечности, которые первоначально вообще были описаны как остатки фороракосов [35] — гигантских страусоподобных хищников, известных преимущественно из Южной Америки.

Исследованием орнимегалониксов специально занимался отечественный палеонтолог и орнитолог Е.Н.Курочкин, который провел на Кубе весь 1973 г. в поисках ископаемых остатков птиц. Изучение найденного им в одной из пещер скелета орнимега-



Орнимегалоникс: реконструкция скелета (рисунок Е.Н.Курочкина) и фрагментарный скелет *Ornimegalonyx oteroi* (экспозиция Национального музея естественной истории Кубы).

лоникса\* показало, что эти птицы полностью или практически полностью утратили способность к полету (возможно, они могли тяжело перепархивать на небольшие расстояния). Но зато у них были необычайно длинные и мощные ноги, с помощью которых они бегали и хватали крупных грызунов семейства хутиевых — их основную добычу. Степень развития задних лап орнимегалониксов позволяет предполагать, что они могли нападать и на некрупных ленивцев. Курочкин также выяснил по строению скелета, что ближайший родственник гигантских (по совиным меркам) орнимегалониксов — мелкая кубинская совка (*Margarobyas lawrencii*). Таким образом, орнимегалониксы и мелкие совы — это два крайних полюса размерной и экологической диверсификации каких-то предковых совиных — давних вселенцев на Кубу.

### Жемчужный крокодил и древесный удав

Остатки крокодилов, найденные в Лас-Бреас де Сан-Фелипе, определены как *Crocodylus* sp. [4]. На Кубе обитают два вида крокодилов — острорылый (*Crocodylus acutus*) и кубинский (*Crocodylus rhombifer*); кроме того на острове интродуцирован кро-

кодиловый кайман (*Caiman crocodilus fuscus*). Обнаруженная в асфальтовом местонахождении крупная остеодерма (кожное окостенение) по форме соответствует таковым *Crocodylus rhombifer*.

Кубинский, или жемчужный, крокодил живет ныне лишь в двух болотистых районах: Сапата в провинции Матансас и Ланиэр на о.Хувентуд (всего не менее трех тыс. особей) [36]. Представители этого вида могут достигать 4.9 м длины, хотя преобладают взрослые особи длиной до 2.1–2.3 м. Видовое наименование *rhombifer* означает «ромбоносный» и отражает форму кожных чешуй. Жемчужным его называют за необычную окраску из ярких желтых и черных пятен, хорошо заметных на боках животного. Благодаря сравнительно длинным лапам кубинский крокодил способен охотиться на суше.

Раньше этот вид крокодилов был распространен более широко — в частности, обитал на Каймановых и Багамских о-вах, где исчез лишь к XVIII–XIX вв. [37, 38]. В околородных экосистемах прошлого он выступал в роли хищника самого высокого порядка, как и сегодня. Учитывая более крупные по сравнению с современными особями размеры (длина до 5.5–6 м), плейстоценовые и раннеголоценовые жемчужные крокодилы могли охотиться не только на грызунов, таких как хутии, но и на наземных ленивцев, включая мегалок-

\* Курочкин Е.Н. Гигантские совы // Наука и жизнь. 1991. №6. С.118–119.



Кубинский крокодил нападает на наземного ленивца мегалокнуса, слева нелетающий кубинский журавль. Рисунок П.Шоутена (Австралия) с разрешения правообладателя (Studio Schouten).

нуса, что подтверждается следами зубов на костях некоторых их экземпляров [38, 39].

Другим суперхищником из числа рептилий на острове был и остается эндемичный кубинский удав (*Chilabothrus angulifer*) — единственная змея семейства ложноногих (Voidae) на Кубе (в Лас-Бреас де Сан-Фелипе определены остатки представителя этой группы). Кубинский удав достигает длины 3.7–4.85 м (максимально до 6.4 м), ведет древесный образ жизни, питается преимущественно теплокровной добычей: птицами, летучими мышами и грызунами [40]. До вымирания крупных представителей кубинской фауны его жертвами могли быть не только грызуны и жившие тогда на острове широконосые обезьяны, похожие на ревунов, но также большие птицы и даже наземные ленивцы, кроме разве что взрослых мегалокнусов. Крокодил царил вблизи водоемов, а удав — в горных и равнинных лесах.

\* \* \*

Одна из основных научных задач, стоящих перед Совместной российско-кубинской палеонто-

логической экспедицией, — комплексная реконструкция биоты Кубы конца плейстоцена — начала голоцена. Последовавшее за этой эпохой массовое голоценовое вымирание позвоночных на островах Карибского бассейна не имеет аналогов в четвертичной истории биоты. В настоящее время установлено, что вымирание эндемичных представителей карибской фауны млекопитающих произошло приблизительно на 6–7 тыс. лет позже вымирания позднеплейстоценовой мегафауны на Американских континентах [19]. Вслед за наземными ленивцами исчезли также вест-индские приматы, три четверти видов насекомоядных и 80% видов грызунов. Менее драматичные, но тоже очень существенные изменения произошли в фауне птиц и рептилий. Можно предположить, что исчезновение вест-индских эндемиков было связано как с локальными климатическими изменениями, так и с заселением островов человеком и интродуцированными животными. В деталях этого процесса и связанных с ним кризисов островных экосистем позволит разобраться изучение таких местонахождений, как Лас-Бреас де Сан-Фелипе. ■

**Работы Совместной российско-кубинской палеонтологической экспедиции получили финансовую поддержку Российского фонда фундаментальных исследований (грант №18-54-34004) и будут реализовываться в 2019–2021 гг.**

## Литература / References

1. Coltrain J.B., Harris J.M., Cerling T.E. et al. Rancho La Brea stable isotope biogeochemistry and its implications for the palaeoecology of late Pleistocene, coastal southern California. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2004; 205: 199–219.
2. Boev Z. Prof. Nikolay Burchak-Abramovich's private collection of Late Pleistocene birds from Binagada (Azerbaijan) — a lost treasure of avian paleontology: general review of the exploration of the site and its scientific value. *Proceedings of the 5th International Meeting of European Bird Curators. Monografien Vertebrata Aves. Natural History Museum Vienna*, 2010; 37: 169–198.
3. Iturralde-Vinent M.A., MacPhee R.D.E., Díaz Franco S., Rojas Consuegra R. Small «Rancho La Brea» site discovered in Cuba. *Journal of the Geological Society of Jamaica*. 1999; 33: 20.
4. Iturralde-Vinent M.A., MacPhee R.D.E., Díaz-Franco S. et al. Las Breas de San Felipe, a Quaternary fossiliferous asphalt seep near Martí (Matanzas Province, Cuba). *Caribbean Journal of Science*. 2000; 36(3–4): 300–313.
5. Richards H. Pleistocene mollusks from western Cuba. *Journal of Paleontology*. 1935; 9(3): 253–258.
6. Jull A.J.T., Iturralde-Vinent M., O'Malley J.M. et al. Radiocarbon dating of extinct fauna in the Americas recovered from tar pits. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. B*. 2004; 223–224: 668–671.
7. Suárez W., Olson S.L. New records of storks (Ciconiidae) from Quaternary asphalt deposits in Cuba. *Condor*. 2003; 105: 150–154.
8. Suárez W., Emslie S.D. New fossil material with a redescription of the extinct condor *Gymnogyps varonai* (Arredondo, 1971) from the Quaternary of Cuba (Aves: Vulturidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington*. 2003; 116(1): 23–37.
9. Suárez W., Olson S.L. A new species of caracara (*Milvago*) from Quaternary asphalt deposits in Cuba, with notes on new material of *Caracara creightoni* Brodcorb (Aves: Falconidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington*. 2003; 116(2): 301–307.
10. Suárez W., Olson S.L. The Cuban fossil eagle *Aquila borraasi* Arredondo — a scaled-up version of the great black-hawk *Buteogallus urubitinga* (Gmelin). *Journal of Raptor Research*. 2007; 41(4): 288–298.
11. Suárez W., Olson S.L. A new genus for the Cuban teratorn (Aves: Teratornithidae). *Proceedings of the Biological Society of Washington*. 2009; 122(1): 103–116.
12. Suárez W., Olson S.L. Systematics and distribution of the giant fossil barn owls of the West Indies (Aves: Strigiformes: Tytonidae). *Zootaxa*. 2015; 4020(3): 533–553.
13. Suárez W., Olson S.L. Red-shouldered hawk and Aplomado falcon from Quaternary asphalt deposits in Cuba. *Journal of Raptor Research*. 2003; 37(1): 71–75.
14. Díaz-Franco S. Los mamíferos fósiles del yacimiento «Las Breas de San Felipe», Martí, Matanzas, Cuba. Tesis de Maestría, Universidad de La Habana. Habana, 2006.
15. Silva Taboada G., Suárez Ducue W., Díaz Franco S. Compendio de los mamíferos terrestres autóctonos de Cuba, vivientes y extinguidos. Habana, 2007.



16. Paula Couto C. On two mounted skeletons of *Megalocnus rodens*. Journal of Mammalogy. 1956; 37(3): 423–427.
17. Paula Couto C. Pleistocene edentates of the West Indies. American Museum Novitates. 1967; (2304): 1–47.
18. Pujos F., De Iuliis G., Cartelle C. A paleogeographic overview of tropical fossil sloths: towards an understanding of the origin of extant suspensory sloths? Journal of Mammalian Evolution. 2017; (1): 19–38.
19. Steadman D.W., Martin P.S., MacPhee R.D.E. et al. Asynchronous extinction of late Quaternary sloths on continents and islands. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2005; 102(33): 11763–11768.
20. MacPhee R.D.E., Iturralde-Vinent M.A., Jiménez-Vázquez O. Prehistoric sloth extinctions in Cuba: implications of a new «last» appearance date. Caribbean Journal of Science, 2007; 43(1): 94–98.
21. Allen G.M. Fossil mammals from Cuba. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College. 1918; 42(4): 133–148.
22. Anthony H.E. Preliminary diagnosis of an apparently new family of insectivores. Bulletin of the American Museum of Natural History. 1916; 35(41): 725–728.
23. Borroto-Páez R., Mancina C., Woods C.A., Kilpatrick C.W. Updated checklist of endemic terrestrial mammals of West Indies. Terrestrial mammals of West Indies: contributions. Eds. R.Borroto-Páez, C.A.Woods, F.E.Sergile. Gainesville, 2012; 389–415.
24. Brace S., Thomas J.A., Dalén L. et al. Evolutionary history of the Nesophontidae, the last unplaced Recent mammal family. Molecular Biology and Evolution. 2016; 33(12): 3095–3103.
25. Lopatin A.V. Early Paleogene insectivore mammals of Asia and establishment of the major groups of Insectivora. Paleontological Journal. 2006; 40 (Suppl.3): S205–S405.
26. Miller G.S. Three small collections of mammals from Hispaniola. Smithsonian Miscellaneous Collections. 1930; 82(15): 1–10.
27. Fischer K.-H. Quartaere Micromammalia Cubas, vorwiegend aus der Hoehle San Jose de la Lamas, Santa Fe, Provinz Habana. Zeitschrift für Geologische Wissenschaften. 1977; 5: 213–255.
28. MacPhee R.D.E., Flemming C., Lunde D.P. «Last occurrence» of the Antillean insectivoran *Nesophontes*: new radiometric dates and their interpretation. American Museum Novitates. 1999; (3261): 1–20.
29. Condis Fernández M.M., Jiménez Vázquez O., Arredondo C. Revisión taxonómica del género *Nesophontes* (Insectivora: Nesophontidae) en Cuba. Análisis de los caracteres diagnósticos. Monografías de la Societat d'Història Natural de les Balears. 2005; 12: 95–100.
30. Rzebik-Kowalska B., Wołoszyn B.W. New data on *Nesophontes* subfossil populations from Cuba and Isla de la Juventud (Cuba). Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen. 2012; 263: 155–166.
31. Orihuela J. Endocranial morphology of the extinct Antillean shrew *Nesophontes* (Lipotyphla: Nesophontidae) from natural and digital endocasts of Cuban taxa. Palaeontologia Electronica. 2014; (17.2.22A): 1–12.
32. Morgan G.S., Ottenwalder J.A. A new extinct species of *Solenodon* (Mammalia: Insectivora: Solenodontidae) from the Late Quaternary of Cuba. Annals of the Carnegie Museum. 1993; 62: 151–164.
33. Varona L.S. Remarks on the biology and zoogeography of *Solenodon (Atopogale) cubanus* Peters, 1861 (Mammalia, Insectivora). Bijdragen tot de Dierkunde. 1983; 53(1): 93–98.
34. Ksepka D.K. Flight performance of the largest volant bird. 2014; 111(29): 10624–10629.
35. Arredondo O. Aves gigantes de nuestro pasado prehistórico. El Cartero Cubano. 1958; 17(7): 10–12.
36. Ramos Targarona R., Rodríguez Soberón R., Alonso Tabet M., Thorbjarnarson J.B. Cuban crocodile *Crocodylus rhombifer*. Crocodiles. Status survey and conservation action plan. Darwin, 2010; 114–118.
37. Morgan G.S., Franz R., Crombie R.I. The Cuban crocodile, *Crocodylus rhombifer*, from Late Quaternary fossil deposits on Grand Cayman. Caribbean Journal of Science. 1993; 29(3–4): 153–164.
38. Morgan G.S., Albury N.A. The Cuban crocodile (*Crocodylus rhombifer*) from Late Quaternary fossil deposits in the Bahamas and Cayman islands. Bulletin of the Florida Museum of Natural History. 2013; 52(3): 161–236.
39. Barbour T., Ramsden C.T. The herpetology of Cuba. Memoirs of the Museum of Comparative Zoology. 1919; 47(2): 71–213.
40. Rodríguez-Cabrera T.M., Marrero R., Torres J. An overview of the past, present, and future of the Cuban boa, *Chilabothrus angulifer* (Squamata: Boidae): a top terrestrial predator on an oceanic island. International Reptile Conservation Foundation Journal Reptiles & Amphibians: Conservation and Natural History. 2016; 23(3): 152–168.

## Fossil Endemics from the Asphalt Seep in Cuba

A.V.Lopatin<sup>1</sup>, N.V.Zelenkov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Borissiak Paleontological Institute, RAS (Moscow, Russia)

The Las Breas de San Felipe findspot in Cuba is one of the few asphalt seeps with numerous remains of the endemic island fauna of the Late Pleistocene and Early — Middle Holocene. Their representatives include extinct ground sloths, relict insectivores, flightless giant owl *Ornimegalonyx*, and others. Natural asphalt seeps are currently active, providing an opportunity for actupaleontological observations.

**Keywords:** Quaternary, Cuba, asphalt seep, predator trap, actupaleontology, extinct endemic vertebrate fauna.

# Маггемит, рожденный в огне

## Попигайской астроблемы

А.М.Портнов

Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (Москва, Россия)

Шлихи рек Якутии содержат маггемит, обычно ошибочно принимаемый за лимонит. Этот минерал магнитен, в нем определяются повышенные концентрации редкоземельных элементов (до 300 г/т), Th (до 70 г/т), Au и Pt (до 0.8 г/т). Маггемит обладает структурой магнетита, однако параметры элементарных ячеек у них различаются. Он образуется при прокаливании древних кор выветривания в контуре теплового воздействия Попигайской астроблемы и может служить индикатором глубинного оруденения.

**Ключевые слова:** Якутия, аэромагнитные ториевые аномалии, шлихи, стабильный маггемит, Попигайская астроблема, оруденение.

**М** агнитность в природе — большая редкость: магнитных минералов насчитывается мало. Широко распространены только магнетит ( $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}_2^{3+}\text{O}_4$ ) и пирротин ( $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ ). Но при наших аэрогеофизических поисках кимберлитовых трубок в Якутии неожиданно выяснилось, что долины рек здесь засыпаны необычным и очень редким магнитным оксидом железа — маггемитом ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Скопления маггемита маскировались под алмазоносные трубки. Они, как и кимберлиты, давали локальные магнитные аномалии и выделялись ториевым гамма-излучением [1], что для маггемита вообще не характерно. Мы проверили ряд ложных «перспективных» на алмазоносность аномалий — и привезли с них



**Александр Михайлович Портнов**, доктор геолого-минералогических наук, профессор Российского государственного геологоразведочного университета имени Серго Орджоникидзе. Область научных интересов — минералогия и геохимия рудных месторождений. Постоянный автор «Природы».  
e-mail: a.m.portnovi@mail.ru

только бурый окатанный магнитный песок. Его было так много, что я намывал тяжелые пробные мешочки радиоактивных магнитных зерен (рис.1).

### Минерал-обманщик

Слово «маггемит» состоит из названий двух минералов — магнетит (за магнитность, как у магнетита) и гематит (за состав, как у гематита). Но, в отличие от немагнитного гематита, маггемит обладает структурой шпинели (магнетита) — и потому магнитен. Однако он отличается от последнего параметрами элементарной ячейки  $a_0$ : 0.832 нм у маггемита и 0.839 нм у магнетита. При прокаливании более чем до 600°C элементарная ячейка маггемита не изменялась [2]. Наш минерал обладал также и аномально высокой ториевой радиоактивностью (до 5–6 кларков, т.е. 50–70 г/т Th) и содержал до 0.3% суммы редкоземельных элементов (REE).

Он отличался и физическими свойствами. Справочники утверждали: «Магнитный маггемит (кубическая модификация гамма- $\text{Fe}_2\text{O}_3$  со структурой шпинели) относится к весьма редким и неустойчивым минералам. При нагревании в интерва-



Рис.1. Стабильный маггемит из речных песков в верховьях Вилуя (Якутия). Натуральная величина.

Здесь и далее фото автора

ле 210–500°C он переходит в немагнитный тригональный гематит». Сводка по магнетизму почв России [3] подтверждала редкость маггемита: в ничтожных количествах он встречается в виде отдельных мелких зерен в рыхлых отложениях.

### И в справочниках бывают неясности

В отличие от сведений справочников, маггемит в бассейнах сибирских рек Вилюя, Мархи и других из того же района в больших количествах накапливался в речных песках. Минерал не терял магнитных свойств при прокаливании. Потому он и был описан нами как новая минеральная разновидность — стабильный маггемит [2].

Генезис обычного маггемита связан с окислением двухвалентного железа в магнетите. Стабильность нашего маггемита можно объяснить тем, что он возник не при окислении магнетита, а за счет природного высокотемпературного прокалывания железистых минералов в древних корах выветривания: лимонита (смеси лепидокрокита  $\gamma\text{-FeOOH}$ , гётита  $\text{HFeO}_2$  и других гидроксидов железа) и карбоната железа — сидерита ( $\text{Fe}_2\text{CO}_3$ ) — при взрыве Попигайской астроблемы, диаметр которой превышает 100 км. Астроблема, возникшая на границе между эоценом и олигоценом (35.7 млн лет назад) расположена на северо-востоке Анабарского массива, который, видимо, представляет собой часть структуры этого — одного из крупнейших в России — импактного кратера. Типичные лимонитовые конкреции, найденные в карбонатных породах палеозоя, также оказались магнитными (рис.2).

В.Л.Масайтис с коллегами — первооткрыватели Попигайского кратера [4] — установили здесь мощные залежи лонсдейлита (гексагональной модификации алмаза), встречающегося и в других астроблемах, а С.А.Вишневский с соавторами открыли коэсит и стишовит — высокобаричные модификации кварца [5]. Очевидно, в список мине-



Рис.2. Лимонит-маггемитовая конкреция из палеозойских отложений, р.Большая Ботуобуя (Якутия). Увеличение 20.

ралов-индикаторов астроблем теперь следует внести и стабильный маггемит.

Внешне зерна стабильного маггемита не отличаются от окатанного водой лимонита, похожего на ржавчину. Местные геологи не обращают внимания на его сильную магнитность и называют лимонитом. Исследователь кор выветривания Сибири Н.Н.Зинчук в своей монографии тоже не отметил в речных песках большого количества маггемита с необычными свойствами, аномальной радиоактивностью и обилием редкоземельных элементов.

### Стабильный маггемит — прокаленная лимонитовая пыль

Условия для региональной намагниченности лимонита возникают при прокаливании больших территорий, например при взрывах атомного оружия или при формировании крупных импактных структур. Маггемит в значительном количестве (до 15%) обнаружен в железистых песках Марса (данные НАСА), не имеющего единого магнитного поля, но обладающего мозаично-пятнистым слабым (в 800 раз слабее земного) полем, коррелирующим с крупными метеоритными кратерами. Наши наземные исследования [6] подтвердили широкое распространение маггемита в шлихах бассейнов рек Якутии (рис.3).

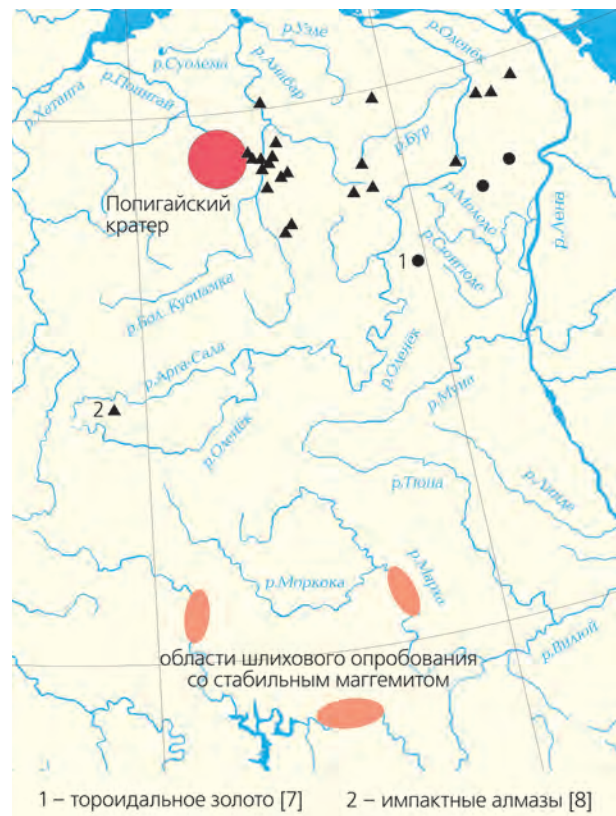


Рис.3. Схема размещения выбросов Попигайской астроблемы (Восточная Сибирь).

Таблица 1

Химический состав лимонита и маггемита

Минерал	Элемент, масс.%											
	Ca	Na	Mg	Al	Si	K	Ti	Cr	Mn	Fe	O	Σ
Маггемит	0.23	0.03	0.63	0.75	0.08	0.31	0.09	0.07	0.15	65.07	30.05	97.46
Лимонит	0.57	0.13	3.27	4.8	1.11	0.29	0.29	0.1	0.21	53.15	32.40	96.33

Об особенностях происхождения стабильного маггемита свидетельствует его мелкозернистая зонально-пятнистая микроструктура. Крупные зерна минерала размером до 2–3 см (см. рис.1) содержат мелкие округлые (шаровидные) реликты лимонита и сидерита, расположенные в центрах комковатых зерен стабильного маггемита толщиной до 30 мкм (табл.1, рис.4).

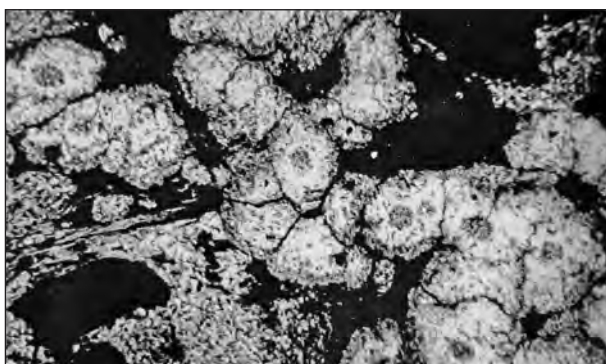


Рис.4. Микрофотография стабильного маггемита (из речных песков Вилюя) с характерной микропылевато-комковатой текстурой. Размер комков около 0.1 мм, в центрах комков — темные реликты водосодержащего лимонита. Маггемит (светлый) образует корку прокаливания толщиной до 30 мкм вокруг реликтов лимонита (серый) с образованием пятнистой текстуры. Рентгеновский микроанализатор JXA-8100 JEOL (Япония) с многоканальным амплитудным анализатором Energy-400, OxfordInstruments (Великобритания).

Фото Н.И.Чистяковой

По данным химического анализа, полученного во Всероссийском институте минерального сырья имени Н.М.Федоровского (ВИМС), в стабильном маггемите постоянно содержатся разнообразные примеси. Обращают на себя внимание высокие содержания (г/т): REE (до 300), Th (до 60–70), золота и платиноидов (до 0.8). Анализ редкоземельных элементов, выполненный методом индуктивно-связанной плазмы (ICP), приведен в табл.2. В спектре REE повышено содержание тяжелых лантаноидов, что характерно для импактных железистых глин. В магнитном материале с преобладанием маггемита из аллювия р.Вилюя методом ICP в Институте геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (ИГЕМ РАН) определено содержание (г/т): Au — 0.6, Pt — 0.040, Pd — 0.038, Ir — 0.004 и Rh — 0.002. В шлихах мне несколько раз попадались темно-серые магнитные блестящие чешуйки ферроплатины, не боящейся кислот. Химический анализ главных и спектральный анализ малых элементов в отдельных образцах маггемита приведен в табл.3.

Для метеоритов и астроблем характерно отношение  $^{187}\text{Os}/^{186}\text{Os}$ , близкое к 1.5; а  $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$  — в интервале 0.11–0.18. Изотопный состав осмия в наших образцах маггемита определялся методом ICP в лаборатории Центра изотопных исследований Всероссийского научно-исследовательского геологического института имени А.П.Карпинского (ВСЕГЕИ, аналитик Б.Беляцкий). У нас получились следующие значения отношений изотопов:

Таблица 2

Содержание редкоземельных элементов (г/т) в стабильном маггемите

La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Lu	Yb	Y	Σ
37.9	123.6	9.25	38.33	8.09	2.11	8.60	1.38	7.90	1.60	4.37	0.62	0.56	3.96	36.91	285.18

Анализ выполнен методом ICP в ИГЕМ РАН.

Таблица 3

Химический анализ главных и спектральный анализ малых элементов, %

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	MgO*	FeO*	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	TiO <sub>2</sub> *	MnO*	п.п.п**	Ni***	V***	Mo***	Pb***	Zn***	Sr***	P***	Co***
1.0	0.2	2.0	65.0	0.5	0.2	7.0	0.05–0.08	0.05–0.08	0.01–0.03	0.001	0.2	0.2	0.3	0.02

\* Главные элементы; \*\* потери при прокаливании; \*\*\* малые элементы. Анализы выполнены в ВИМС.



Рис.5. Попигайский кратер диаметром более 100 км. Возраст 35.7 млн лет. Космический снимок.

$^{190}\text{Os}/^{188}\text{Os} = 2.420$ ,  $^{186}\text{Os}/^{188}\text{Os} = 0.120$ ,  $^{189}\text{Os}/^{186}\text{Os} = 1.197$ ,  $^{187}\text{Os}/^{186}\text{Os} = 4.866$ ,  $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os} = 0.636$ . Следовательно, в изученном маггемите отношение радиогенного  $^{187}\text{Os}$  к стабильным изотопам осмия более характерно для земной коры и для материала Чиксулубской астроблемы (Мексика, п-ов Юкатан) [9].

Таким образом, мы установили, что маггемит, присутствующий в древних прокаленных красноцветных корах выветривания базальтов, в зонах окисления сульфидных (возможно, золотоносных) месторождений и в карбонатных палеозойских отложениях Восточной Сибири, содержит аномально высокое количество примесей золота, платиноидов, редкоземельных элементов и тория. Обилие стабильного маггемита и «космический» состав элементов-примесей указывают на связь этих пород с Попигайской астроблемой (рис.5).

### Ореол стабильного маггемита — район поиска «драгоценностей»

Очевидно, что стабильный маггемит широко развит не только к западу, но и к северо-востоку от Попигайской астроблемы, замыкая огромный концентрический ореол вокруг Анабарского поднятия. Маггемит разносится речной сетью, и на него следует обращать особое внимание, поскольку этот минерал может сопровождаться золотом, платиноидами, хромитом, алмазом, ювелирным оливином, а также медно-никель-платиновым оруденением типа Садбери (Канада).

В ряде случаев импактиты включают много корового материала (например, импактиты Чиксулубской астроблемы). Отношения радиогенного и стабильных изотопов там сильно колеблются:  $^{187}\text{Os}/^{186}\text{Os}$  — от 0.941 до 4.200,  $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$  — от 0.113 до 0.505 [9]. Таким образом, маггемит, судя по соотношениям радиогенного и стабильных изотопов, может быть лишь частично заражен космическим веществом. Это еще раз подтверждает наше предположение о генетической связи данного минерала с Попигайской астроблемой, на что указывает и его региональное распространение в Якутии (см. рис.3).

Скопления маггемита отличаются высокой магнитностью и ториевым гамма-излучением, за счет чего возникают локальные аномалии, отмечаемые при проведении комплексной аэромагнитной и аэрогамма-спектрометрической съемки. Спектральные анализы показывают также примеси цинка, стронция, кобальта (см. табл.3).

Содержание золота, платиноидов, тория и редкоземельных элементов в железистых оксидах Якутии сходно с содержаниями этих элементов в «иридиевых аномалиях», связанных с астроблемами. Иридиевая аномалия была впервые обнаружена в 1980 г. в тонком прослое железистой глины на контакте между известняками верхнего мела и палеогена вблизи итальянского города Губбио [9]. Глинистый прослой между отложениями мезозоя и кайнозоя содержал до 0.1 г/т иридия. В этих породах отмечались также повышен-

ные концентрации золота, палладия, платины, редкоземельных элементов.

Впоследствии иридиевая аномалия, отделяющая осадочные породы мезозоя и кайнозоя, была установлена более чем в 150 разрезах по всему земному шару — на континентах и на дне океанов. Авторы открытия сделали вывод, что источником благородных металлов стала пыль от взрыва, произошедшего 65 млн лет назад при столкновении Земли с астероидом диаметром около 10 км. Иридиевую аномалию связывают с Чиксулубской астроблемой диаметром 180 км.

Американские археологи обнаружили маггемит и лонсдейлит в тонком прослое железистых глин, обогащенных редкоземельными элементами, в ледниковых моренах Аляски, возраст которых 6 тыс.700 лет. Они связывают возникновение этих минералов с падением крупного астероида (кометы?) на ледовый купол, существовавший в то время [10].

### Золотой дождь Попигая

Много лет назад сотрудник Центрального научно-исследовательского геологоразведочного института цветных и благородных металлов (ЦНИГРИ) С.В.Яблокова нашла на водоразделе рек Лены и Анабара мелкие россыпные золотишки необычной формы [7]. Она назвала их тороидальными (рис.6), желая отметить их аномальные формы. Здесь были также пустотелые шарики, кольца, «тарелки», «ракушки», забитые железистым бурым минералом — видимо, маггемитом или лимонитом.

Яблокова сообщила мне, что при электронномикроскопическом изучении объемных форм (шаров, «ракушек» и др.) были выявлены реберные октаэдрические выделения золота, что характерно

для кристаллов, растущих при высокой температуре из газовой фазы. Впоследствии тороидальное золото нашли на Северном Урале, на Кольском п-ове, а также в районе гигантской астроблемы Вредефорт в ЮАР, известной крупнейшим в мире скоплением золота.

Очевидно, капельки расплавленного золота неслись в вихре раскаленных газов, вращались, попадали в потоки плазмы. Обогащенная золотом плазма кристаллизовалась в пустотах, образуя острогранные реберные формы. Тороидальные золотишки и кристаллы в них указывают на условия, в которые попало золото: распыленное в раскаленном газе вещество при температуре более нескольких тысяч градусов Цельсия. Реликты лимонита (см. рис.2, 4), окруженные маггемитом, свидетельствуют о том, что воздушный прогрев пыли был сильным, но кратковременным.

### Гигантский врез в литосферу Земли

Мы изучали маггемитовые ореолы к югу от Попигайской астроблемы (см. рис.3). Видимо, ореол разброса и разноса железистых минералов гораздо обширнее, и стабильный маггемит замыкает кольцо вокруг астроблемы на северо-востоке и юго-востоке [7, 8]. Разнос стабильного маггемита превышает расстояния в тысячи километров, его площадь составляет миллионы квадратных километров. Увеличению площади разноса способствует также сложная речная сеть. Попигай представляет собой глубочайший естественный врез в недра России. При этом вскрыты породы, где миллиарды лет копилась редкие, ценные и благородные металлы.

Геологические работы будущего должны опираться на комплексные аэрогеофизические исследования, шлихование с выделением магнитной

фракции, опробование маггемита на хром, никель, золото и платину, что позволит в короткий срок выделить перспективные зоны на поиск ценных металлов. При анализе шлихов следует обращать внимание на состав магнитной и тяжелой фракций, где вместе со стабильным маггемитом могут обнаружиться платина, хромит, золото, алмазы и др. Золотометрия с использованием маггемита поможет оконтурить золотоперспективные интервалы в этом грандиозном ореоле. Таким образом, можно выявить также россыпные и коренные типы оруденения.

По мнению некоторых исследователей, рудные аналоги По-

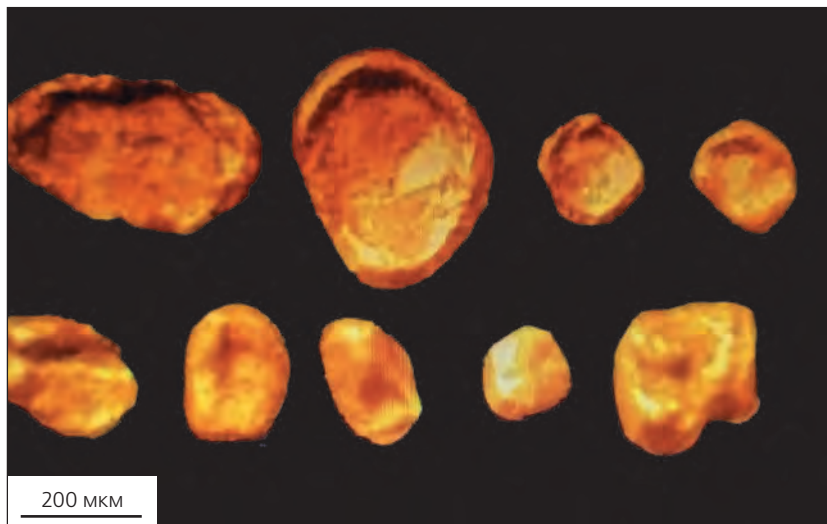


Рис.6. Золотишки тороидальной формы, характерные для водораздела восточно-сибирских рек Лены и Анабара [7].

пигая — это месторождение Витватерсранд (менее известное как астроблема Вредефорт) с золотом, платиноидами, хромом, никелем, титаном [8], а также медно-никелевый с платиноидами рудный гигант Канады — астроблема Садбери\*.

Очевидно, Анабарский массив входит в структуру Попигайской астроблемы как гигантский клиппен и служит аналогом архейской формации Бейсмент в Южной Африке, выдвинутой в виде архейских гранитных куполов из глубин планеты в центр и по краям кратера Вредефорт. В соответствии с этой гипотезой, оруденение типа Витватер-

сранда (выдавшего 60 тыс. т золота из 180 тыс. т, полученных человечеством) должно располагаться по краям Попигайской астроблемы, включающей Анабарский массив и имеющей северо-восточное простираие.

Может быть, маггемитовый ореол возник не только за счет коры выветривания базальтов, но захватил и зоны окисления, и «железные шляпы», развитые по жильному золотосульфидному оруденению Попигайской астроблемы. Об этом свидетельствует присутствие золота и следов платины в стабильном маггемите и широкое его распространение в Восточной Сибири. Попигайский кратер — возможно, еще не раскрытый сундук, набитый драгоценностями мантии Земли. ■

\* *Портнов А.М.* Уникальная рудно-изотопная аномалия России // *Природа*. 2018. №2. С.2–9.

## Литература / Reference

1. *Портнов А.М., Федоткин А.Ф.* Маггемит как помеха при аэрогеофизическом поиске кимберлитов. Разв. и охр. недр. 1986; (4): 45–47. [*Portnov A.M., Fedotkin A.F.* Maghemite as an obstacle in the aerogeophysical search for kimberlites. Prospect and protection of mineral resources. 1986; (4): 45–47. (In Russ.)]
2. *Портнов А.М., Коровушкин В.В., Якубовская Н.Ю.* Стабильный маггемит в коре выветривания Якутии. ДАН СССР. 1987; 295(1): 196–199. [*Portnov A.M., Korovushkin V.V., Yakubovskaya N.Yu.* Stable maghemite in the weathering rind of Yakutia. Proceedings of the USSR Academy of Sciences. 1987; 295(1): 196–199. (In Russ.)]
3. *Бабанин В.Ф., Трухин В.И., Иванов А.В. и др.* Магнетизм почв. М.: Ярославль, 1995. [*Babanin V.F., Trukhin V.I., Ivanov A.V. et al.* Soil magnetism. Moscow; Yaroslavl, 1995. (In Russ.)]
4. *Масайтис В.Л., Михайлов М.В., Селивановская Т.В.* Попигайский метеоритный кратер. ДАН СССР. 1971; 197(6): 1390–1393. [*Masaitis V.L., Mikhailov M.V., Selivanovskaya T.V.* Popigay meteorite crater. DAN USSR. 1971; 197(6): 1390–1393. (In Russ.)]
5. *Вишневецкий С.А., Долгов Ю.А., Ковалева Л.Т., Пальчик Н.А.* Коэсит и стишовит в импактиках Попигайского кратера. Геол. и геоф. 1974; (6): 140–145. [*Vishnevsky S.A., Dolgov Yu.A., Kovaleva L.T., Palchik N.A.* Koesit and stishovit in the impact of the Popigay crater. Geol. and geof. 1974; (6): 140–145. (In Russ.)]
6. *Портнов А.М.* Маггемитовые красноцветы — индикаторы «астероидных атак». Изв. вузов. Геол. и разв. 1998; (3): 145–150. [*Portnov A.M.* Maghemite red rocks are indicators of “asteroid attacks”. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Geologiya i Razvedka*. 1998; (3): 145–150. (In Russ.)]
7. *Яблокова С.В.* О новой морфологической разновидности золота и ее происхождении. ДАН СССР. 1972; 205(4): 936–939. [*Yablokova S.V.* On the new morphological variety of gold and its origin. DAN USSR. 1972; 205(4): 936–939. (In Russ.)]
8. *Вишневецкий С.А.* Астроблемы. Новосибирск, 2007. [*Vishnevsky S.A.* Astrobleme. Novosibirsk, 2007. (In Russ.)]
9. *Фор Г.* Основы изотопной геологии. М., 1989. [*Fore G.* Fundamentals of isotope geology. Chicago, 1986.]
10. *Баренбаум А.А.* О причинах двух наиболее значимых событий голоцена. VII Всероссийское совещание по изучению четвертичного периода. Апатиты, 12–17 сентября 2011 г. Апатиты, 2017; 54–57. [*Barenbaum A.A.* About the reasons for the two most significant events of the Holocene. VII All-Russian meeting on the study of the Quaternary. Apatity, September 12–17, 2011. Apatity, 2017; 54–57. (In Russ.)]

## Maghemite Born in the Fire of the Popigai Astrobleme

A.M.Portnov

Sergo Ordzhonikidze Russian State Geological Prospecting University (Moscow, Russia)

The schlichs of the rivers of Yakutia contain maghemite, which is usually mistaken for limonite. This mineral has magnetic behavior and is characterized by elevated concentrations of rare earth elements (up 300 g/t), Th (up to 70 g/t), and Au and Pt (0.8 g/t). Maghemite has magnetite structure, but the parameters of their unit cells are different. It is formed during calcination of the ancient weathering rinds in the thermal circuit of the Popigai Astrobleme and can serve as an indicator of deep mineralization.

**Keywords:** Yakutia, aeromagnetic thorium anomalies, schlichs, stable maghemite, Popigai astrobleme, mineralization.

# Памятники полярного мореплавания: Шпицберген и Новая Земля

В.Л.Державин

Институт археологии РАН (Москва, Россия)







Лагерь Чичагова в заливе Решерш на Шпицбергене. Раскопки 1979 г.  
Фото А. Б. Колесникова

В XVI–XVIII вв. западные мореплаватели совершили многочисленные экспедиции, чтобы открыть северо-восточный проход в Китай и Индию. Из трех возможных маршрутов основной путь пролегал через проливы о. Вайгач, север Новой Земли и вдоль Шпицбергена (и далее через Северный полюс), но все оказались безуспешными. Однако российские промышленники на своих кораблях регулярно ходили из Поморья в устья сибирских рек и обратно, хотя иногда и сами сталкивались с тяжелыми ледовыми условиями. В Поморье судоходство начиналось не раньше конца июня и начала июля (по православному календарю — после дня апостола Варфоломея), о чем европейцы не знали, поэтому они оказывались в районах Вайгача, как правило, раньше или после того короткого периода, когда можно было пройти через проливы. Европейские мореплаватели не попадали в это навигационное окно, которое и без того было уже довольно узким. И если в редких случаях им иногда удавалось дойти до пролива Югорский Шар (в Карском море), то приходилось иметь дело с исключительно сложной ледовой обстановкой. Возможно, по этой причине почти все европейские экспедиции в то время потерпели неудачу.

**Ключевые слова:** лед, экспедиции, навигация, северо-восточный проход, проливы, маршруты, Шпицберген, Новая Земля, Вайгач, находки, дом Баренца, лагерь Чичагова.



**Виктор Леонидович Державин**, кандидат исторических наук, старший научный сотрудник отдела археологии Московской Руси Института археологии РАН. Область научных интересов — археология и история Арктики и Русского Севера. e-mail: derzh@yandex.ru

**П**ожалуй, самым выдающимся (по своему значению и последствием) достижением за всю эпоху Великих географических открытий по праву считаются плавания Х. Колумба, открывшего в 1492 г. Америку — новую часть света. Могущественные в то время государства Южной Европы (Испания и Португалия) перекрыли морские коммуникации на запад через Атлантику и на восток в обход Африки через мыс Доброй Надежды. Молодым европейским державам Англии и Нидерландам, набравшим тогда силу, но уступавшим пока первым в экономической и военно-морской мощи, пришлось изыскивать новые и в то же время более рискованные маршруты через полярные моря.

Пока испанцы и португальцы начиная с XVI в. вывозили полные галеоны с американскими сокровищами, их конкуренты предпринимали «асимметричные» действия, чтобы проникнуть на новый континент. По этой причине государствам Северной Европы приходилось искать иные, более сложные маршруты через холодные воды северной Атлантики в двух направлениях: северо-западном и северо-восточном.

Первый — скорее, теоретический — путь пролегал вдоль берегов Западного Шпицбергена в направлении полюса и также в обход южного побережья Гренландии, а второй предполагал плавание через северную оконечность Новой Земли. Оба маршрута обосновал амстердамский картограф П.Планиус, считавший околополюсное пространство свободным ото льда. Согласно его теории, льды формировались в прибрежной зоне вблизи устьев крупных рек Русского Севера и Сибири, а впоследствии выносились далеко в океан [1, с.6].

Третий, также северо-восточный, и как оказалось, основной путь, пролегал через проливы о.Вайгач (Карские ворота и Югорский Шар) и далее в восточном направлении. Большая часть его проходила вдоль берегов России — начиная с Северного Мурмана. Но ни одна экспедиция не принесла удачи европейским штурманам, поскольку непреодолимые ледяные поля каждый раз преграждали путь их кораблям. А вот русские промышленники были неплохо осведомлены о судоходных условиях через проливы Вайгача, которые были частью освоенного Мангазейского морского хода, так как они регулярно ходили на своих судах из Поморья к устьям сибирских рек и обратно [2].

Корабли европейцев в XVI–XVII вв. шли преимущественно в направлении Новой Земли и Вайгача. А в XVIII — начале XIX в. путешественники (В.Я.Чичагов, К.Фиппс, Д.Бучан, Д.Франклин, У.Парри) старались проложить маршруты большей частью через полюс или вблизи него, исходя именно из теории Планиуса о свободном ото льда околополюсном пространстве. Его точку зрения разделял в XVIII в. и М.В.Ломоносов, который разрабатывал проект экспедиции Чичагова (1764–1766).

### Краткая история плаваний

В аспекте рассматриваемой проблемы одним из ключевых исторических документов, безусловно, можно считать письмо датского короля Фредерика II, написанное в марте 1576 г. и адресованное наместнику в северной части Норвегии. В письме речь шла о русском кормщике Павле Нишице из Мальмуса (так скандинавы именовали Колу — ныне южный пригород Мурманска), взявшемся за вознаграждение сопровождать датские суда в Гренландию (Grönlandt), под которой многие исследователи имели в виду Шпицберген, и куда русские ходили *ежегодно около Варфоломеева дня*. В заключительной части письма король выражал надежду на то, что это плавание сможет *состояться в текущую осень* [3, с.339–341].

Данное письмо примечательно еще и тем, что это не только исторический документ западноевропейского происхождения, свидетельствующий о походах русских, как считают, к Шпицбергену (названном в письме «Гронланд») до его официального открытия В.Баренцем. В нем, что очень важно, был четко обозначен срок начала навигации в Поморье — день апостола Варфоломея. Тем не менее, последние слова в письме о том, что плавание могло бы состояться осенью, не совсем понятно. Во многих публикациях этого исторического источника почему-то не разъяснялось, отчего плавание судов намечалось на столь позднее время. Разумеется, отправлять суда на Шпицберген осенью было абсолютно нереально и весьма опасно из-за надвигающихся штормов и сложных ледовых условий, которые могли поджидать мореплавателей в Арктике. И кольский кормщик Нишиц не мог, конечно, об этом не знать. Однако



Памятники высокоширотного мореплавания на Шпицбергене и Новой Земле: 1 — «лагерь Чичагова», 2 — дом Баренца.

данное недоразумение вполне объяснимо, если принять во внимание тот факт, что дни памяти святого апостола Варфоломея в католическом и православном календарях не совпадают: в первом случае он приходится на 11 августа, т.е. на исход лета, а во втором — 11 июня (по юлианскому календарю). Дания с Норвегией перешли на григорианский календарь только в 1700 г., а Англия еще позже — в 1752 г.

В XVI–XVII вв. промысловый сезон у поморов в августе уже завершался, поэтому наиболее обоснованной датой, с которой начиналась навигация в Поморье, должен считаться день апостола Варфоломея по православному календарю. Русский кормщик и датчане, судя по всему, слабо разбирались в тонкостях и различиях своих календарей, поэтому Варфоломеев день каждый понимал по-своему: скандинавы подразумевали под ним католический праздник, а русский мореход ориентировался на православный календарь. Таким образом, это плавание осенью никак не могло состояться.

Первое полярное плавание с целью открытия северного морского пути в Китай было организовано почти за 40 лет до экспедиций Баренца к Новой Земле. Этот проект принадлежал опытному мореплавателю, англичанину итальянского происхождения С.Каботу. В сентябре 1553 г. английские корабли адмирала Х.Уиллоуби, отправившиеся на поиски северо-восточного прохода, были вынуждены зимовать у берегов Северного Мурмана. Это плавание закончилось полной катастрофой. Экипажи двух судов погибли, и лишь судно с более удачливым капитаном Р.Ченслером смогло войти в устье Северной Двины, после чего он сухопутным путем добрался до Москвы ко двору царя Иоанна Грозного. В итоге между двумя странами были установлены дипломатические и торговые отношения. Англичане, таким образом, еще в середине XVI в. «прорубили окно» из Европы в Россию.

Через два года на поиски пропавших кораблей эскадры Х.Уиллоуби отправился английский мореплаватель С.Барроу, который смог с русскими промысловыми лодиями\* дойти до Новой Земли. Он продолжил свои поиски и на следующий год, но цели так и не достиг. Его экспедиция не ставила перед

собой задачу открытия северо-восточного прохода, так как носила разведывательный характер, но вместе с тем Барроу, видимо, стал первым европейским моряком, который увидел берега Новой Земли.

В 1580 г. английские мореплаватели А.Пит и Ч.Джекман в июле увидели на  $70^{\circ}30'$  с.ш. скованный льдом берег Новой Земли. А дойдя до Вайгача, корабли смогли даже пройти Югорский Шар, но в Карском море оказались в плотном ледяном окружении. Лишь в середине августа, поскольку продолжать плавание было опасно, им с большим трудом удалось вернуться в Баренцево море [4, с.155].

С целью открытия северо-восточного прохода в 1584 г. была организована экспедиция антверпенского купца О.Брунеля, сумевшего близко подойти к Южному острову Новой Земли. Позже он нашел Югорский Шар — узкий пролив между материком и Новой Землей, сплошь закрытый льдом, но пройти через него не рискнул. Однако подробности этого плавания малоизвестны.

В 1594 г. состоялась первая голландская экспедиция в поисках северо-восточного морского пути в Китай, два корабля которой пошли разными маршрутами. В.Баренц решил обойти северную оконечность Новой Земли, а К.Най должен был пройти на восток через Вайгач. Только 10 июля (по новому стилю) моряки Баренца увидели у мыса Нассау на  $76^{\circ}30'$  с.ш. первый лед, который не помешал голландцам продолжить путь и достичь Оранских о-вов [1, с.55].

В середине августа Баренц у Вайгача встретил судно Ная, который в начале августа все-таки сумел пройти Югорский Шар и попал в Карское море, где встретил множество льда. Когда лед разошелся, Най продолжил плавание на восток, подойдя, вероятно, довольно близко к западному побережью Ямала (по мнению П.В.Боярского), хотя сам голландец ошибочно полагал, что был напротив устья Оби.

На следующий год была организована вторая экспедиция. Правда, ледовые условия в 1595 г. оказались не столь мягкими, поскольку уже 17 августа у Южного острова Новой Земли и даже южнее, на  $69^{\circ}54'$  с.ш., голландские мореплаватели, к своему удивлению, увидели много льда. А 23 августа в районе Вайгача они повстречали поморов, которые завершали промысловый сезон, намереваясь идти зимовать в устье Енисея. 10 сентября голландские суда прошли Югорский Шар, но при входе в Карское море столкнулись с тяжелыми льдами, заставившими суда вернуться в Баренцево море.

Во время третьего плавания Баренца (1596) голландские моряки в начале июня оказались у неизвестного тогда европейцам о.Медвежьего, расположенного на  $74^{\circ}30'$  с.ш., где увидели лед. Однако к острову суда подошли значительно рань-

\* Лодья — один из видов плоскодонных поморских судов с дугообразными обводами корпуса. Больше коча (длина 11–20 м, ширина 3–5.5 м, высота корпуса 2–3.5 м, осадка до 1.5 м), носовой штевень (корга) изогнут назад. Материалом для постройки служили сосна, ель, пенька, деготь и деревянные гвозди без шляпки (нагели). Обшивка наборная. Большая прочность достигалась применением железных болтов, скоб и гвоздей для крепления досок обшивки и палубы. На лодье устанавливалось, как правило три мачты, передняя ставилась почти вплотную к форштевню. Команда включала от пяти до восьми человек и зависела от размеров, количества парусов и назначения лодьи.



Дом Баренца на Новой Земле. Раскопки 1993 и 1995 гг.

Фото автора



Находки из раскопок дома Баренца.

Здесь и далее фото А.Б.Колесникова

ше начала поморской навигации. Тем не менее они продолжили плавание и, лавируя среди льдин, дошли до  $80^\circ$  с.ш. — почти до самой крайней северо-западной оконечности Шпицбергена. При этом на карту был нанесен западный берег открытого голландцами архипелага, но на указанной широте корабли были остановлены непроходимыми льдами. В конце июня оба судна развернулись на юг и 1 июля оказались снова у о.Медвежьего, откуда корабль направился в сторону Новой Земли.

Когда корабль Баренца оказался у ее западного побережья, он стал двигаться в северном направлении, поскольку климатические условия, несмотря на обилие льдов, были все же относительно сносные, позволявшие продвигаться дальше. В итоге судну удалось обогнуть северную оконечность острова, но экипаж был вынужден зимовать в Ледяной Гавани в Карском море, из которой в конце августа уже нельзя было вырваться. И только летом 1597 г. выжившие зимовщики смогли покинуть суровый берег Новой Земли и с громадным риском на двух небольших лодках, на которые были поставлены паруса, добраться до Колы, откуда на голландском корабле поздней осенью вернулись домой в Амстердам.

После открытия Шпицбергена англичане и голландцы приложили немало усилий, чтобы найти северо-восточный проход, но безуспешно. Например, в 1603–1606 гг. англичане организовали несколько экспедиций к о.Медвежьему, предварительное останавливаясь в Коле, чтобы в конце июня — начале июля идти к острову на промысел моржей. Заход в то время в Колу, а не в норвежский Вардехуз (в русских росписях эту самую северную крепость в Европе называли Варгав), косвенно подтверждает предположение, что английские моряки могли получать ин-

формацию о ледовой обстановке в районе Медвежьего от русских, поэтому и выходили в открытое море после Варфоломеева дня.

А в конце июня 1607 г. английский мореплаватель Г.Гудзон (Хадсон) собирался пройти в восточные страны через Северный полюс, но из-за льда сумел подойти только к северо-западной оконечности Шпицбергена — примерно до 80° с.ш. При этом он двигался вдоль ледяной кромки юго-восточного берега Гренландии в северо-восточном направлении [5, с.73]. Западный Шпицберген в тот год оказался свободен от льда именно к началу поморской навигации. В результате того плавания Гудзон стал первым англичанином, который (вслед за голландцами) увидел берега Шпицбергена. На следующий год в середине мая он пошел прямо к Новой Земле и в районе 72° с.ш. нашел ее берег, «совершенно затертый льдом», а в 1609 г. примерно там же опять встретил ледяные поля, но на этот раз значительно позднее — 25 июля.

Не останавливаясь подробно на других экспедициях, отметим, что практически все корабли европейцев в XVI—XVII вв. отступали перед тяжелыми льдами обычно в районе Новой Земли или Вайгача. Одной из последних стала экспедиция под командованием Дж.Вуда и В.Флауса 1676 г., после которой англичане окончательно решили, что *между Гренландией и Шпицбергом и Новой Землей прохода нет* [6, W912].

После той экспедиции европейцы прекратили поиски северо-восточного прохода через Вайгач и север Новой Земли. Об этом свидетельствует документ последней четверти XVII в. иностранного происхождения, переведенный на русский язык для царя Алексея Михайловича и ныне хранящийся в Москве, в Российском государственном архиве древних актов. Он как бы подводит итог их многочислен-



Раскопки лагеря Чичагова. 1979 г.



Находки в лагере Чичагова. Раскопки 1979 г. Длина масштабной линейки 5 см.

ным и бесплодным усилиям. Да и само название росписи весьма характерно: «Описание чего ради невозможно от Архангельского города морем проходить в Китайское государство и оттоле в восточную Индию» [7, с.64–66].

Что касается морского пути через околополюсное пространство вдоль берегов Западного Шпицбергена, то европейские моряки продолжали его разыскивать вплоть до первой четверти 19-го столетия — настолько глубоко теория Планциуса укоренилась в их умах. Последняя экспедиция по такому маршруту была организована англичанами Д.Бучаном и Дж.Франклином в 1818 г., но их корабли были остановлены льдами к северу от Шпицбергена на 80°40' с.ш.

Следует заметить, что год на год не приходился, и ситуация, связанная с количеством льдов в том или ином районе Северного Ледовитого океана в XVI–XVII вв., могла существенно меняться. Но в любом случае поморы старались привязать начало своей навигации к Варфоломееву дню, после которого ледовая обстановка в Баренцевом регионе в целом становилась относительно подходящей для отправки судов из Поморья на отдаленные промыслы. Поморам тоже не всегда удавалось пройти проливы Вайгача, но в таких случаях они разворачивали суда и уходили зимовать на Печору, в Пустозерск, о чем сообщал Н.Витсен, используя сведения своих русских информаторов.

В литературе также существует точка зрения, будто русские кормщики неохотно делились с иностранцами информацией о ледовой обстановке в районе Вайгача, поэтому могли намеренно запугивать европейских моряков невозможностью прохода по северо-восточному морскому пути. Это, вероятно, можно объяснить известным указом царя Михаила Федоровича 1619 г. о закрытии мангазейского морского хода, сведения о котором запрещалось разглашать под угрозой смертной казни.

### Два памятника высокоширотного мореплавания

На островах Европейского сектора Арктики известны только два памятника полярного мореплавания, которые напрямую связаны с экспедициями, пытавшимися открыть северо-восточный проход (Северный морской путь): один расположен на Шпицбергене в заливе Решерш — «лагерь В.Я.Чичагова», другой — на севере Новой Земли в Ледяной Гавани (зимовье Баренца 1596/1597 гг.). Остальные стали в большинстве своем промысловыми культурно-историческими объектами (русские становища, кресты, погребения, европейские китобойные станции XVI–XIX вв.).

Дом, или зимовье, Баренца, находится на севере Новой Земли на берегу Карского моря (80°15' с.ш.)

в восточном секторе Русской Арктики. Сам памятник довольно часто посещался со второй половины XIX в. учеными, зверобоями, рыбаками, геологами, но окончательно был исследован российско-голландской экспедицией Института археологии РАН в 1993 и 1995 гг. [8].

Отличие между этими памятниками заключается в том, что дом Баренца на Новой Земле (1596–1597) был построен голландцами в силу сложившихся обстоятельств, но с единственной целью — перезимовать в нем, что, в конечном счете, спасло жизни 12 морякам. А вот «лагерь Чичагова» (1764–1766) на Западном Шпицбергене русские моряки возвели (идея принадлежала Ломоносову) заранее для обустройства перевалочной базы и склада продовольствия экспедиции, рассчитанной не на один год. Таким образом, функциональное назначение обеих построек было различным.

Археологические, письменные и изобразительные источники определенно указывают на два этапа заселения места в заливе Решерш на Шпицбергене, где располагался «лагерь Чичагова» (база М.Т.Рындина). Первый и непродолжительный период (1764–1766) связан с постройкой и функционированием базы, а второй, причем более продолжительный, — с использованием ее поморами-старообрядцами. Когда в 1838 г. в залив прибыло французское исследовательское судно «Решерш»,



Промысловые орудия в заливе Решерш. Раскопки 1979 г.

там уже давно никто не промышлял, строения и кресты к тому времени пришли в полное запустение. Очевидно, морская база трансформировалась в становище, в котором обосновались поморы, и просуществовала не дольше первой трети 19-го столетия. Во время раскопок 1979 г. на памятнике было найдено большое число промысловых орудий и других характерных для поморских становищ находок, свидетельствующих о том, что его обитатели активно занимались зверобойным промыслом [9, с.343].

Во время второй зимовки (1765/1766) отряд Рындина потерял восемь человек: они скончались от цинги. Но следует обратить внимание на то, что полярные плавания Чичагова проходили в неблагоприятную (в климатическом отношении) для мореплавания историческую эпоху. Вторая половина XVIII — первая половина XIX в. характеризовалась пиком малого ледникового периода. И в том, что

корабли Чичагова часто сталкивались с крайне сложной ледовой обстановкой в водах Шпицбергена, нет ничего необычного для того времени. Это подтверждают сведения мезенского кормщика Павла Мясникова, вызванного зимой 1764 г. в Петербург для дачи показаний в Адмиралтейство. Он указывал, что *в прошлых 1762 и в 1763 годах до Шпицбергена за льдами он и прочие промышленники не доходили, и назад к городу Архангельскому с половины пути и меньше возвращались* [10, с.249].

В целом причина неудач европейских моряков при поисках северо-восточного прохода заключалась как раз в незнании ими, в отличие от поморов, ледовых условий в Баренцевом и Карском морях. Их суда выходили из незамерзающих гаваней Северной Европы слишком рано, когда лед еще не разошелся в районе Вайгача и Новой Земли, или, напротив, поздно, когда лед уже блокировал морские пространства в полярных широтах. ■

## Литература / References

1. Фер Г. де. Плавание Баренца. Л., 1936. [*Veer G. de. Swimming of the Barents. Leningrad, 1936. (In Russ.)*.]
2. Русская историческая библиотека. Т.II. СПб., 1875. [Russian Historical Library. St.-Petersburg, 1875. V.II. (In Russ.)]
3. Филиппов А.М. К библиографии Шпицбергена. Литературный вестник. Т.I. Кн.IV. СПб., 1901; 439–443. [*Filippov A.M. To the bibliography of Spitsbergen. Literary Herald. V.I. St.-Petersburg, 1901; 439–443. (In Russ.)*.]
4. Английские путешественники в Московском государстве в XVI веке. Л., 1937. [English travelers in the Moscow state in the XVI century. Leningrad, 1937. (In Russ.)]
5. Моуэт Ф. Испытание льдом. М., 2001. [*Mowat F. Testing with ice. Moscow, 2001. (In Russ.)*.]
6. Витсен Н. Северная и Восточная Тартария. Т.II. Амстердам, 2011. [*Witsen N. Northern and Eastern Tartarus. T.II. Amsterdam, 2011. (In Russ.)*.]
7. Державин В.Л. Северный Мурман в XVI–XVII вв. М., 2006. [*Derzhavin V.L. Northern Murman in the XVI–XVII centuries. Moscow, 2006. (In Russ.)*.]
8. Старков В.Ф., Державин В.Л. Экспедиция Виллема Баренца на Новой Земле (1596–1597 гг.). М., 2003. [*Starkov V.F., Derzhavin V.L. Expedition of Willem Barents on the Novaya Zemlya (1596–1597). Moscow, 2003. (In Russ.)*.]
9. Державин В.Л. О культурной атрибуции «лагеря Чичагова» на Шпицбергене. Краткие сообщения Института археологии. 2015; 241: 333–344. [*Derzhavin V.L. About the cultural attribution of the «Chichagov Camp» on Spitsbergen. Brief communications of the Institute of Archaeology. 2015; 241: 333–344. (In Russ.)*.]
10. Перевалов В.А. Ломоносов и Арктика. М.; Л., 1949. [*Perevalov V.A. Lomonosov and Arctic. Moscow; Leningrad, 1949. (In Russ.)*.]

## Monuments of Arctic Navigation on Svalbard and Novaya Zemlya

V.L.Derzhavin

Institute of Archaeology, RAS (Moscow, Russia)

In the 16th–18th centuries western explorers made numerous expeditions to discover the North-East Passage to China and India. The main one of three possible routes traversed through the straits of the islands Vaygach, Novaya Zemlya, and Svalbard (to North Pole); but all efforts were unsuccessful. However, Russian manufacturers sailed regularly from Pomorie to the mouth of the Siberian rivers and back, although they often faced with severe ice conditions. Europeans did not know that in Pomorie navigation began not earlier than the end of June or the beginning of July (after Bartholomew the Apostle Day according to the calendar of the Eastern Orthodox Church), so they found themselves in the straits of Vaygach, usually before or after the favorable time for relatively safe pass through the straits. And if in very rare cases they successfully entered the Yugorsky Strait (the Kara Sea), they had to deal with exceptionally heavy and severe ice conditions. Perhaps for this reason, almost all European expeditions at that time failed.

**Keywords:** ice, expeditions, navigation, North-East passage, straits, route, Svalbard, Novaya Zemlya, Vaygach, finds, the house of Barents, the camp of Chichagov.

# Давайте целоваться, это не только приятно

член-корреспондент, доктор медицинских наук А.Н.Суворов

Институт экспериментальной медицины (Санкт-Петербург, Россия)

e-mail: alexander\_suvorov1@hotmail.com

Казалось бы, поцелуй любимой женщины или мужчины и тем более родственника или друга не грозит продолжением рода и не улучшает пищеварение. Зачем же тратить ресурс поощрения на бесполезные поступки? Возможно, в процессе эволюции у нас просто должен был сформироваться механизм для поощрения обмена микробиотой с теми, с кем мы собираемся жить долго и разделять трапезу.

**Ключевые слова:** микробиом ротовой полости, эволюция, кисспептин.

**Н**ельзя не признать, что человек оказался на вершине эволюции благодаря хорошо развитшемуся головному мозгу. Но это не единственное, что делает *Homo sapiens* самым успешным, хотя и довольно уязвимым видом млекопитающих.

Наш организм «спроектирован» очень сложно, при этом его жизнедеятельность контролируется разными взаимосвязанными механизмами — нейрональными и гормональными, метаболическими и иммунологическими. Он как бы следит за нашим поведением, действуя по хорошо известному принципу кнута и пряника. В качестве наказания за необдуманные поступки мы чувствуем боль, отдергивая, например, руку от огня, а предостережением служит страх, который мы ощущаем, оказавшись на краю пропасти или рядом с опасным животным (в том числе и своего вида). Точно также работают и механизмы поощрения: мы испытываем наслаждение, сытно пообедав и хорошо выспавшись, или умиление, глядя на маленьких детей (которых, к слову, делаем обычно тоже с удовольствием). Таким образом наш собственный организм нас же поощряет за биологически оправданное поведение, такое как продолжение рода, получение пищи, приводящее к снабжению необходимой энергии и содержание своего тела в хорошей форме.

Как происходит «награждение» изучено уже неплохо. В качестве бонуса за хорошее поведение у нас вырабатываются нейромедиаторы (норадреналин, дофамин, эндорфины), которые стимулируют центры головного мозга, отвечающие за позитивные эмоции. Существует даже специальный белок — кисспептин (от англ. kiss — поцелуй и *peptid* — белок), который может управлять активностью лимбических структур головного мозга, отвечающих за эмоции, в том числе и сексуальные. Как это работает, проверено в двойном слепом исследовании: в эксперименте участвовали добровольцы

(29 здоровых мужчин), которым внутривенно вводили либо кисспептин, либо плацебо (рис.1) [1]. Во время проведения магнитно-резонансной томографии всем участникам эксперимента предлагали рассматривать фотографии с эротическими, нейтральными или негативными сценами. Кисспептин усиливал реакцию лимбических структур мозга, связанных с сексуальным возбуждением, только при просмотре эротических снимков. Без гормона «поцелуев» таких изменений не наблюдалось.

Однако почему нам должно быть приятно целоваться? Казалось бы, поцелуй любимой женщины или мужчины и тем более родственника или друга не грозит продолжением рода и не улучшает пищеварение. Зачем же тратить ресурс поощрения на бесполезные поступки? Склонен думать, что объяснение тут кроется в микробиоме ротовой полости.

Если глаза образно называют «зеркалом души», то микробиоту можно считать «зеркалом здоровья». Сотни видов микроорганизмов обитают во всех частях нашего тела (в слизистой оболочке и на поверхности кожи, в ротовой полости и кишечнике, в легких и т.д.) и влияют на нашу жизнь\*. Формируется микробиота в детстве одновременно с системой врожденного иммунитета [2], и у каждого человека она своя, причем ее состав настолько уникален, что микробиоту стали использовать в криминалистике (рис.2) [3].

Оральная микробиота, которая включает популяции бактерий не только полости рта, но и глотки, носовых ходов и пищевода, — второй (после желудочно-кишечного тракта) по численности микробиом человека. В расширенной базе данных

\* Подробнее см. статьи А.Н.Суворова в «Природе»: Полезные микробы — кто они? (2009. №7. С.21–30); Микробиота детей (2011. №8. С.14–21); Мир микробов и человек (2015. №5. С.11–19); Микробиота пожилых: истоки долголетия (2017. №1. С.22–29.) и др. — *Примеч. ред.*



орального микробиома человека, eHOMD\*\* (от англ. expanded Human Oral Microbiome Database), уже содержится информация о приблизительно 700 видах микроорганизмов, 70% из которых пригодны для культивирования, и большинству (57%) из них уже присвоены названия [4].

В полости рта взрослого человека обитает от 50 до 100 млрд бактерий около 96% видов от общего числа оральных бактерий, которые относятся к шести условным типам — Firmicutes, Actinobacteria, Proteobacteria, Fusobacteria, Bacteroidetes и Spirocheetes [5]. С этими, казалось бы, незаметными обитателями связано состояние здоровья нашего организма: они влияют на многие протекающие в нем процессы — от метаболизма до иммунных реакций. Микробиом полости рта не только уникален, но и легкодоступен: ротовая полость служит воротами, через которые микроорганизмы проникают внутрь и находят подходящее место для колонизации в пищеварительном тракте и дыхательных путях. Существует обширная литература, описывающая роль орального микробиома в жизни здорового человека и при развитии различ-

\* www.homd.org.

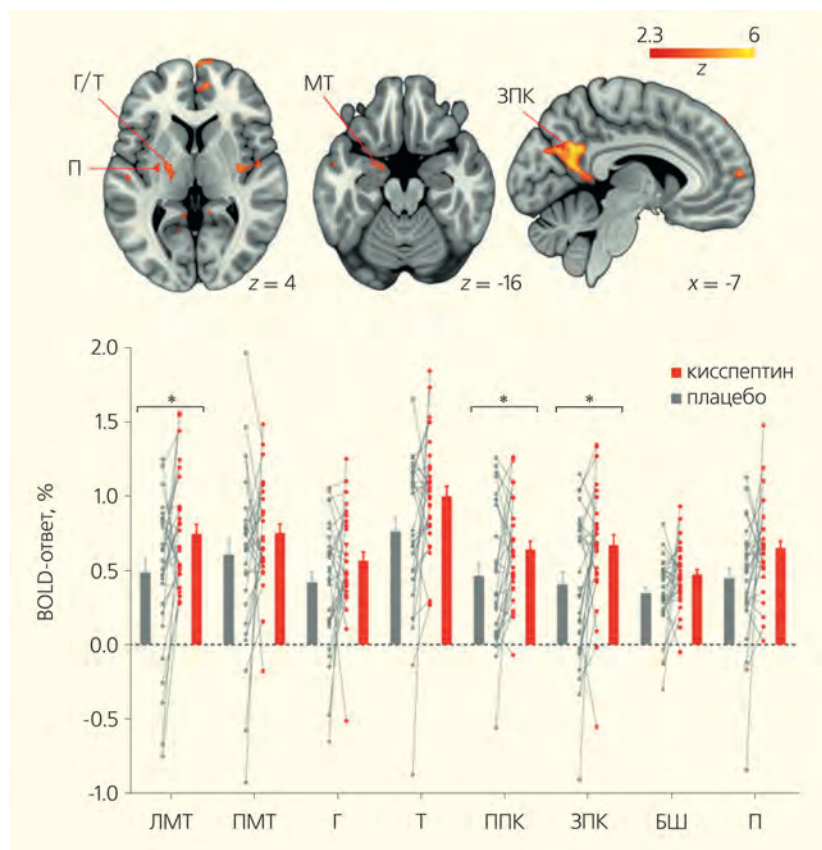


Рис.1. Реакция (BOLD-ответ) различных отделов головного мозга на демонстрацию фотографий с эротическими сценами у людей, которым внутривенно ввели кисспептин или плацебо [1]. МТ — миндалевидное тело (ЛМТ — левое, ПМТ — правое), Г — гиппокамп, Т — таламус, ППК — передняя поясная кора, ЗПК — задняя поясная кора, БШ — бледный шар, П — путамен (скорлупа). В исследовании участвовали добровольцы (29 здоровых мужчин), которые во время проведения магнитно-резонансной томографии рассматривали изображения (фотографии с эротическими, нейтральными или негативными сценами). Кисспептин усиливал реакцию лимбических структур мозга, связанных с сексуальным возбуждением, только при просмотре эротических снимков. Без гормона «поцелуев» таких изменений не наблюдалось.

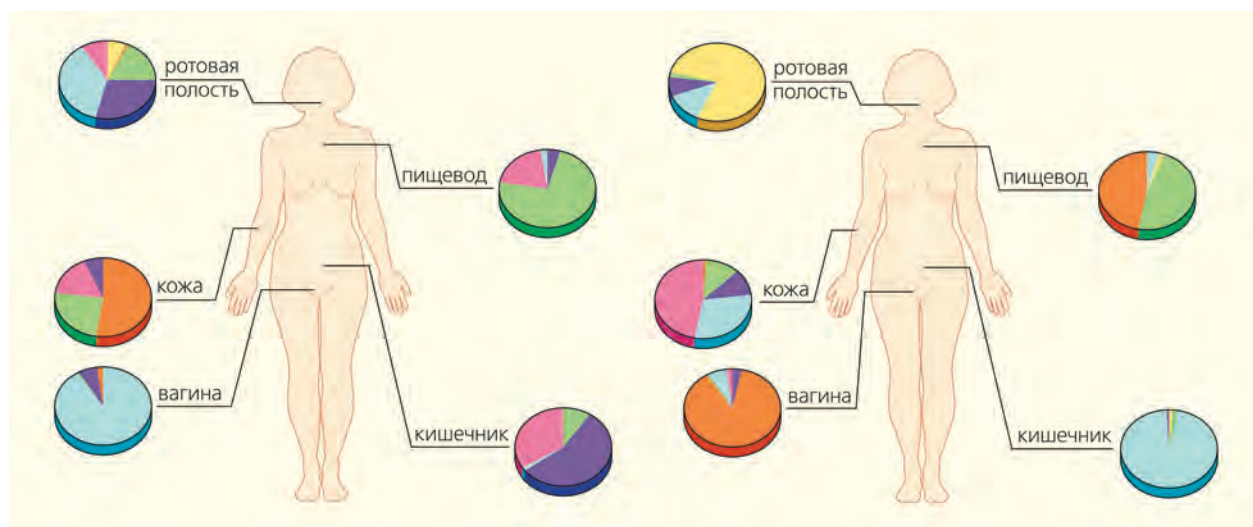


Рис 2. Схема состава микробиоты двух человек в разных участках тела [3]. У каждого человека она разнообразна и уникальна. Цвет сектора соответствует определенному типу бактерий.

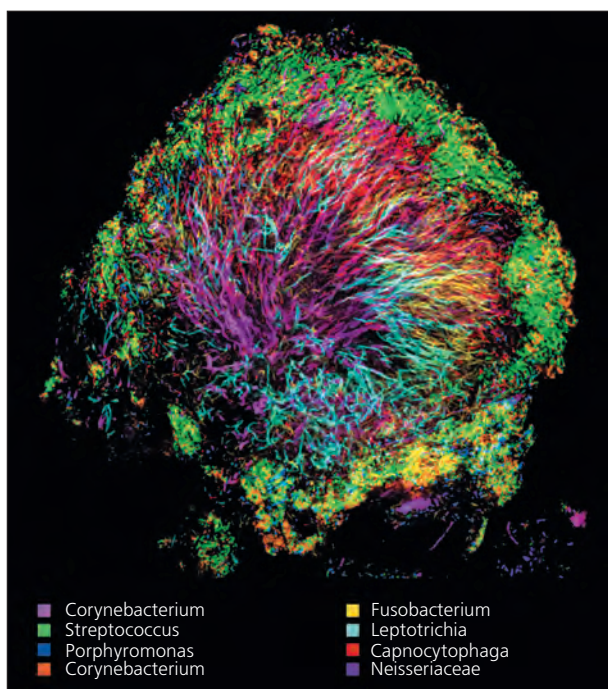


Рис.3. Биогеография микробиоты в зубном налете [6]. Анаэробные бактерии живут внутри, а аэробные — снаружи.

ных патологий (диабета, бактериемии, эндокардита, преждевременных родов, онкологических, аутоиммунных и других заболеваний). Американские микробиологи выпустили специальное руководство, в котором собраны все сведения о микробиоме полости рта [6]. Давно известно, что бактерии ротовой полости очень привередливы к тому, где и с кем им жить: выбирая соседей или место колонизации, они связываются с помощью своих адгезинов с рецепторами, расположенными на других бактериях или эпителиальных клетках. Таким образом, они не случайно накапливаются на поверхности зубов, языка или десен, а в результате специфического взаимодействия с ними. Несколько лет назад была разработана технология, которая позволяет визуализировать *in situ* пространственную организацию (биогеографию) бактериальных таксонов определенного микробиоценоза на основе известной информации о функциональных признаках конкретных его членов (рис.3).

На основе информации о микробиомах, полученной благодаря современным достижениям метагеномики и техники секвенирования, можно будет разрабатывать биомаркеры для ранней диагно-

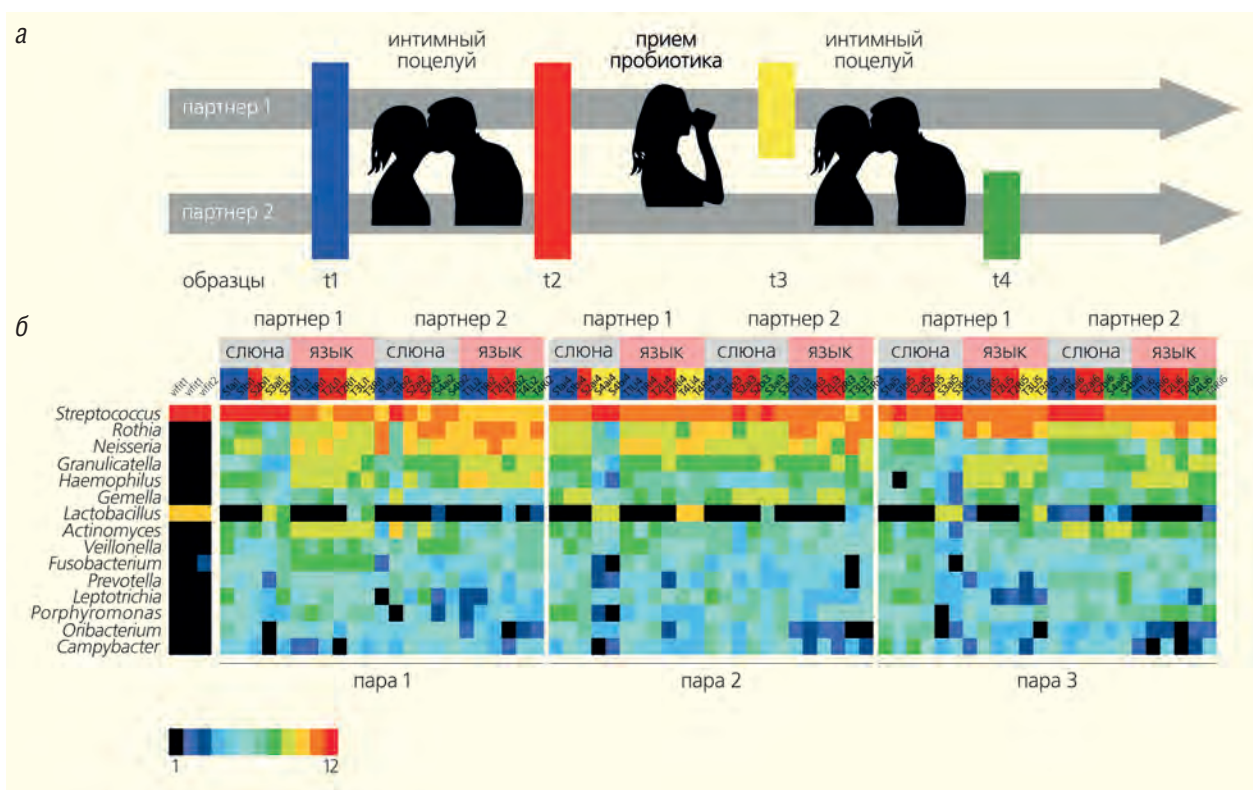


Рис.4. Дизайн исследования микробиоты целующихся партнеров (а) и карта данных метагеномного анализа состава их микробиоты (б) [8]. У всех испытуемых брали образцы с поверхности языка и слюны до (синий цвет) и в течение 10 с после (красный) интимного поцелуя. Количество бактерий, которыми обмениваются партнеры во время интимного поцелуя, оценивалось с помощью маркерных бактерий: одного из партнеров просили выпить 50 мл пробиотического йогуртового напитка и вновь собирали образцы до (желтый) и после (зеленый) второго поцелуя. Относительная распространенность 15 самых доминирующих родов ротовой микробиоты и пробиотического йогурта нанесена на преобразованную цветную шкалу от 0 (черный цвет) до 12 (красный). Идентификаторы образцов (vifit), пары и тип образца указаны одним цветом.

стики заболеваний. Таким биомаркерами могут служить, например, оральные бактерии, обнаруженные в новообразованиях поджелудочной железы [7]. В результате анализа микробиомов по 16S рРНК выяснилось, что в доброкачественных (с низкой степенью дисплазии) кистах поджелудочной железы преобладают протеобактерии (*Proteobacteria*), а при высокой дисплазии и при раке они конкурируют с фирмикутами (*Firmicutes*). Из 38 выявленных оральных видов бактерий с тяжестью онкогенеза оказались связаны *Fusobacterium nucleatum* и *Granulicatella adiacens*. Аналогичные результаты получены при изучении некоторых бактерий, живущих в полости рта и способствующих развитию пародонтоза: выяснилось, что два вида — *Tannerella forsythia* и *Porphyromonas gingivalis* — связаны с повышенным риском рака пищевода [8]. Хотя о способности некоторых оральных бактерий подавлять работу иммунной системы в опухолевой среде было уже известно, столь явная его связь с развитием онкологических заболеваний показана впервые. Эти результаты полезно учитывать при разработках профилактики, ранней диагностики и терапии рака.

Состав микробиоты полости рта зависит от наследственности, возраста, местожительства, образа жизни, пищевых пристрастий и даже выбора сексуального партнера. Голландские ученые провели метагеномный анализ состава микробиоты полости рта 21 пары сексуальных партнеров (среди них были две гомосексуальные пары мужчин и женщин) [9]. Авторы пришли к следующим выводам: сходство микробиоты на поверхности языка партнеров не коррелирует с частотой поцелуев и, скорее, связано с наследственностью, общими условиями и образом жизни; а вот похожий микробный состав слюны проявлялся у пар, целующихся не менее девяти раз в день (рис.4).

В процессе эволюции у нас сформировались механизмы для оценки партнера, с которым можно жить долго и безопасно. Это функцию, вероятно, выполняет первый поцелуй, во время которого передаются вкусовые сигналы, зависящие от качества продуктов метаболизма бактерий в полости рта. Если все хорошо, возникают чувства, которые побуждают нас целоваться, чтобы обменяться микробиотой. Так что, если вы влюблены, не отказывайте себе в удовольствии горячего поцелуя. ■

## Литература / References

1. *Comminos A.N., Wall M.B., Demetriou L. et al.* Kisspeptin modulates sexual and emotional brain processing in humans. *J. Clin. Invest.* 2017; 127(2): 709–719. Doi:10.1172/JCI89519.
2. *Gomez A., Nelson K.E.* The oral microbiome of children: development, disease and implications beyond oral health. *Microb. Ecol.* 2017; 73(2): 492–503. Doi:10.1007/s00248-016-0854-1.
3. *Gilbert J.A., Blaser M.J., Caporaso J.G. et al.* Current understanding of the human microbiome. *Nat. Med.* 2018; 24(4): 392–400. Doi:10.1038/nm.4517.
4. *Escapa I.F., Chen T., Huang Y. et al.* New insights into human nostril microbiome from the expanded Human Oral Microbiome Database (eHOMD): a resource for the microbiome of the human aerodigestive tract. *mSystems.* 2018; 3(6): e00187-18. Doi:10.1128 / mSystems.00187-18.
5. *Verma D., Garg P.K., Dubey A.K.* Insights into the human oral microbiome. *Arch. Microbiol.* 2018; 200(4): 525–540. Doi:10.1007/s00203-018-1505-3.
6. *Krishnan K., Chen T., Paster B.J.* A practical guide to the oral microbiome and its relation to health and disease. *Oral Dis.* 2017; 23(3): 276–286. Doi:10.1111/odi.12509.
7. *Gaiser R.A., Halimi A., Alkharaan H. et al.* Enrichment of oral microbiota in early cystic precursors to invasive pancreatic cancer. *Gut.* 2019. Doi:10.1136/gutjnl-2018-317458.
8. *Peters B.A., Wu J., Pei Z. et al.* Oral microbiome composition reflects prospective risk for esophageal cancers. *Cancer Res.* 2017; 77(23): 6777–6787. Doi:10.1158/0008-5472.CAN-17-1296.
9. *Kort R., Caspers M., van de Graaf A. et al.* Shaping the oral microbiota through intimate kissing. *Microbiome.* 2014; 2: 41. Doi:10.1186/2049-2618-2-41.

## Let's Kiss, It's Not Only Nice

A.N.Suvorov

Institute of Experimental Medicine (St. Petersburg, Russia)

Why do we like to kiss? After all, a kiss of a beloved woman or man, and especially a relative or friend, does not favor future generation and does not improve digestion. Why should we waste encouragement resource for useless deeds? Perhaps, during the evolution process, we simply had to form a mechanism to encourage the exchange of microbiota with those whom we are going to live and share the meal.

**Key words:** oral microbiome, evolution, kisspeptin.

# Страна Тетраэдрия

## Минералогическая сказка

Р.К.Расцветаева

Институт кристаллографии имени А.В.Шубникова РАН (Москва, Россия)

Фосфор открыт Г.Брандом в 1669 г. и в переводе с греческого означает «светоносный» — белый фосфор светится в темноте зеленоватым цветом. Среди наиболее распространенных элементов Земли фосфор занимает 10-е место. Однако в организме человека этот неорганический элемент — второй (после кальция) по важности, его содержание может достигать 1% массы тела (главным образом он накапливается в костях и зубах). Академик А.Е.Ферсман назвал фосфор «элементом жизни и мысли» из-за его исключительно важной роли в биохимических процессах. Он входит в состав зеленых растений, белка и ДНК. Некоторые фосфатные минералы образуются в живых организмах в виде нежелательных камней — почечных, слюнных, зубных и др. Среди фосфатов литосферы наибольшее распространение имеют минералы группы апатита  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{Cl}, \text{F}, \text{OH})$  — фтор-, хлор- и гидроксилapatит. В них  $\text{PO}_4$ -тетраэдры — одиночные. Контактуют они только с крупными полиэдрами. Высокий заряд (+5) затрудняет объединение  $\text{PO}_4$ -тетраэдров. Существует лишь небольшое количество природных фосфатных минералов, в которых эти тетраэдры соединяются друг с другом, образуя димеры  $[\text{P}_2\text{O}_7]^{4-}$  и тримеры  $[\text{P}_3\text{O}_{10}]^{5-}$ . Вместе с тем, в отличие от сульфатных, фосфорные тетраэдры охотно объединяются с тетраэдрами катионов с более низкой валентностью — В, Ве, Zп и др., образуя с ними изолированные кластеры, цепочки, слои и даже каркасы. Об этих минералах и рассказывается в нашей сказке.

**Ключевые слова:** минерал, фосфат, кристаллическая структура, тетраэдр, кластер, цепочка, слой, каркас.

### Пролог

Однажды известная всем с детства Алиса, прогуливаясь по Стране чудес, забрела в Мир минералов. Она всегда любила рассматривать красивые камешки и даже интересовалась их внутренним устройством. Алиса была образованной девочкой и читала умные книжки по кристаллохимии, в которых немецкий профессор Ф.Либау писал, что все природные фосфатные минералы представляют собой монофосфаты. А это значит, что фосфорные тетраэдры в минералах **никогда** не объединяются друг с другом, поскольку связь P–O–P в конденсированных фосфатах легко разрушается водой. Правда, искусственные соединения такого рода все же существуют. Другой ученый, К.Бураппа, изучив их, также пришел к заключению, что в природе они встречаться не могут. Алиса верила большому ученому и все же немного сомневалась. Ей было известно, что пирофосфатные группы  $[\text{P}_2\text{O}_7]^{4-}$  образуются в больших количествах в организме человека. Они обнаружены в крови, слюне и других жидкостях, а ведь эти жидкости не что иное, как природные водные химические системы.

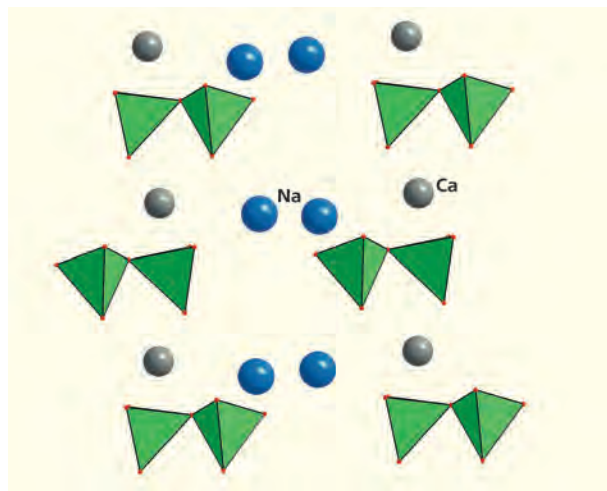
Но когда Алиса познакомилась с канафитом и вулдриджитом, которые представились дифосфатами, а также с канонеровитом — трифосфатом, она глазам своим не поверила. Выходит, что великие ученые тоже ошибаются. Новые знакомые поспешили ее успокоить: ученые не ошиблись, они просто не учли, что подобные минералы требуют особых условий кристаллизации, которые в лабо-

раториях можно создать искусственно, а в природе встречаются редко.

Алисе понравились ее новые товарищи, и она захотела познакомиться с другими фосфатами — не столь необычными, но тоже очень интересными. И друзья помогли ей в этом путешествии.

### Серия первая

**Канафит** — первый минерал с конденсированными тетраэдрами, встреченный в природе, — поведал Алисе свою историю. Его назвали по составу, но описали как ортофосфат. И это понятно, никто тогда не поверил бы, что такой минерал действи-

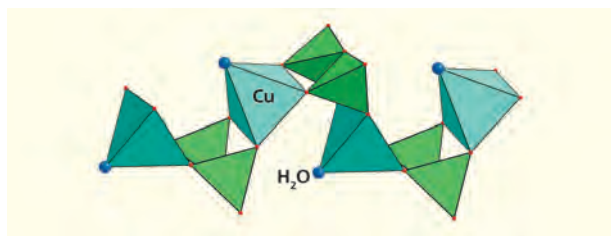


канафит  $\text{CaNa}_2[\text{P}_2\text{O}_7] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

тельно существует в природе. Его образование стало возможным на месторождении в Нью-Джерси (США), в условиях низких температур кристаллизации и в присутствии щелочных и щелочноземельных ионов.

И только позже обнаружили, что структура канфита состоит из тетраэдров, соединенных вершиной в диортогруппы  $[P_2O_7]$ , которые располагаются между слоями  $[NaO_3(H_2O)_3]$ - и  $[CaO_5(H_2O)]$ -октаэдров и объединяют их в трехмерную постройку.

История его друга **вуддриджита** с Р-диортогруппами полна драматизма. Он родом из Англии и назван в честь своего открывателя, знаменито-



вуддриджит  $Na_2CaCu_2(P_2O_7)_2 \cdot 10H_2O$

го минералога и гемолога Дж.Вуддриджа. Вместе с пирокпроитом  $(K,Na)_2Mg(P_2O_7)$ , пирофосфитом  $K_2Ca(P_2O_7)$  и арнгемитом  $(K,Na)_2Mg(P_2O_7) \cdot H_2O$  вуддриджит родился в темных пещерах среди гуано летучих мышей. В его структуре  $[P_2O_7]$ -диортогруппы играют важную роль, объединяя 5-вершинники меди в сильно гофрированные цепочки  $[Cu(P_2O_7)(H_2O)]$ , которые, в свою очередь, соединяются через Na- и Ca-октаэдры в слои. Последние разворачиваются на  $90^\circ$  относительно друг друга, так что параллельные цепочки становятся в соседних слоях перпендикулярными. Молекулы воды входят во все полиэдры минерала, кроме Р-тетраэдров. Октаэдры меди, как это часто бывает, сильно искажены с расстояниями  $Cu-(O,H_2O) = 1.94-2.37 \text{ \AA}$ . Фосфорные димеры  $P_2O_7$  тоже искажены: расстояния от атома фосфора до трех атомов кислорода составляют  $1.52 \text{ \AA}$ , а до мостикового атома кислорода — удлинено до  $1.63 \text{ \AA}$ . Но благодаря этому удлинению и выполняются требования баланса валентностей на общем атоме кислорода.

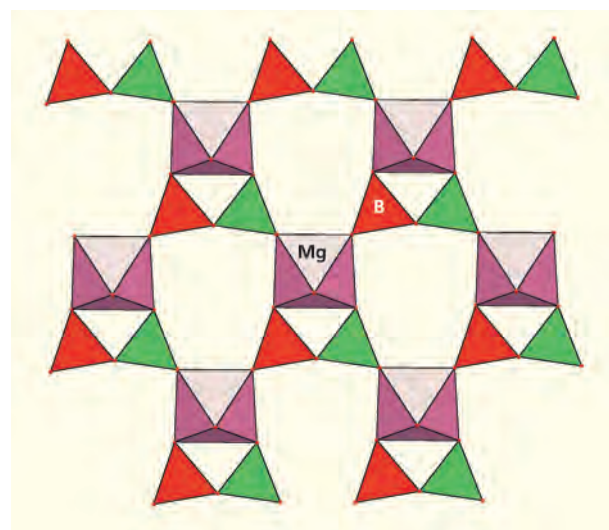
Вуддриджиту еще повезло с признанием. А вот его товарищи по пещере, хотя тоже имели диортогруппы, не смогли пройти Комиссию\* и остались непризнанными. Но они не считают себя неудачниками, ведь минералогическое сообщество использует их имена в литературе.

Но больше всего удивил Алису **канонеровит**  $Na_3Mn[P_3O_{10}](H_2O)_{12}$ . В нем содержатся тримеры из трех соединенных вершинами Р-тетраэдров, кото-

рые в виде подковы охватывают Mn-октаэдр и образуют с ним кластер  $[Mn(H_2O)_3P_3O_{10}]$ , а Na-октаэдры объединяют кластеры в трехмерную постройку.

На этом знакомство с уникальными фосфатами закончилось. Минералы с конденсированными Р-тетраэдрами удивительны, но их оказалось очень мало. Героев, которые смогли объединить свои тетраэдры, больше не нашлось, ведь для этого нужно приложить немало усилий. Легче найти партнеров среди других, менее заряженных атомов.

Алиса увидела в этом свои плюсы. Сдвоенные и даже строенные тетраэдры фосфора удивляют, но выглядят однообразно. Другое дело, когда тетраэдры берут в свою компанию всех желающих, тогда им есть что показать миру. Вот, к примеру, **люнебургит** из Люнебурга (Германия) тоже содержит диортогруппы, но выглядит куда наряднее. О нем Алиса слышала и раньше\*. Люнебургит расположил Mg-октаэдры в шахматном порядке, а с помощью диортогрупп из тетраэдров Р и В соединил их в сетки. Теперь это строение уникально благодаря таким диортогруппам. Сетки попарно соединяются через одиночные октаэдры в тройные пакеты. Связь между пакетами только водородная, образованная молекулами воды в свобод-



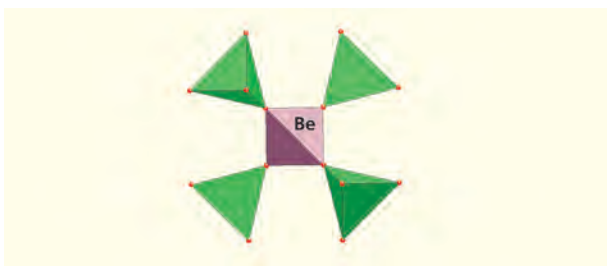
люнебургит  $Mg_3[PO_4]_2B_2(OH)_6 \cdot 6H_2O$

ных вершинах октаэдров и OH-группами в свободных вершинах В-тетраэдров.

Еще большего разнообразия тетраэдров достиг **гайнесит** из США, названный в честь Р.В.Гайнеса — американского минералога и коллекционера из штата Виргиния. Помимо фосфора в этом минерале содержатся бериллий и литий. Конечно, бериллий уступает бору по заряду, он всего лишь

\* Комиссия по новым минералам, номенклатуре и классификации минералов.

\* См.: *Расцветова П.К.* Ярмарка тщеславия // Природа. 2018. №4. С.63–73.

гайнесит  $\text{Na}_2(\text{Zr,Zn})_2(\text{Be,Li})(\text{PO}_4)_4 \cdot 1-2\text{H}_2\text{O}$ 

двухвалентный, а литий и того хуже — одновалентный. Выбирать было не из чего. Гайнеситу понравились пентамеры  $[\text{Si}_5\text{O}_{16}]$  из Si- и Al-тетраэдров в зуниите, и он построил такие же, но из тетраэдров Be и P. Тетраэдр бериллия он поместил в центр, однако целиком заполнить его не удалось, пришлось подмешать Li. Пентамеры объединяются октаэдрами Zr (тоже смешанными — только с Zn) в трехмерную постройку, в которой атомы Na заполняют полости. Точно такие же пентамеры построили **маккриллисит**  $\text{Cs}_2\text{Zr}_2[\text{Be}(\text{PO}_4)_4]$  и **селвайнит**  $\text{Na}_2\text{Zr}_2[\text{Be}(\text{PO}_4)_4]$ , а объединяются они октаэдрами из чистого циркония. В полостях же маккриллисита разместился цезий.

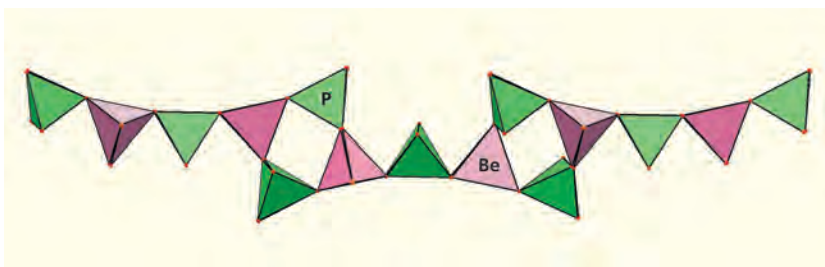
Группировки из тетраэдров (даже разнообразных) быстро закончились, и путешественники перешли к осмотру линейных сооружений.

## Серия вторая

Алиса раньше была слышана об удивительном семействе рошерита\* и теперь хотела познакомиться с ним поближе — тем более, что, по слухам, оно пополнилось новыми членами: магниезиальным и цинковым, высокожелезистым и высокомарганцевым.

Глава семейства **рошерит** назван в честь немецкого коллекционера минералов из Эренфридерсдорфа (Саксония) В.Рошера. Как и положено хозяину, он железной рукой (ну или почти железной) управляет семейством. А семейство у него маленькое, и у всех своя история. Взять хотя бы

\* См.: *Расцветаева Р.К. Дружба народов // Природа. 2010. №4. С.51–56.*

рошерит  $\text{Ca}_2\text{Fe}_3^+\text{Mn}_2[\text{Be}_4(\text{PO}_4)_6](\text{OH})_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 

**футмайнит**  $\text{Ca}_2\text{Mn}_4\text{Fe}[\text{Be}_4(\text{PO}_4)_6](\text{OH})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , который прибыл из Фут Майна (Калифорния, США). Раньше он считался близким родственником рошерита, заменившим почти все железо на более крупный марганец. Конечно, в рошерите тоже много марганца, но не до такой же степени. Вот даже ячейка футмайнита не выдержала и покосилась, и из моноклинного он превратился в триклинный. Но именно благодаря этому бывший Mn-рошерит стал самостоятельным и получил свое собственное название.

**Занацциит**  $\text{Ca}_2\text{Mg}_3\text{Fe}_2^+[\text{Be}_4(\text{PO}_4)_6](\text{OH})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  родом из Бразилии. Он назван в честь П.Ф.Занацци, профессора Университета Перуджи (Италия), за его структурное исследование многих минералов, включая и этот. Занацциит, наоборот, сделал ставку на более мелкий катион магния — и не прогадал. И собственное имя приобрел, и не покосился. А вот **Fe-занацциит**  $\text{Ca}_2\text{Mg}_{2.5}\text{Fe}_{2.5}[\text{Be}_4(\text{PO}_4)_6](\text{OH})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , тоже из Бразилии, но из рудника Сапукайя, повел себя нерешительно. Из осторожности он заменил железо магнием только частично и остался всего лишь разновидностью занацциита.

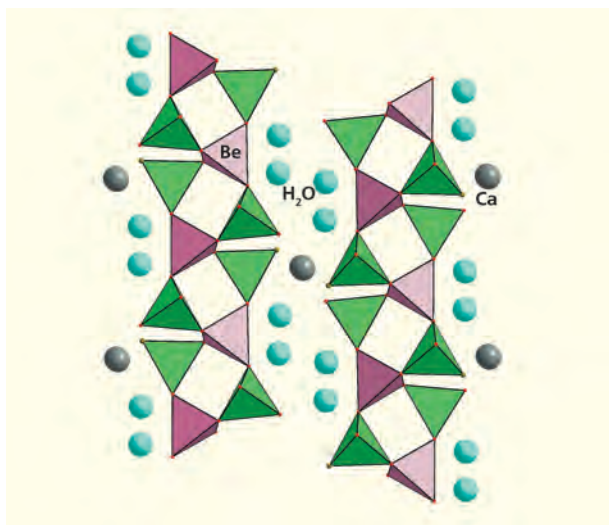
**Грайфенштейнит**  $\text{Fe}_3^+\text{Mn}_3\text{Mg}[\text{Be}_4(\text{PO}_4)_6](\text{OH})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  назван по месту жительства в Грайфенштейне (Саксония). При доминировании железа он сохранил Mn, и Mg и этим заслужил собственное имя. Его родственник **Mg-грайфенштейнит**  $\text{Ca}_2\text{Mg}_3\text{Fe}_2[\text{Be}_4(\text{PO}_4)_6](\text{OH})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , прибывший из рудника близ города Галилея в провинции Минас-Жераис (Бразилия), чтобы отличаться, выбросил весь марганец и часть железа, заменив их магнием. Поскольку он вместо крупных приобрел более мелкие катионы, его ячейка также покосилась и стала триклинной. Другой родственник из той же Бразилии, но с другого рудника (Пиринеус), **Zn-грайфенштейнит**  $\text{Fe}_3^+\text{MnZn}_3[\text{Be}_4(\text{PO}_4)_6](\text{OH})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , в целом остался железным, но магний убрал вовсе, заменив его экзотичным цинком. При этом он сохранил свою моноклинность, но все же остался разновидностью.

Еще один член семейства **атенсиоит**  $\text{Ca}_2\text{Fe}_3^+\text{Mg}_2[\text{Be}_4(\text{PO}_4)_6](\text{OH})_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , опять же из Бразилии (рудник Лиополис), назван в честь Д.Атенсио, профессора из Университета г.Сан Пауло. По сравнению с занацциитом атенсиоит ничего не поменял, но добровольно стал триклинным — и такой ценой заплатил за собственное имя.

Как бы ни меняли свой состав и симметрию члены семейства, все они строились по одному проекту. Октаэдры (будь они из железа или каких-то других материалов) соединялись ребрами в колонки, которые укладывались на разной высоте крест-

накрест и в месте скрещивания скреплялись с помощью Ca. А между колонками протянулись цепочки из тетраэдров фосфора и бериллия. Вот эти цепочки и стали настоящим сокровищем семейства. Сначала четыре тетраэдра Be и P замкнулись в кольца, а затем P-тетраэдры соединили кольца друг с другом. Уникальная цепочка, которая восхищала своим изящным изгибом, напоминала диковинные гирлянды на новогодней елке, с флажками и фосфорными светлячками.

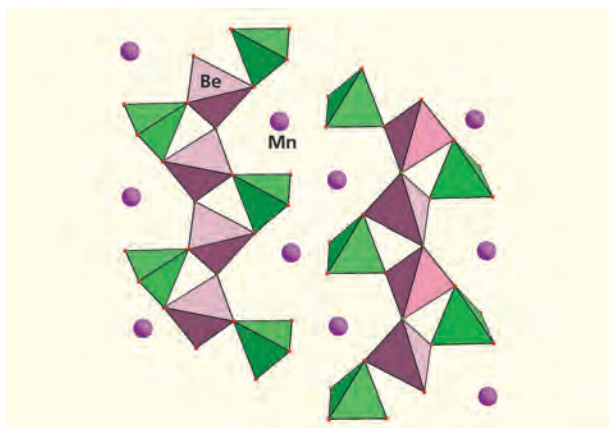
Друзья семейства двойняшки (по-научному, диморфы) **франзолитит** и **парафранзолитит** также



франзолитит  $\text{Ca}_3[\text{Be}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot (\text{PO}_3\text{OH})_2](\text{H}_2\text{O})_4$

использовали четырехчленные кольца, но объединили их по-другому, соорудив сложные цепочки из чередующихся BeO<sub>4</sub>- и PO<sub>4</sub>-тетраэдров с общим BeO<sub>4</sub>-тетраэдром. Цепочки соединяются через 6- и 7-вершинники Ca в слои, переложенные молекулами воды, а двойняшки различаются лишь сдвигами цепочек и атомов Ca.

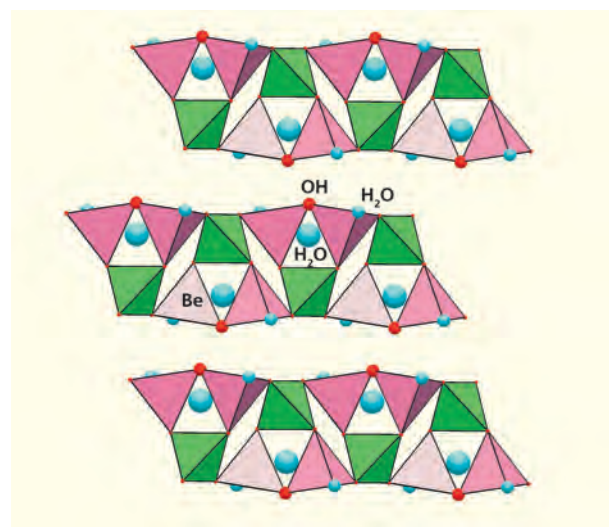
Розовато-красный **вайриненит** назван в честь профессора Технического института Хельсинки



вайриненит  $\text{Mn}[\text{Be}(\text{PO}_4)(\text{OH})]$

Х.А.Вайринена. Встречается этот минерал в Финляндии и в Швеции. Он решил построить цепочки из тройных (а не четверных, как у остальных) колец и взял за образец цепочку эвклаза, поменяв SiO<sub>4</sub> на PO<sub>4</sub> и Al<sup>3+</sup> на Be<sup>2+</sup>. Основа цепочки [Be<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>]<sup>4-</sup> состоит из соединенных вершинами Be-тетраэдров, а фосфорным тетраэдрам отведена второстепенная роль укрепления. Но сколько их ни укрепляй, цепочки выглядят шаткими — того и гляди рассыплются. Хорошо, что их подпирают с двух сторон марганцевые октаэдры, которые, соединяясь ребрами, образуют зигзагообразные ленты.

**Мораесит** также найден в Минас-Жераисе и назван в честь бразильского геолога и минералога Л.Ж. де Мораеса. В своей цепочке минерал решил скомбинировать тройные и четверные кольца и при этом еще и обойтись без дорогостоящих октаэдров, не говоря уж о крупных полиэдрах. Молекулами воды заполнил каналы структуры. К счастью, сдвоенные цепочки [Be<sub>2</sub>(PO<sub>4</sub>)(OH)(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>] оказались сбалансированными по зарядам и дер-

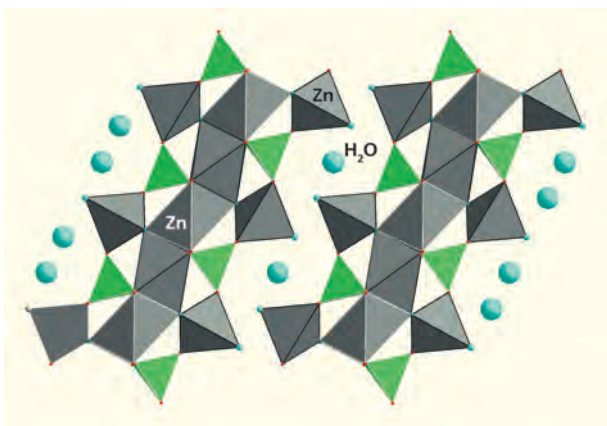


мораесит  $\text{Be}_2(\text{PO}_4)(\text{OH}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

жата друг за друга только с помощью Н-связей молекул H<sub>2</sub>O.

Редкий минерал **спенсерит** найден в цинковых гидротермальных месторождениях Замбии и Канады. Назван он в честь английского минералога Л.Дж.Спенсера — хранителя из Британского музея естествознания в Лондоне.

Этот минерал вовсе отказался от колец (будь то тройные или четверные), а заодно и от всем надоевшего бериллия. Его цепочки из соединенных вершинами чередующихся P- и Zn-тетраэдров выглядят простыми и изящными. Они сдвинуты относительно друг друга на полтрансляции и объединяются через Zn-октаэдры. Последние образуют плотную колонку, жестко соединяясь треугольными гранями друг с другом. Такие трех-

спенсерит  $Zn_4(PO_4)_2(OH)_2 \cdot 3H_2O$ 

этажные ленты удерживаются лишь Н-связями молекул воды — как свободных, так и входящих в Zn-тетраэдры. Цинку не позавидуешь, ему приходится работать за двоих — и в октаэдрах, и в тетраэдрах.

А совсем недавно на оловянно-танталовом Кёстеровском месторождении (Якутия) близ городка Батагай нашли **батагаит**  $CaZn_2(Zn,Cu)_6(PO_4)_4(PO_3OH)_3 \cdot 12H_2O$ . Он тоже использовал цинк (и даже в большем количестве), который вошел и в октаэдры, и в тетраэдры. Но цепочки из октаэдров, стянутые  $PO_4$ -тетраэдрами, батагаит поместил в один слой, а цепочки из тетраэдров  $[ZnO_4]$  и  $[PO_3(OH)]$  — в другой. В тетраэдрических цепочках он использовал 4-членные кольца из чередующихся P- и Zn-тетраэдров, которые соединяются через дополнительный P-тетраэдр. Его не смущало, что кольца получились сплюснутые, так как в P-тетраэдрах расстояния до атомов кислорода равны 1.55 Å, а в цинковых — 1.95 Å. Между слоями разместились Ca и молекулы  $H_2O$ .

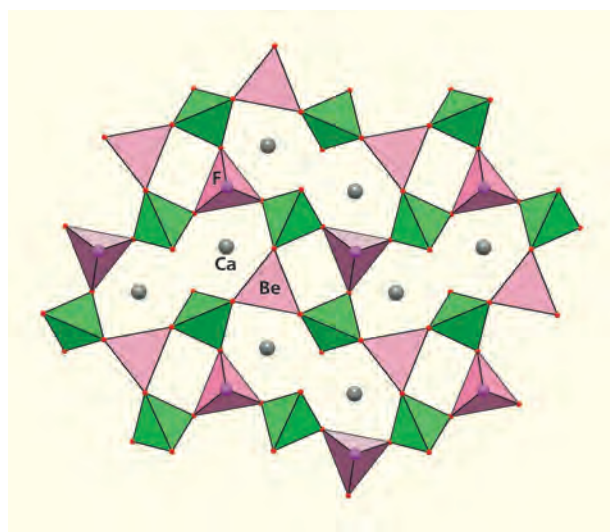
### Серия третья

Четырехчленные кольца оказались удобными для изготовления не только цепочек, но и слоев. Алиса раньше была знакома с семейством **гадолинита\***. Кого только она там не встречала! Сам глава и несколько его родственников (**хинганиты**, а также **минасжерит**, **данбурит**, **пековит** и **малеевит**) — бериллосиликаты. Другие же (**датолит**, **гомит** и **бакерит**) заменили бериллий бором. А **калькибеборосилит** использовал и Si, и Be, и B, что и удлинит его название. Есть даже один арсеносиликат по имени **бергслагит**. Не дрогнув, он поменял кремний на мышьяк. И только двое (**гердерит** и **весцелиит**) заменили кремний более высокозарядным фосфором.

\* См. *Расцветова Р.К. Дружба народов // Природа. 2010. №4. С.51–57; Ярмарка тщеславия // Природа. 2018. №4. С.63–73.*

Но все семейство позаимствовало проект апофиллитовых слюд, в которых слои состоят из тетраэдров кремния, объединенных в четверные кольца, а в слое, кроме четырехчленных петель, образуются еще и крупные 8-членные, вытянутой формы. Конечно, члены семейства различаются и способами объединения тетраэдрических слоев. Между ними чего только нет: Ca, Ba, Sr, Y, Fe и тому подобное.

**Гердерит** из Эренфридерсдорфа назвали в честь З.А.В. (Зигмунд Август Вольфганг) фон Гердера (интересно, каким из трех имен называют его жена и дети?), управляющего горными разработками во Фрейберге (Саксония). Слои гердерита состоят из колец, образуемых двумя Be- и двумя P-тетраэдра-

гердерит  $CaBePO_4F$ 

ми. **Гидроксилгердерит**  $CaBePO_4(OH)$  из провинции Минас-Жерайс обзавелся такими же слоями, которые переложил подобными слоями из Ca-восьмивершинников. Различие только в том, что свободная вершина Ca-полиэдра в одном минерале занята фтором, а в гидратированном — OH-группой.

А вот **уралолит**  $Ca_2Be_4(PO_4)_3(OH)_3 \cdot 5H_2O$ , первоначально найденный на Урале (месторождение Боевское), а затем и в пегматитах Австрии, Бразилии и США, включил в свои слои наряду с 4-членными Be-Be-Be-P-кольцами еще и 3-членные Be-Be-Be- и Be-Be-P-. В результате объединения этих колец образовались еще и 8-членные, в которых находятся 7-вершинники Ca, а слои соединяются Н-связями в трехмерную постройку.

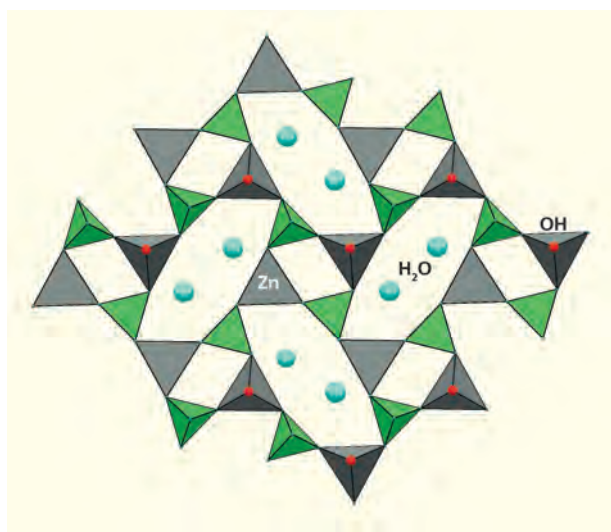
### Серия четвертая

Алису озадачила необычная дружба фосфора с цинком. Конечно, фосфор и бериллий различаются по заряду, но хотя бы близки по размеру. А вот цинк (двухвалентный, как и бериллий) крупнее фосфора



более чем в три (!) раза. Его ионный радиус равен 0.60 Å, тогда как у фосфора — 0.17 Å. Несмотря на такие различия, они оказались хорошими партнерами в строительстве разнообразных слоев, в чем Алиса убедилась, продолжив знакомство со слоистыми минералами.

**Весцелиит** назван в честь венгерского горного инженера А.Весцелия, который открыл этот редкий минерал. Он нашел его голубовато-зеленые кристаллы на месторождении Аракава (Япония), в зоне окисления меди и цинка. Весцелиит не стал замораживаться и взял пример с гадолинитового семейства. Слои, построенные из тетраэдров, точно такие же, как в гердеритах, но для разнообразия он использовал другие материалы: вместо бериллия — цинк, а вместо кальция — медь. Октаэдры меди ребрами соединяются в слой, в котором также содержатся 8-членные кольца. Причем эти кольца в тетраэдрическом и в октаэдрическом слоях располагаются один под другим, в результате чего образуются каналы, заполненные водой, а слои объединяются Н-связями.



весцелиит  $\text{Cu}_2\text{ZnPO}_4(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

риллия — цинк, а вместо кальция — медь. Октаэдры меди ребрами соединяются в слой, в котором также содержатся 8-членные кольца. Причем эти кольца в тетраэдрическом и в октаэдрическом слоях располагаются один под другим, в результате чего образуются каналы, заполненные водой, а слои объединяются Н-связями.

**Кипушит**  $(\text{Cu}, \text{Zn})_5\text{Zn}(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , названный по месту находки вблизи г.Кипуши (Конго) на границе с Замбией, так похож на весцелиит, что их можно спутать. На месторождении Кипуши более 60 лет добываются сульфиды Zn, Pb, Cu и Fe с редкими элементами Ga, Ge, Mo, W и V. Там же были найдены и прозрачные изумрудно-зеленого цвета кристаллы фосфата меди и цинка, которые сначала приняли за весцелиит. Однако детальное исследование показало их сходство, но не идентичность. В кипушите действительно содержится тетраэдрический слой  $[\text{Zn}(\text{PO}_4)\text{OH}]$ , аналогичный весцелиитовому. Но в нем присутствуют еще два слоя смешанного состава, которые состоят из соединенных ребрами  $(\text{Cu}, \text{Zn})$ -октаэдров

и объединяющего их Р-тетраэдра. Тетраэдрический слой соединяется с двумя смешанными в толстый пакет. Стало понятным, почему плотность у кипушита (3.90 г/см<sup>3</sup>) больше плотности весцелиита (3.42 г/см<sup>3</sup>).

Близкий родственник кипушита **филипсбургит**  $\text{Cu}_5\text{Zn}[(\text{As}, \text{P})\text{O}_4]_2(\text{OH})_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$  из месторождения Миддл Пит (штат Юта, США) не стал подмешивать цинк к меди, а заменил большую часть фосфора мышьяком.

Алиса познакомилась еще с одним большим семейством, которое предпочло цинк бериллию. Члены семейства, как правило, — выходцы из Германии. Они мало отличаются друг от друга составом и имеют схожие слои, а их родственные связи называются диморфными и триморфными и основаны на тонких структурных отличиях.

**Шольцит** найден в Хагендорфе (Германия) на месторождении Zn-фосфатов и назван в честь немецкого коллекционера и химика из Регенсбурга А.Шольца. Крупные Zn-тетраэдры шольцит соединил вершинами в простые линейные цепочки, параллельные друг другу. Более мелкие Р-тетраэдры объединили их в слой, в котором одна из вершин принадлежит сразу трем тетраэдрам (двум цинковым и одному фосфорному), а свободная четвертая служит объединению с соседним слоем через Са-октаэдр. Неудивительно, что в таком плотном

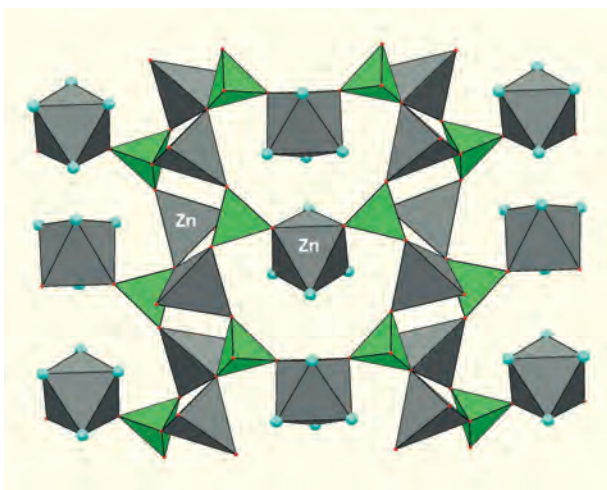


шольцит  $\text{CaZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

слое нет крупных петель — только четырехчленные и трехчленные.

**Парашольцит**  $\text{CaZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  родом из того же Хагендорфа, а греческая приставка пара в его названии означает «близкий». Слой из Р- и Zn-тетраэдров топологически идентичен шольцитовому. Разница заключается в способе объединения слоев, сдвинутых относительно друг друга, что приводит к отличию параметров ячейки и симметрии минералов.

**Гоцит** найден опять же в Хагендорфе и назван в честь Т.Ч.Гопа, шотландского химика из Эдинбургского университета. Тетраэдрические слои

гопеит  $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ 

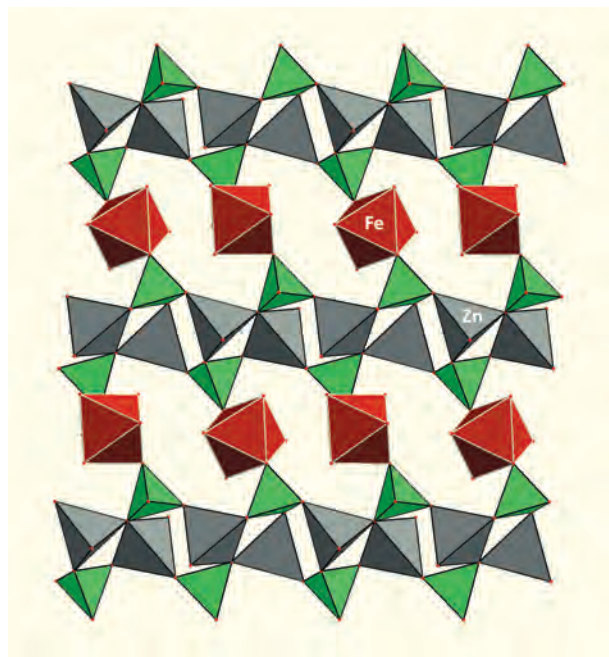
в структуре минерала сильно гофрированы и состоят из зигзагообразных цепочек Zn- и P-тетраэдров. Сердцевину цепочек, как и в шольцитах, составляют Zn-тетраэдры, но не в виде непрерывной ленты, а разорванные на пары. Слой также содержит 4- (чередуются Zn- и P-тетраэдры) и 3-членные кольца (2Zn+1P). Все вершины Zn-тетраэдра участвуют в построении слоя, а в P-тетраэдре четвертая вершина, перпендикулярная слою, используется для объединения с соседним слоем через  $[ZnO_2(H_2O)_4]$ -октаэдры. Так по совместительству цинк выполняет две функции: в тетраэдрическом окружении он участвует в построении слоя, а в октаэдрическом ( $4H_2O + 2O$ ) находится между слоями, объединяя их. Молекулы воды в свободных вершинах октаэдра дополнительно скрепляют слои H-связями. Гопеит не единственный, кто использовал цинк в двух вариантах. В цепочечном спенсерите (как вы помните) цинк тоже по совместительству работал и в тетраэдре, и в октаэдре.

**Парагопепит**  $Zn_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$  найден в зоне окисления на гидротермальном месторождении цинка Брокен Хилл (Замбия). Как и в гопеите его структура содержит тетраэдрические слои  $[Zn_2(PO_4)_2]$  и связывающие их Zn-октаэдры, состоящие из двух атомов кислорода и четырех молекул  $H_2O$ . Однако отличие все же есть. Zn-октаэдр в гопеите расположен так, что оба атома кислорода находятся на одном ребре октаэдра, а в парагопепите октаэдр развернут и атомы кислорода оказываются в противоположных его углах.

Гопеит—парагопепит, как и шольцит—пара-шольцит, — двойняшки, то бишь диморфы. Они различаются параметрами ячейки и симметрией.

**Фосфофиллит** из Боливии назван по составу (фосфат) и форме (от греч. φύλλο — лист) — из-за совершенной спайности. Фосфофиллит считается продуктом изменения сфалерита и (Fe,Mn)-фосфатов на многих гидротермальных месторожде-

ниях Австралии, Германии, Греции, Замбии, Исландии, Швеции и ряда других стран. Слой  $[Zn(PO_4)]$  идентичны слою в гопеите, но соединяются  $[FeO_2(H_2O)_4]$ -октаэдрами. А сходство с парагопепитом состоит в том, что атомы кислорода находятся не в цис- (на одном ребре, как в гопеите), а в транс-конфигурации (т.е. в противоположных углах).

фосфофиллит  $Zn_2(Fe^{2+}, Mn^{2+})(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ 

Таким образом, фосфофиллит, гопеит и парагопепит могут рассматриваться как тройняшки (триморфы, по-научному).

**Эрлеит**  $Ca_2ZnBe(PO_4)_2(PO_3OH) \cdot 4H_2O$  — очень редкий минерал, найденный на месторождении Тип-Топ в Черных холмах (Южная Дакота, США). Назван он в честь открывшего его Г.Эрле из Монтаны (США). Этот минерал задумал оригинальный слой, для чего ему понадобились тетраэдры трех сортов. Толстый слой из тетраэдров P, Be и Zn — очень сложный. В нем присутствуют четырехчленные кольца трех типов: из чередующихся Zn- и P-тетраэдров, из Be- и P-тетраэдров и смешанного типа (Zn—P—Be—P). В результате образуются рыхлые слои с 12-членными петлями, которые соединяются 7- и 8-вершинниками Ca и сильными водородными связями.

### Серия пятая

Алисе понравились построенные из тетраэдров слои с участием фосфора, но она даже не могла себе представить, что он способен на большее — входить в каркасные постройки из тетраэдров. И это настоящие цеолитные каркасы, которые ин-

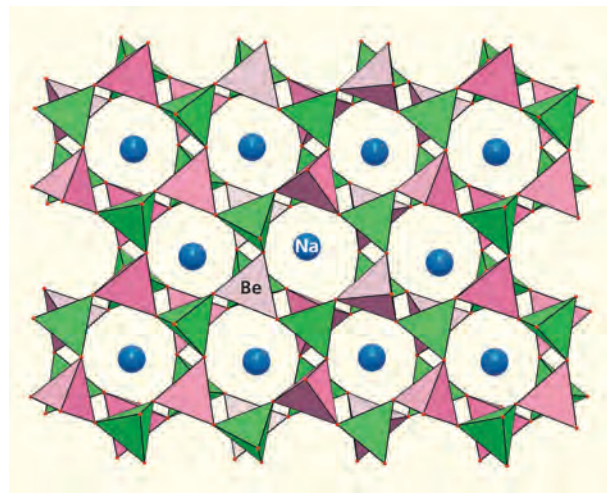
тересуют ученых в качестве молекулярных сит. Ну и что из того, что среди них (за редким исключением) нет оригинальных и они просто копируют силикатные и алюмосиликатные? Зато они такие разнообразные! Ведь каркасы строятся не из одинаковых (ну, почти одинаковых) тетраэдров кремния и алюминия, а из разных и по величине, и по заряду тетраэдров.

**Херлбутит**  $\text{Ca}[\text{Be}_2(\text{PO}_4)_2]$  также найден на месторождении Тип-Топ и назван в честь минералога из Гарвардского университета К.С.Херлбата-младшего. Каркас херлбутита такой же, как у алюмосиликатов анортита  $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ , альбита  $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ , цельзиана  $\text{Ba}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$  и боросиликатов данбурита  $\text{Ca}[\text{B}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$  и ридмерджерита  $\text{Na}[\text{BSi}_3\text{O}_8]$ , но тетраэдрические катионы в нем другие — Be и P. В полостях и каналах каркаса херлбутита находятся 7- и 9-вершинники Ca.

**Пахасапаит** — редкий минерал, названный по месту находки в Паха Сапа (Черный холм) на месторождении Тип-Топ. Он тоже не стал изобретать

ит — прототип синтетического алюмофосфатного молекулярного сита. А присутствие Li-тетраэдра делает его похожим и на бериллосиликат сяньхуалит (в переводе с китайского — «душистый цветок»), о котором мы рассказывали ранее\*.

**Бериллонит** — минерал из месторождения Стоунхем (США), названный по наличию Be в его составе. Он тоже позаимствовал проект каркаса, но

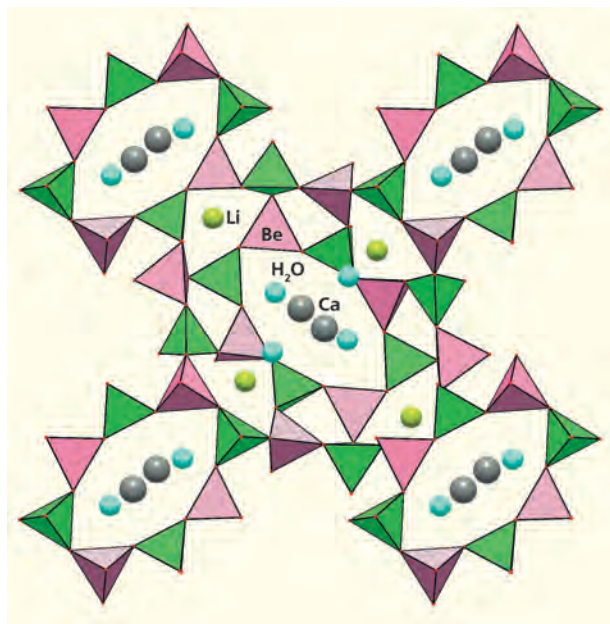


бериллонит  $\text{Na}[\text{BePO}_4]$

у силикатного тридимита, поменяв однообразные кремнекислородные тетраэдры на два типа тетраэдров — фосфорные и бериллиевые. Тетраэдры чередуются не только по составу, но и по ориентации, образуя слои с шестичленными кольцами. Слои накладываются друг на друга в каркас, где наряду с шестичленными имеются 4- и 8-членные кольца, а в крупных каналах располагаются атомы натрия.

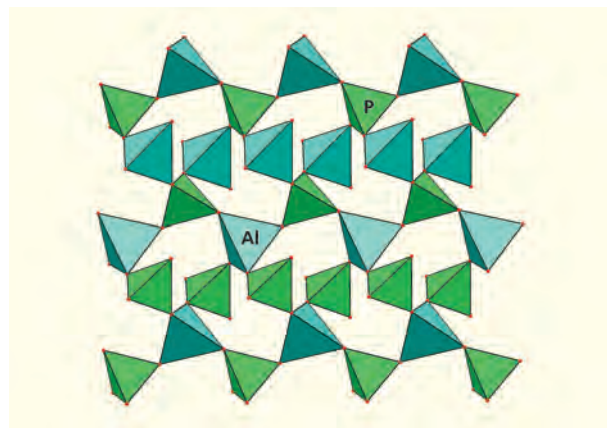
**Берлинит** созвучен с бериллонитом, но назван он не в честь города Берлин, а в честь шведского фармаколога Н.Дж.Берлина — профессора из Уни-

\* См.: *Расцветаева Р.К. Сами с усами // Природа. 2011. №4. С.45–50.*



пахасапаит  $\text{Ca}_8\text{Li}_8[\text{Be}_{24}\text{P}_{24}\text{O}_{96}](\text{H}_2\text{O})_{38}$

велосипед и взял на вооружение проект цеолитных алюмосиликатов группы фожазита, заменив в нем тетраэдры кремния и алюминия бериллиевыми и фосфорными. В цеолитоподобном каркасе эти тетраэдры, чередуясь, образуют кольца разных размеров — крупные 8-членные, 6-членные и 4-членные, в которых каждый P-тетраэдр окружен только Be-тетраэдрами и наоборот. В структуре есть еще крупный Li-тетраэдр. Он не участвует в строении каркаса, а встраивается в шестичленное кольцо. В местах пересечения каналов образуются крупные полости диаметром 8 Å, занятые 7-вершинниками Ca и молекулами  $\text{H}_2\text{O}$ . Пахасапа-

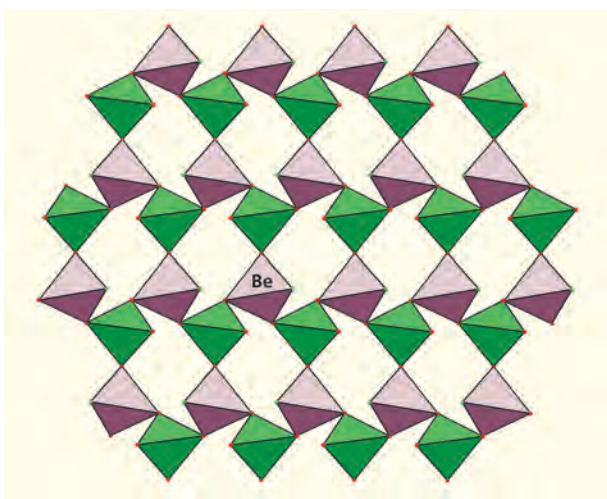


берлинит  $\text{AlPO}_4$

верситета Лунда (Швеция). Этот редкий минерал найден вблизи г.Квинсленда (Австралия) в высокотемпературных гидротермальных породах. Он не постеснялся воспользоваться каркасом самого альфа-кварца, но заменил тетраэдры кремния тетраэдрами  $AlO_4$  и  $PO_4$ .

Цеолитоподобный каркас **типтопита**  $K_2(Li, Na, Ca)_6Be_6(PO_4)_6(OH)_2 \cdot H_2O$ , из того же месторождения Тип-Топ, геометрически напоминает канкринитовый, в котором 12-членные кольца из чередующихся тетраэдров Be и P соединяются с образованием 4- и 6-членных колец. Слои объединяются в каркас, в каналах которого содержатся разнообразные щелочные катионы.

**Бабеффит** из фтористого редкометалльного месторождения Бурятия назван по составу (Ba, Be,



бабеффит  $Ba[BePO_4F]$

и P). Он решил не копировать известные проекты, а построить простой, но довольно необычный каркас из чередующихся тетраэдров P и Be, которые соединил вершинами в цепочки. Атом F входит

в свободную вершину Be-тетраэдра, а Ba в полости каркаса образует 9-вершинники.

Также необычный каркас построил **вайнебенит**  $CaBe_3(PO_4)_2(OH)_2 \cdot 4H_2O$  из Вайнебене (Австрия). В нем P-тетраэдры окружены Be-тетраэдрами, в то время как последние соединяются в слои не только с фосфорными, но и с себе подобными тетраэдрами (через OH-группы). Слои, в свою очередь, объединяются через дополнительный Be-тетраэдр в цеолитный каркас, в котором каналы заполнены 7-вершинниками Ca и молекулами  $H_2O$ .

На этом путешествие Алисы по стране фосфорных тетраэдров закончилось. Конечно, остались постройки, где они работают в одиночку, без помощи других. Там они взаимодействуют с октаэдрами и более крупными полиэдрами. Но знакомство с ними Алиса отложила до другого раза.

## Эпилог

Прощавшись с друзьями, Алиса размышляла об увиденном в стране Тетраэдри. Фосфор, конечно, не такой высокозарядный, как, например, сера\*. Но он умеет светиться. И вообще, высокий заряд — не повод для зазнайства, ведь у каждого есть свои достоинства. И у каждого свои задачи в этой жизни. Безусловно, как и сера, фосфор испытывает затруднения в объединении своих тетраэдров. Но он хотя бы сделал попытку и доказал всему минеральному миру, что нет ничего невозможного. Вон даже хром (между прочим, такой же шестивалентный, как и сера) сумел построить группы  $Cr_2O_7$ ,  $Cr_3O_{10}$ ,  $Cr_4O_{13}$ . Но главное, что фосфор не гнушается водить дружбу с теми, у кого заряд меньше. Ну а чего добилась сера? Ее тетраэдр изолирован и от своих, и от чужих. Одиночество — вот ее удел... ■

\* См.: Расцветова Р.К. Хикикомория // Природа. 2014. №4. С. 68–80.

## Tetrahedria Land Mineralogical Tale

R.K.Rastsvetaeva  
A.V.Shubnikov Institute of Crystallography, RAS (Moscow, Russia)

Phosphorus was discovered in 1669 by Hennig Brand. Its name corresponds to Greek **Φωσφορος** meaning "light-bearer", as in the dark it emits a greenish glow. Phosphorus is the tenth most abundant element on the Earth and tends to be concentrated in igneous rocks. It is an incompatible element in common rock-forming minerals, and hence is susceptible to concentration. It reaches its highest abundance in sedimentary rocks: the major constituents of phosphorite are the minerals of the apatite group. Phosphorus is the second most abundant inorganic element in our bodies (after Ca); it makes up about 1% of our body weight, occurring primarily in bones and teeth. In the most minerals  $[PO_4]$  tetrahedra are single and contact only with large polyhedra. High charge (+5) contributes to hard combining of  $[PO_4]$  tetrahedra in nature. Minerals in which  $[PO_4]$  tetrahedra link each other to form  $[P_2O_7]^{4-}$  and  $[P_3O_{10}]^{5-}$  groups are rare. In opposite to sulphates,  $[PO_4]$  tetrahedra are linked with other tetrahedra (B, Be, Zn, etc.) forming finite clusters or chains, layers, and even three-dimensional frameworks. These minerals are described in our tale.

**Keywords:** mineral, phosphate, crystal structure, tetrahedron, cluster, chain, layer, three-dimensional framework.

# Биостратиграфия как предчувствие

## К 250-летию со дня рождения Вильяма Смита

кандидат геолого-минералогических наук В.Н.Комаров<sup>1</sup>, Ф.Ф.Ахунов<sup>1</sup>, Р.У.Еременко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (Москва, Россия)

e-mail: komarovngri@mail.ru; fara\_21-12-2012@mail.ru; eremenko-ruslan@mail.ru

Главная сторона деятельности Вильяма Смита — геологическое картирование — запечатлена в серии составленных им карт, и прежде всего в «Карте слоев Англии и Уэльса». Смит установил общую последовательность 34 слоев в этих регионах, наиболее подробно расчленив отложения, выделенные впоследствии в юрскую систему. Сочетание качеств талантливого геолога-картировщика и коллекционера окаменелостей позволило ему сделать знаменитый вывод о том, что каждый пласт заключает ископаемые остатки, характерные именно для него. Смит показал специфику и постоянство палеонтологической характеристики различных слоев, предопределив возможность их распознавания и отождествления и создав основу для развития биостратиграфического метода и исторической геологии в целом.

**Ключевые слова:** Вильям Смит, ископаемые остатки, геологическое картирование, биостратиграфия.

С незапамятных времен окаменелости привлекали внимание человека. Происхождение ископаемых остатков было окутано завесой тайны. Большинство людей рассматривало их в качестве причудливой, трудно объяснимой игры природы. Однако и наиболее выдающиеся мыслители прошлого, сумевшие правильно определить генезис окаменелостей, даже не задумывались о том, что ископаемые остатки распределяются в горных породах закономерно. Понять первым это смог Вильям Смит — выдающийся английский естествоиспытатель, 250-летие которого мировая геологическая общественность отмечает в этом году [1, 2].

Смит родился 23 марта 1769 г. в семье фермера в графстве Оксфордшир. Рано потеряв отца, он воспитывался у дяди в местности, где в изобилии встречались различные окаменелости. Именно в то время у мальчика появилась страсть к коллекционированию фоссилий, которая не угасла до самых последних дней жизни. Начальное образование Вильям получил в сельской приходской школе. Все остальные знания он приобрел самостоятельно. Еще в детстве у него проявилась склонность к техническим занятиям и сформировалось решение стать инженером-землемером. С 14 лет он усердно занимался черчением и математикой и в 18 лет стал помощником землемера, инженера-практика Э.Вебба.

С 1791 г. Смит начал самостоятельно работать на копиях Сомерсетского угольного бассейна, недалеко от г.Бата, центра графства Сомерсетшир. Два года профессиональной деятельности помогли



Вильям Смит (1769–1839).

молодому человеку сформировать основополагающие геологические представления и приобрести инженерно-технические навыки. Он получил уникальную возможность делать наблюдения под землей и устанавливать закономерности залегания угольных пластов. В итоге начинающий исследователь создал геологическую модель уголь-

ного района, которая должна была способствовать более рациональной разработке угольных пластов. Смит прекрасно зарекомендовал себя не только как землемер, но и как специалист, хорошо разбирающийся в технических вопросах угольного дела, и был приглашен к сотрудничеству по сооружению Сомерсетского угольного канала в качестве районного инженера. Это сыграло основную роль в определении всей его дальнейшей деятельности. С 1793 г. на протяжении шести лет жизнь Смита была теснейшим образом связана с обустройством Сомерсетского канала. Тот период стал временем его наибольшей творческой активности.

Окрестности Бата отличаются исключительно благоприятным для изучения стратиграфии сочетанием природных условий. Куэстовый рельеф способствует хорошей обнаженности богатых окаменелостями слоев нижней юры, облегчая их прослеживание на местности и установление возрастной последовательности. Слои лейаса подстилаются литологически резко от них отличающимися пестроцветными, немymi в палеонтологическом отношении, континентальными и лагунными мергелями триасового возраста.

Свои изыскания на Сомерсетском угольном канале Смит начал с расчета сети нивелировок в районе трассы проектирующегося сооружения. Данные работы отчетливо показали, что слои, залегающие выше угленосных толщ, располагаются не горизонтально — они моноклинально падают к востоку, последовательно омолаживаясь в этом направлении. В 1794 г. после утверждения парламентом проекта Сомерсетского канала Смит с двумя членами учредительного комитета данного проекта был командирован для ознакомления с опытом постройки и эксплуатации угольных каналов в других районах Англии. Поездка, совершенная в открытом экипаже, окончательно убедила Вильяма в правильности выбора профессии. Примерно за два месяца он с коллегами проехал около 900 миль — от г.Бата до г.Ньюкасла в графстве Нортумберленд одним путем и обратно — другим. Наблюдая на протяжении всего путешествия знакомые разновидности горных пород, закономерно сменяющиеся с запада на восток, Смит пришел к выводу о постоянстве последовательности слоев, которую ранее установил в районе трассы Сомерсетского канала. Именно в той поездке он поверил в возможность составления карты слоев Англии и Уэльса. Решению этой грандиозной задачи исследователь посвятил впоследствии многие годы своей жизни, а создание данной карты стало кульминационным пунктом всей его геологической деятельности. После возвращения из командировки Смит в течение ряда лет плодотворно работал непосредственно в районе г.Бата и его окрестностей, получив репутацию опытного инженера. Наряду со своей практической деятель-

ностью естествоиспытатель расширяет круг стратиграфических наблюдений и делает все более глубокие обобщения. Детально сопоставляя слои горных пород, он приходит к гениальному выводу о том, «что каждый пласт заключает ископаемых органического происхождения, характерных именно для него, и может быть, в сомнительных случаях, путем их изучения установлен и отделен от другого пласта, сходного с ним, но принадлежащего другой части серии» [3, с.163].

Смит не только детально изучает последовательность слоев в районе трассы канала и содержащиеся в них фоссилии, но одновременно фиксирует результаты геологических наблюдений в графическом виде. В тот период ему удалось составить свои первые геологические карты: г.Бата и его окрестностей в масштабе 1:42 420 (количество миль в 1 дюйме) и графства Сомерсетшир в масштабе 1:63 360. Уже в 1796 г. у Смита появилась мысль изложить данные своих наблюдений в виде обобщающего труда. Однако реализовать этот план в то время не получилось из-за большой занятости, а также в силу затруднений, возникших у него при попытках изложить свои мысли на бумаге в законченной литературной форме.

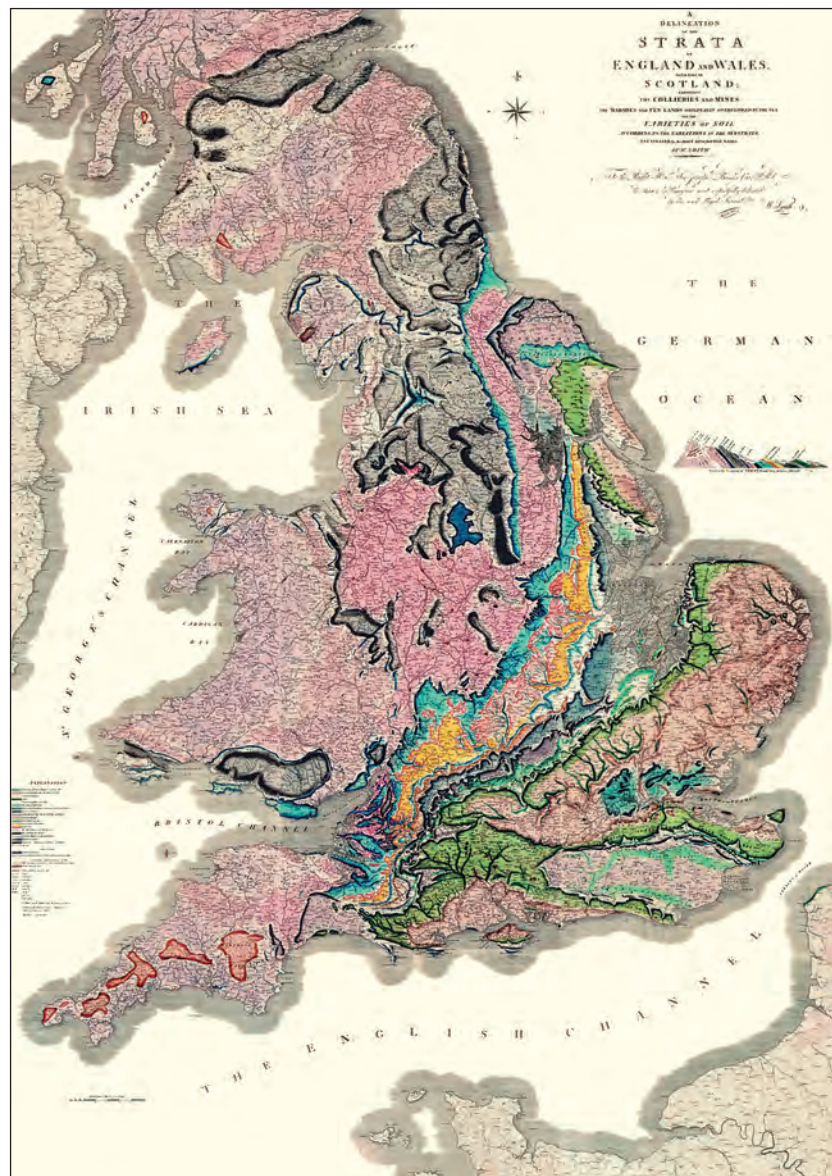
В 1799 г. Смит познакомился с коллекционером ископаемых остатков Б.Ричардсоном, который стал активным популяризатором его идей. Ричардсон хорошо разбирался в вопросах зоологической номенклатуры, но, обладая обширной коллекцией окаменелостей из окрестностей Бата, плохо представлял, из каких слоев они происходят. Он был поражен, когда Смит разложил фоссилии из его собрания в определенном стратиграфическом порядке и указал слои, в которых они встречаются. Еще более Ричардсон удивился, когда его новый знакомый высказал свое общее положение, что «одинаковые слои всегда встречаются в одинаковой последовательности и всегда заключают одних и тех же характерных ископаемых» [3, с.163]. Смит предложил проверить это полевыми наблюдениями, пригласив еще одного любителя следов былой жизни — Д.Таунсенда. Смит указывал слои, в которых должны были, по его мнению, встречаться те или иные окаменелости. Затем исследователи осматривали эти слои, и «предсказания» их друга неизменно оправдывались. Убедившись в правильности представлений Смита и осознав выдающееся значение, которое может иметь этот метод, Ричардсон и Таунсенд уговорили его опубликовать результаты наблюдений. В конечном итоге в 1799 г. Ричардсон со слов Смита составил краткую таблицу последовательности слоев и заключенных в них ископаемых остатков окрестностей г.Бата. Появилась первая в мире стратиграфическая схема, подразделения которой имели не только литологическую, но и палеонтологическую характеристику.

Таблица была первоначально выполнена в трех экземплярах — для каждого участника ее составления. Впоследствии с нее сделали многочисленные копии, благодаря которым она стала известна профессиональным геологам — как английским, так и специалистам из других стран. Но опубликовали ее только в 1815 г. Единственный сохранившийся подлинный экземпляр этой таблицы Смит передал в 1831 г. вместе с картой окрестностей г. Бата Лондонскому геологическому обществу.

В 1799 г. Смит оставил постоянную службу на Сомерсетском канале и перешел к частной деятельности инженера-консультанта. В различных районах Англии он помогал выполнять работы по прокладке ирригационных каналов, постройке дамб, занимался вопросами водоснабжения. Все свободное время и все свои денежные средства исследователь тратил на геологические маршруты, коллекционирование ископаемых остатков и составление геологических карт. Он не оставил плана написать и издать книгу с исчерпывающим изложением своего метода. В 1801 г. Смит выпустил проспект будущего труда, в котором предполагалось изложить детальное описание слоев горных пород Англии и Уэльса, сопровождающееся геологической картой и разрезами. Данный проспект получил широкое распространение, но завершение анонсированного труда из года в год, к сожалению, откладывалось. В 1808 г. Лондонское геологическое общество, полагая, что Смит отказался от своей идеи составления геологической карты Британии, поставило перед президентом общества вопрос о ее подготовке. Это заставило Смита обосноваться в Лондоне и активизировать свою деятельность. Несмотря на серьезные денежные затруднения, вынудившие его даже продать Британскому музею за 700 фунтов стерлингов часть своей коллекции окаменелостей, работа над картой была завершена. В 1815 г. она была опубликована в масштабе 5 миль в 1 дюйме (1:3 168 000) под названием «Изображение слоев Англии и Уэльса с частью Шотландии; показывающее угольные копи и рудники, марши и фены,

покрывавшиеся раньше морем, и изменения почвы, соответствующие изменениям субстрата; иллюстрированное наиболее наглядными названиями». Эта карта, в профессиональном отношении превосходно выполненная, стала первой в мире геологической картой обширной территории.

Одновременно с завершением этой работы Смит переработал стратиграфическую схему, впервые намеченную в 1799 г. в «Таблице последовательности слоев окрестностей г. Бата». Новый вариант должен был отвечать легенде подготовленной к изданию «Карты слоев Англии и Уэльса». Однако в то время исследователю становятся известны некоторые новые фактические данные. И таблица снова переделывается. В 1815 г., уже после выхода в свет первых оттисков «Карты слоев Англии и Уэльса», Смит наконец публикует авторскую стратиграфическую схему под названием «Геологическая табли-



«Карта слоев Англии и Уэльса». 1815 г.



Медаль В.Г.Волластона, которой в 1831 г. первым был награжден В.Смит.

ца ископаемых органического происхождения Британии, устанавливающая последовательность и непрерывность слоев».

С 1816 г. он начинает издавать серию таблиц с изображениями ископаемых остатков под общим названием «Слои, установленные по ископаемому органического происхождения». Из предполагавшихся семи выпусков этой серии было опубликовано четыре (1816–1819). В 1817 г. вышла в свет работа «Стратиграфическая система ископаемых органического происхождения», представляющая собой аннотированный каталог коллекции фоссилий, переданных Смитом Британскому музею. В 1819 г. он опубликовал серию геологических разрезов различных областей Англии и Уэльса, показывающих условия залегания и взаимоотношения слоев горных пород и их связь с различными формами рельефа. Вскоре после обнаружения «Карты слоев Англии и Уэльса» Смит подготовил «Новый геологический атлас Англии и Уэльса». В нем различной расцветкой были изображены протяженность и ширина слоев, обуславливающих разнообразие почв; показаны места, где могут быть найдены уголь и строительные материалы. «Новый атлас», к сожалению, остался незаконченным. Но все же с 1819 по 1824 г. вышли в свет шесть его выпусков, каждый из них включал четыре листа карт различных графств. Выпуском в 1824 г. шестой части публикация работ Смита практически заканчивается.

В период подготовки карт «Нового геологического атласа» Смит сосредоточивает свою деятельность в северо-восточных графствах Англии, а его жизнь связывается с г.Скарборо. Этот район привлекал исследователя обнажениями юрских слоев и широкими возможностями коллекционирования заключенных в них ископаемых остатков. Здесь же он познакомился с местным баронетом и с 1828 г. стал управляющим его имением. С того времени

Смит, который был на пороге своего 60-летия, деятельность инженера-геолога-консультанта почти полностью прекратил. Шесть лет он прожил в управляемом им имении, а затем, расставшись с этой должностью, переехал в г.Скарборо. Жил Смит уединенно и покидал свой дом лишь для участия в годовых собраниях Британской ассоциации для прогресса науки.

Последние 10 лет для Смита стали временем официального признания его ярких заслуг и получения различных наград от правительственных и научных организаций Великобритании.

Началось это с присуждения Лондонским геологическим обществом первой Волластоновской медали (1831), названной в честь выдающегося английского физика и химика В.Г.Волластона. В принятом по этому поводу решении общества от 11 января 1831 г. было сказано: «Первая Волластоновская медаль дается Мр. Вильяму Смигу в связи с тем, что он является великим оригинальным открывателем в английской геологии, и особенно в связи с тем, что он был первым в этой стране, кто открыл и изучил постоянство слоев и установил их последовательность при посредстве заключенных в них ископаемых» [3, с.168].

26 августа 1839 г. в Бирмингеме должно было состояться очередное годовичное собрание Британской ассоциации для прогресса науки, куда Смит получил приглашение. По пути он задержался у одного из своих друзей в г.Нортгемптоне. Здесь после нескольких геологических экскурсий он заболел. Болезнь прогрессировала, и через несколько дней, 28 августа, Вильям Смит скончался. Здесь же, в Нортгемптоне, в церкви Всех Святых, он похоронен.

Творческое наследие Смита велико. Он был вдумчивым геологом-практиком, успехи которого в решающей степени обусловлены тем, что возникающие вопросы он решал, всегда опираясь на фактические данные — на знание условий залегания слоев и их стратиграфической последовательности.

Смит был непревзойденным мастером геологического картирования. Эта главная сторона его деятельности, запечатленная в серии карт, и прежде всего в знаменитой «Карте слоев Англии и Уэльса», широко известна и получила высочайшую оценку. Для самого исследователя «геологическое картирование стало, по-видимому, искусством, которое он любил, тонко понимал и рассматривал как основное призвание своей жизни» [3, с.169].



В поздних публикациях он обычно кратко рекомендовался как автор геологической карты Англии и Уэльса.

Слои были для этого геолога прежде всего объектом, который можно проследить на местности и откартировать. Его стратиграфические таблицы представляют собой перечни стратонов, систематизированных в порядке залегания и, соответственно, происхождения. Смит обосновал общую последовательность 34 слоев Англии и Уэльса, наиболее подробно расчленив отложения, выделенные впоследствии в юрскую систему. Многие из установленных Смитом слоев юрской части разреза сохраняют свое стратиграфическое значение вплоть до наших дней.

Открытие и изучение постоянства в последовательности слоев — главная и неопределимая заслуга естествоиспытателя, и именно этой стороне деятельности он обязан своим широко известным прозвищем Страта-Смит, которое дали ему соотечественники. После работ Смита геологическое картирование прочно вошло в перечень основных методов стратиграфических исследований в Англии. С ним у Смита координировалось и второе его увлечение — коллекционирование ископаемых остатков. Начав мыслить и работать как геолог-картировщик, он продолжал собирать окаменелости не просто как определенные палеозоологические объекты, а как характерные признаки

картирующихся слоев. Именно это позволило ему уже в ранний период своей деятельности сделать знаменитый вывод о том, что каждый пласт включает ископаемые остатки, характерные именно для него. Следует подчеркнуть, что в ходе своих исследований Смит не последовательность слоев определял при помощи фоссилий, а, наоборот, различие комплексов окаменелостей отдельных стратонов выявлял после установления последовательности залегания слоев методом геологического картирования. Таким образом, эпохальное открытие Смита стало результатом сочетания в его личности качеств талантливого геолога-картировщика, с одной стороны, и энтузиаста коллекционера окаменелостей — с другой. Именно в этом сочетании и заключается «разгадка той необычайности, исключительности личности Смита, которая отмечается всеми его биографами» [3, с.170].

Смит не был профессиональным ученым, но он был гениальным наблюдателем и тонким интерпретатором фактов. Выявленное им постоянство специфики палеонтологической характеристики различных слоев, предопределившее возможность их распознавания и отождествления, создало фундаментальную основу для того, чтобы в дальнейшем уже специалисты в области палеонтологии совершенствовали теорию и практику биостратиграфического метода и способствовали развитию исторической геологии в целом. ■

## Литература / Reference

1. *Phillips J.* Memoirs of William Smith, LLD., author of the "Map of the strata of England and Wales". L., 1844.
2. Щеглов И.А., Ахунув Ф.Ф., Еременко Р.У., Комаров В.Н. У истоков биостратиграфии (к 250-летию со дня рождения Вильяма Смита). Известия вузов. Геология и разведка. 2018; 3: 74–80. [*Shcheglov I.A., Akhunov F.F., Eremenko R.U., Komarov V.N.* At the origins of biostratigraphy (the 250th anniversary of the birth of William Smith). Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Geologiya i Razvedka. 2018; 3: 74–80. (In Russ.)]
4. Леонов Г.П. Основы стратиграфии. Т.1. М., 1973. [*Leonov G.P.* Foundations of stratigraphy. V.1. Moscow, 1973. (In Russ.)]

## Biostratigraphy as a Premonition To the 250th Anniversary of William Smith

V.N.Komarov<sup>1</sup>, F.F.Akhunov<sup>1</sup>, R.U.Yeremenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sergo Ordzhonikidze Russian State Geological Prospecting University (Moscow, Russia)

The main aspect of W.Smith's activity is geological mapping, is depicted in a series of maps compiled by him and, above all, in the "Map of the Layers of England and Wales". W. Smith established the general sequence of 34 layers of England and Wales, the most fractionally dissected deposits allocated later in the Jurassic system. The combination of qualities of the talented geologist-cartographer and the collector of fossils allowed him to draw the well-known conclusion that each layer includes its own typical fossils. W.Smith showed the specificity and persistence of the paleontological characteristics of the different layers, predetermined the possibility of their recognition and identification, and provided the background not only for the development of the biostratigraphic method, but the historical geology in general.

**Keywords:** William Smith, fossil, geological mapping, biostratigraphy.

# Жорес Медведев и его «Проблемы долголетия»

Имя Ж.А.Медведева (1925–2018) хорошо известно во всем мире. Эта небольшая подборка — дань памяти выдающемуся ученому и мужественному человеку. Мы признательны Михаилу Давидовичу Голубовскому, лично знавшему Жореса Александровича, за воспоминания о нем, в которых особое место отведено трагическому периоду в развитии советской биологии — с 1929 по 1966 г. В последний год жизни Жорес Александрович работал над научно-популярной книгой «Проблемы долголетия». Из письма Медведева Голубовскому (03.02.2018): «Я завершил 115-й главой мои воспоминания. Теперь начал новую книгу, уже научно-популярную, материалы для которой накапливались многие годы. Будет, наверное, около 20 глав, и закончу в 2020-м». Жорес Александрович успел написать только 15... Сокращенный вариант двух первых глав из этой книги мы публикуем с любезного разрешения его вдовы, Маргариты Николаевны Медведевой.

## Драма в истории биологии

М.Д.Голубовский

Санкт-Петербургский филиал Института истории естествознания и техники имени С.И.Вавилова РАН (Санкт-Петербург, Россия)  
e-mail: mdgolub@gmail.com

Остановка развития и разгром генетики и сопредельных с ней отраслей биологии в СССР после августа 1948 г. рассматриваются исследователями как одно из самых драматичных событий в истории науки XX в. Книга выдающегося ученого Ж.А.Медведева «Взлет и падение Лысенко» широко циркулировала в научном и культурном самиздате с начала 1960-х годов. Впервые опубликована она была на английском языке в США в 1969 г., на русском же в СССР книга вышла из печати лишь четверть века спустя. За свою научно-публицистическую активность Медведев был лишен в 1973 г. советского гражданства. Вторую половину жизни жил и работал в Англии.

**Ключевые слова:** история науки, советская генетика, лысенкоизм, репрессии, самиздат.

**Б**иолог Жорес Александрович Медведев ушел из жизни внезапно 15 ноября 2018 г. в возрасте 93 лет. Из них 47 лет он прожил в СССР и 46 — в эмиграции в Англии. Его исследования относятся к разным разделам биологии — биохимии развития и старения, генетике, геронтологии, радиобиологии. Яркие таланты ученого проявились и в истории науки, ее популяризации, а также в научной и исторической публицистике. Ученый стал признанным в мире экспертом в области советологии и политологии.

Сложилась совершенно уникальная ситуация. Многие опубликованные изыскания в этой области Жорес Александрович (Ж.А.) проводил в тесном содружестве со своим братом, идентичным близнецом, профессиональным историком — Роем Александровичем (Р.А.), который оставался жить в Москве. Говоря метафорически, сложные социальные события оценивались лицами одного и того же генотипа, но жившими в разных мирах. Тем самым разносторонние оценки приобретали особую достоверность и убедительность. Ж.А. был творчес-

ки активным до последнего дня жизни. Я выделил две группы его изысканий, которые получили мировой отклик и известность.

Первая — историко-научный анализ трагедии советской биологии, связанной с монополией агронома Т.Д.Лысенко (особенно после сессии ВАСХНИЛ августа 1948 г.), которого всегда поддерживали Сталин и Хрущев. Сейчас опубликованы десятки книг и сотни статей на данную тему (см., например: [1]). Однако изыскание Ж.А. было первым, всесторонним и документированным. Актуально оно до сих пор.

В 1969 г. его книга «The fall and rise of T.D.Lysenko» («Взлет и падение Лысенко») вышла в издательстве Колумбийского университета (США), а в России опубликована лишь 30 лет спустя после написания первой версии в 1961–1962 гг. Рукопись под названием «Биологическая наука и культ личности» резко осудили в парткоме Тимирязевской сельскохозяйственной академии (ТСХА). Клеветы Лысенко в открытой печати называли исследование ученого «идеологической диверсией». Медве-

деву пришлось уйти из ТСХА, где он проработал более 15 лет. Однако его дополненная рукопись широко распространилась в научном и культурном обществе СССР в рамках самиздата и прорвала железный занавес.

Вышедшая в США книга поведала миру, как в Советском Союзе, который провозгласил построение нового общества на основе науки («научный социализм»), произошел погром ряда ее важных разделов — генетики, цитологии, теории эволюции, селекции и сопредельных с ними областей практики. Были не только остановлены исследования в данных разделах науки, но в тюрьмах и лагерях погибли многие ее творцы. Травля главы московской школы эволюционной генетики профессора Н.К.Кольцова привела его к смерти в 1940 г. В том же году был арестован и спустя три года замучен в тюрьме Саратова гениальный биолог Н.И.Вавилов, создатель мировой коллекции культурных растений.

В книге Ж.А. впервые провел ясный и без умолчаний научно-исторический и социальный анализ возникновения монополии Лысенко. Хорошо документированные сведения о масштабах репрессий в биологии произвели глубокое впечатление. Они оказались потрясением для научного и гуманитарного сообщества и в СССР, и далеко за его пределами. Множество людей просто не ведало об этом или не делало различий между сладкими лозунгами коммунистической утопии и горькой реальностью сталинизма и партократии. Вот уже более полувека это исследование цитируется как пионерное во всех авторитетных сводках по истории советской биологии, а также при обсуждении социальных и институциональных проблем науки (власть и наука, возникновение псевдоучений и др.). Социальное значение книги Медведева сопоставимо с вышедшим несколько лет спустя художественным произведением А.И.Солженицына «Архипелаг Гулаг». Оба автора проявили смелость и подлинное гражданское мужество, выдержали гонения, высылку из страны, лишение гражданства.

В 1970 г. (с 30 мая по 17 июня) Ж.А. был насильно заключен в Калужскую психбольницу. Это деяние властей (вернее, злодеяние) вызвало широкие протесты научно-культурной элиты в СССР. Рой Александрович возглавил протестную кампанию. Б.Л.Астауров — президент Всесоюзного общества генетиков и селекционеров имени Н.И.Вавилова — сразу же поехал навестить Медведева и встретиться с «лечащим» врачом-психиатром. Следом отправились к Ж.А. в психбольницу А.Д.Сахаров, московские биологи А.И.Атабекова и А.А.Нейфах, писатели А.Т.Твардовский, В.Ф.Тендряков, В.А.Каверин. Сахаров послал открытое протестное письмо в ЦК КПСС. Оно заканчивалось призывом к Брежневу вмешаться: «Я не могу поверить, что такое вопию-



Жорес Александрович Медведев (1925–2018).

щее беззаконие может быть санкционировано высшей властью».

Письменные протесты выразили академики П.Л.Капица, И.Е.Тамм, М.А.Леонтович, В.А.Энгельгардт, ленинградские биологи В.Я.Александров, В.С.Кирпичников, кинорежиссер М.И.Ромм, писатель Д.А.Гранин, группа старых большевиков (И.П.Гаврилов, Р.Б.Лерт, Л.М.Портнов и др.). Сильное впечатление произвело открытое письмо — обращение А.И.Солженицына, названное «Вот как мы живем»: «Это может случиться завтра с любым из нас, а вот произошло с Жоресом Медведевым — ученым-генетиком и публицистом, человеком гибкого, точного, блестящего интеллекта и доброй души (лично знаю его бескорыстную помощь безвестным погибающим больным). Именно РАЗНООБРАЗИЕ его дарований и вменено ему в ненормальность <...> Раз думаешь не так, как ПОЛОЖЕНО, — значит ты ненормальный! <...> Захват свободомыслящих здоровых людей в сумасшедшие дома есть ДУХОВНОЕ УБИЙСТВО, это вариант ГАЗОВОЙ КАМЕРЫ, и даже более жестокий: мучения убиваемых злей и протяжней» [2, с.302; выделено А.С.].

Вторая группа научно-социальных изысканий Медведева, выполненных уже в эмиграции и получившая мировой резонанс, — это раскрытие тайны, масштабов и истинных причин атомной аварии на Южном Урале — самой крупной атомной катастрофы в мире до Чернобыля и Фукуямы. Катастрофа произошла в 1957 г. на секретном комбинате по производству плутония в Челябинской области «Маяк» («Кыштымская атомная авария»). Российские власти признали эту катастрофу лишь 32 года спустя, в 1989 г. Зона заражения, ставшая не-

пригодной для проживания, охватила огромную площадь и получила название Восточно-Уральский радиоактивный след. Этот «след» имеет около 300 км в длину и 10 км в ширину. В зоне радиоактивного загрязнения было 25 тыс. га пахотных земель и проживало около 270 тыс. человек. Более 10 тыс. человек из 23 деревень вскоре отселили из-за сверхвысокого полурезультативного уровня радиации. Масштабы аварии и ее последствия были мало известны миру и не осознавались\*.

В конце 1970-х годов Медведев на основе совокупности косвенных данных и собранных свидетельств очевидцев пришел к выводу, что причиной аварии стал взрыв в хранилище ядерных отходов атомного комбината «Маяк». Парадоксально, но этот вывод поначалу резко отвергли как невозможный и невероятный ведущие авторитеты в ядерной физике Великобритании и США, в том числе «отец американской водородной бомбы» Эдвард Теллер. Они полагали, что произошло, видимо, неудачное испытание ядерного оружия. Медведев писал, что в американской прессе его называли даже чудачком, сумасбродом (англ. screw ball). Недоверие имело и социальные причины. Вывод Ж.А. повышал озабоченность общества опасностью атомной энергетики и проблемами хранения радиоактивных отходов.

В серии публичных выступлений в Англии и США Медведев достойно выдерживал скепсис и недоверие экспертов. Однако уже подготовленную им книгу под названием «Nuclear disaster in Ural» («Атомная катастрофа на Урале»), в которой были суммированы собранные им доказательства, отказывались печатать. И это вопреки признанному научному и моральному авторитету автора. Лишь после неожиданной аварии на АЭС «Three mile Island» в Пенсильвании 28 марта 1979 г. было сразу же решено опубликовать книгу Медведева. На русском языке книга вышла лишь в 2017 г.

В 2010 г. в возрасте 85 лет Медведев начал писать подробные, год за годом документированные воспоминания и размышления о своей научной жизни, рассказы о встречах с учеными и политическими деятелями самого высокого ранга, с которыми ему довелось общаться. А также с описанием и анализом турбулентных социальных событий в мире, свидетелем которых он был. Общее название воспоминаний — «Опасная профессия». Они были закончены в декабре 2017 г., охватывают более шести десятилетий и состоят из 115 (!) хорошо иллюстрированных глав, последняя из которых касается событий 2010 г. Каждую из глав после написания автор посылал для замечаний знакомым биологам и историкам (мне довелось быть в их

числе). Основной корпус воспоминаний публиковался в интернетном еженедельнике «2000», который издается в Киеве ([www.2000.net.ua](http://www.2000.net.ua)). Избранные главы выходили в разных журналах (см., например: [3]) и в издательстве «Права человека». Воспоминания Медведева поражают удивительной для его возраста энергией, динамикой стиля, ясностью оценок, панорамой и обилием малоизвестных персональных деталей.

### Контурь биографии

Идентичные близнецы Жорес и Рой родились в Тбилиси 14 ноября 1925 г. в русско-еврейской семье. Их отец, Александр Романович Медведев (1899–1941), был полковым комиссаром в армии. Мама, Юлия Исааковна (урожд. Рейман), была виолончелисткой. В 1926 г. отец стал слушателем Военно-политической академии. А затем преподавал там философию. Он был библиофилом, много читал (его библиотека насчитывала около 4 тыс. томов) и любовь к чтению передал сыновьям. В 1938 г., в период вакханалии массовых сталинских репрессий, отец ночью на глазах сыновей был арестован и в 1941 г. умер в колымских лагерях.

Семья Медведевых после ареста в одночасье была выселена прямо на улицу. Приют им дали родственники матери — сначала в Ленинграде, а затем в Ростове-на-Дону. Начавшаяся война быстро подошла к городу, но семья успела эвакуироваться в Тбилиси. Жорес в феврале 1943 г. был призван в армию, участвовал в боях на Таманском полуострове. Был тяжело ранен и в конце 1943 г. после лечения демобилизован.

В 1944 г. он поступил в ТСХА, на кафедру Петра Михайловича Жуковского — известного ботаника, знатока культурных растений и сподвижника Н.И.Вавилова. Замечательный курс лекций Жуковского «Культурные растения» мне довелось слушать в 1962 г. в Ленинградском университете. Медведев еще в студенческие годы, работая под руководством Жуковского, опубликовал две совместные с ним статьи по биохимии полового диморфизма у растений. Но в августе 1948 г., после сессии ВАСХНИЛ, началось воцарение «мичуринской биологии». Произошла полная перестройка биологического преподавания, начались гонения на профессоров, оппонировавших Лысенко.

Жуковский и заведующий кафедрой генетики Тимирязевской академии А.Р.Жебрэк в ходе заседаний сессии ВАСХНИЛ отстаивали классическую, или мировую, генетику. Но Лысенко ясно заявил, что его итоговый доклад одобрен ЦК партии. Как выяснилось, редактировал доклад сам Сталин [4, 5]. Оба профессора, будучи членами партии, вынуждены были покаяться и выразить верность партийной линии. Компартия к тому

\* Подробнее см.: Косенко М.М. Радиоактивный стронций на Урале // Природа. 2011. №12. С.3–10.

времени приобрела многие черты мафии. А выход из мафии подобен «волчьему билету» и сразу опускает в социальные низы. Вскоре после вынужденного покаяния Жуковский наедине со своим любимым учеником со слезами на глазах признался: «Я заключил с Лысенко Брестский мир... Поганный мир... Я сделал это ради моих учеников» [3, с.112]. Ситуация известная: «Он знал, что вертится Земля, но у него была семья».

Спустя много лет Медведев в своей научно-публицистической книге напишет ясно и афористично: «В условиях массовых репрессий тридцатых годов, шпиономании и централизованного разжигания страстей, в условиях лихорадочных поисков “врагов народа” во всех сферах человеческой деятельности любая научная дискуссия имела тенденцию к превращению в борьбу с политическим оттенком. Почти каждая дискуссия трагически кончалась для той стороны, которая была представлена людьми более благородными и интеллигентными, более честными, более склонными опираться в спорах на данные науки. Приклеивание политических ярлыков в тот период было наиболее легким и соблазнительным способом победить противников, которых нельзя было сломить силой научной аргументации, и некоторые становились на этот путь, приводивший часто не только к разгрому, но и к физическому устранению оппонентов» [6, с. 18].

Медведев решил перейти на не связанную прямо с генетикой кафедру агрохимии. Он продлил обучение на год, упорно работал и к моменту получения диплома сумел, не афишируя, подготовить кандидатскую диссертацию. Защита прошла успешно в Институте физиологии растений АН СССР в 1950 г. Это был уникальный случай в истории ТСХА, когда ее выпускник представляет и диплом, и кандидатскую диссертацию.

Работая на кафедре агрохимии и биохимии растений, Медведев подготовил пионерную монографию о роли белков в проблемах наследственности, развития и старения. Книга рассматривала новые тогда открытия роли ДНК и генетического кода, анализ связей в цепи биосинтеза ДНК-РНК-белок и влияние мутаций в этой цепи на процессы онтогенеза. Рукопись одобрили рецензенты. Но Медведев включил в книгу критику взглядов Лысенко, отрицавшего наследственные молекулы, роль хромосом и генов. Это застопорило издание. Потребовали убрать главу с критикой «мичуринской генетики». Пришлось пойти на компромисс. Медведев передал рукопись с оговоркой в Англию, она была там оценена и опубликована вскоре после выхода русского издания.

В 1963 г. Медведев был принят на работу в Институт медицинской радиологии АМН СССР в Обнинске, где организовал лабораторию молекулярной радиобиологии. Тема работ: сравнительный

генетический и молекулярный анализ нормального и радиационного старения. Проверяться популярная в то время теория накопления соматических мутаций в клетках тканей и органов как главная причина старения. В 1963 г. директор института Г.А.Зедгенидзе с большим трудом организовал приглашение на работу из Свердловска классика радиационной генетики Н.В.Тимофеева-Ресовского. Его кандидатура долго утверждалась в разных инстанциях. Тимофеев-Ресовский еще не был реабилитирован, а Обнинск был режимным атомным городом. В отделе генетики, куда входила и лаборатория Медведева, были выполнены прекрасные исследования. Между Тимофеевым-Ресовским и Медведевым сложились дружеские доверительные отношения. Но в 1969 г. отдел был распущен под прямым нажимом Калужского обкома КПСС на дирекцию.

В немалой степени это было вызвано выходом в США в 1969 г. книги «Взлет и падение Лысенко». Несколько необходимых слов о том, как состоялся перевод. Его сделал генетик М.Лернер (Michael Lerner, 1910–1977), автор известной концепции генетического и популяционного гомеостаза. Лернер происходил из русскоязычной колонии в Харбине. Юношей он уехал учиться в Ванкувер (Канада), где в 1931 г. случайно встретил Ф.Г.Добжанского, который был месяц в Канаде и увлек его страстью к генетике. Лернер решил переехать в США и продолжить образование в Университете в Беркли. Там он стал успешно работать в области популяционной генетики и был избран в Американскую академию наук. В 1961 г. Лернер перевел на английский язык малоизвестную до того времени на западе статью основателя генетики популяций С.С.Четверикова. Лернер интересовался также генетикой человека, проблемами науки и общества. Его вступительное слово к мастерски сделанному переводу книги Медведева начиналось фразой: «История советской генетики в период 1937–1964 гг., возможно, самая необычная глава в современной истории науки».

Встретившись с Медведевым в 1965 г. в Чехословакии на симпозиуме в честь 100-летия рождения Грегора Менделя, Лернер согласился перевести его рукопись, которая уже попала в США. Медведев попросил Лернера официально запросить издательство Академии наук СССР о передаче давно лежащей там рукописи для перевода. Там молчали несколько месяцев и потом ответили, что сие невозможно. Тогда Медведев с оговоркой передал фотопленку рукописи. Лернер перевел и отредактировал текст. Но тут возник трудный моральный выбор. Было ясно, что публикация столь острой научно-публицистической книги грозит автору преследованием. Лернер еще раз спросил согласие автора. Медведев ответил, что посвящает книгу памяти выдающихся русских биологов, полагая,

что публикация будет способствовать улучшению советской науки и экономики.

Сыграли роль в последующем преследовании и запущенные в самиздат в конце 1960-х годов две публицистические рукописи Медведева: «Международное сотрудничество ученых» и «Тайна переписки охраняется законом» [7]. В них он критиковал униженные, недостойные и произвольные отказы в поездках советских ученых за пределы СССР по приглашению на симпозиумы или для сотрудничества. А также незаконную цензуру почты, произвольную задержку и пропажу посылаемых или получаемых их-за рубежа писем, статей и книг. Это создавало изоляцию советской науки, сдерживало ее развитие.

Научная публицистика Медведева не была диссидентством в смысле требования изменений конституции или законов страны. Ее побудительным мотивом было лишь твердое желание поставить закон между гражданином и государством. Но естественный призыв к советской власти выполнял свои же законы рассматривался партократией как преступление. После ввода советских войск в Чехословакию в августе 1968 г. вновь произошло усиление идеологического режима и беззакония. Именно тогда власти применили к Жоресу Медведеву психиатрическое насилие. Когда же эта акция сорвалась, был применен другой, разработанный главой КГБ Ю.В. Андроповым, прием против диссидентов. Ученому разрешили выезд по приглашению в Англию на год с тем, чтобы лишить гражданства. В январе 1973 г. Медведев вместе с женой Маргаритой Николаевной и младшим сыном Димой выехал в Лондон по приглашению Национального института медицинских исследований (National Institute for Medical Research, NIMR). А в августе 1973 г. он был лишен советского гражданства. Ему вернули гражданство лишь в августе 1990 г. указом Президента СССР М.С. Горбачева.

В NIMR Медведев получил постоянную должность для исследований в области молекулярной геронтологии. Там он работал до выхода на пенсию в 1991 г. После этого ученый один и вместе со своим братом Роем Александровичем написал множество публицистических статей и книг по советской истории и политологии. В последний год жизни Медведев активно работал над интересной научно-популярной книгой «Проблемы долголетия» (закончено 15 глав).

### Время, общество и онтогенез книги «Взлет и падение Лысенко»

На русском языке книга «Взлет и падение Лысенко. История биологической дискуссии в СССР (1929–1966)» вышла в Москве лишь в 1993 г. Книге предпослан эпиграф: «Памяти выдающихся

советских ученых, участников событий, описанных в этой книге: Н.И.Вавилова, Д.Н.Прянишникова, Н.К.Кольцова и Д.А.Сабина». К этому изданию в 1991 г. Медведев, давно живший в Лондоне и обогативший опытом научной жизни в Великобритании и других странах, написал послесловие. Оно начинается горьким историческим эскизом: «Прошло почти 25 лет с того времени, когда я заканчивал заключительную часть этой книги, выполняя просьбу академика Н.Н.Семенова, председателя комиссии Академии наук СССР, созданной специально для того, чтобы решить вопрос о публикации этой работы. Особую инициативу в создании такой комиссии проявил Б.Л.Астауров. Комиссия рекомендовала книгу для издания. Но поскольку в 1966 году официально считалось, что эпоха Лысенко в советской биологии уже закончилась и научная истина восторжествовала, автору предложили написать оптимистическое заключение. К истории взлета Лысенко следует добавить его “падение”. Однако мой вариант “падения” Лысенко и его “учения” не был признан достаточно оптимистичным. Особенно неприемлемым было в нем то, что явление лысенкоизма рассматривалось как один из симптомов общей болезни всего общества. Среди факторов, способствующих “подъему” Лысенко, были указаны и такие, которые не исчезли и в 1966 году. Это прежде всего цензура и относительная изоляция советской науки. Не исчезли и попытки политического вмешательства в научные исследования. А в последующие годы чисто партийный контроль науки даже усилился» [6, с.346]. Иными словами, форточка критики Лысенко на время приоткрылась, но тут же резко захлопнулось. А в 1970 г. ученого насильно и беззаконно «упекли в психушку».

Во введении Медведев пишет, что книга включает три раздела, которые написаны в разное время и в разной обстановке: в 1961–1962 гг. — начальная версия в виде статьи на 60 страницах; в 1963–1964 гг. — второй вариант, куда были внесены многие дополнения, сделанные прочитавшими рукопись известными биологами и генетиками, свидетелями тех трагических событий; в 1965–1967 гг. — третий вариант, с главой о том, как проходило падение монополии Лысенко и лысенкоизма после снятия Хрущева.

Сам автор, по его замечанию, выступает в трех ипостасях: сначала как историк дискуссий и событий в биологии, потом как очевидец и затем как участник. В период написания первых двух частей Лысенко занимал монопольные позиции в биологии и пользовался полной поддержкой властей. Критика его положений была фактически запрещена. «Примерно с 1934 года по октябрь 1964-го, то есть за 30 лет, центральная печать не пропусти-

ла ни одной серьезной статьи с критикой лысенкоизма, — заключает Медведев. — За это же время «Правда», «Известия» опубликовали сотни статей Лысенко и его сторонников с критикой классической биологии и рекламой своих практических предложений, которые в силу особой роли этих газет становились директивами». Сатирический проект введения единомыслия на Руси, предложенный Козьмой Прутковым в XIX в., стал трагической реальностью в СССР. Но вот к 1966 г. Лысенко практически исчез из науки, не выдержав свободной дискуссии.

Я вновь перечел рукопись: она и сейчас оставляет сильное впечатление, несмотря на десятилетия со времени написания. Приведены малоизвестные тогда записки Н.И.Вавилова о его противостоянии Лысенко после начального одобрения его приемов яровизации. Тут важна динамика отношений. Когда Лысенко стал после 1936 г. начисто отрицать концепцию генов и весь менделизм, теорию селекции и семеноводства, Вавилов выражал твердое и ясное несогласие. Вот из письма в Наркомат земледелия и ЦК ВКП(б) в 1939 г.: «Высокое административное положение Т.Д.Лысенко, его нетерпимость, малая культурность приводят к своеобразному внедрению его для подавляющего большинства знающих эту область весьма сомнительных идей, близких к уже изжитым наукой (ламаркизм). Пользуясь своим положением, т. Лысенко фактически начал расправу со своими идейными противниками» [6, с.106]. Столь же решительно противостояли многие видные селекционеры — П.Н.Константинов, А.И.Лисицын.

В конце книги Медведев размышляет, откуда берутся псевдоученые и псевдонаука. Он полагает, что это неизбежное естественное отклонение в нормальной науке, чаще всего следствие излишнего фанатизма, «крайнее проявление нормальных гипотетических построений, это, по существу, резко гипертрофированные и догматизированные гипотезы. Это нечто лежащее на границе между наукой и антинаукой» [6, с.339]. Со временем сие исчезает, если не вмешивается государство. В условиях нормальной демократической обстановки Лысенко, полагает Медведев, «был бы рядовым провинциальным агрономом с элементами фанатизма и обскурантизма, которых много и сейчас в любой стране, но их никто не ставит во главе науки» [6, с.342].

При написании первой версии Медведев кропотливо, как историк, собирал материал, изучая издававшиеся в СССР библиографические справочники — летописи журнальных и газетных статей. «Мало кто пользуется этими летописями», — отмечал он. Медведеву удалось обнаружить малоизвестные, но важные факты в истории репрессий в биологии. Вот один из них. В 1937 г. в «Правде» появи-

лась статья В.Н.Столетова «Против чуждых теорий в агрономии» с демагогическими обвинениями против академика Н.М.Тулайкова (1875–1938), организатора и директора института зернового хозяйства в Саратове. Тулайков ратовал за дифференциацию агроприемов, непригодность лысенковской яровизации во всех зонах. Медведев находит и анализирует заметки в саратовских газетах. Он описывает, как вслед статье Столетова организовали погромное обсуждение, называя Тулайкова врагом народа, вредителем сельского хозяйства, противником «революционных теорий в агрономии, как теория академика Лысенко». Тулайков был другом Н.И.Вавилова, его многолетним соратником на посту вице-президента ВАСХНИЛ. Он был арестован (в возрасте 62 лет!) и в 1938 г. умер в Беломорском лагере. Столетов же, инициатор травли Тулайкова, резко пошел вверх по номенклатурной лестнице. В 1948 г. — он директор ТСХА (вместо уволенного за критику Лысенко академика Немчинова). Затем занимал министерские должности.

Книга Медведева носит научно-публицистический характер. В ней нет привычного списка многих источников, которыми автор пользовался при написании. Они остались за кадром. (В переводном издании каждую главу сопровождают ссылки на источники и комментарии. Есть именной указатель, что просто необходимо). Облегченный публицистичный вариант был сделан в духе социально-общественной обстановки 1961–1962 гг. Дело в том, что в рамках XX и XXII съездов партии Хрущев приходил к власти, объявив борьбу с «культом личности» Сталина. Секретный доклад Хрущева на XX съезде в феврале 1956 г. зачитывался во всех партийных и комсомольских организациях страны, включая школы. Хорошо помню подобное собрание в 1956 г., когда я учился в 10-м классе 232-й школы Ленинграда. Содержание доклада имело оглушительный эффект. Хрущев фактически показал, что «вся история партии с того времени, как Сталин стал во главе ее, была история преступлений, беззаконий, массовых убийств, некомпетентности руководства» [8, с.538]. XXII съезд партии в октябре 1961 г. закрепил десталинизацию, тело Сталина в ночь после съезда исчезло из Мавзолея (тогда шутили: «У Сталина вдруг нашлись родственники»).

Редактор журнала «Новый мир» А.Т.Твардовский, прочтя переданную ему рукопись, вызвал Солженицына телеграммой в редакцию и сразу заключил договор на печатание. Для продвижения повести в печать, Твардовский собрал отзывы известных писателей, среди них К.И.Чуковский, С.Я.Маршак, К.А.Федин, К.Г.Паустовский, И.Г.Эренбург. Присланный Чуковским отзыв назывался «Литературное чудо». Затем, после лич-



Жорес Александрович в день своего 90-летия с женой Маргаритой Николаевной.

Фото из семейного архива Ж.А.Медведева

ного письма Твардовского главе КПСС Хрущеву, удалось уговорить склонного к эмоциональным непредсказуемым поступкам генсека разрешить опубликовать в журнале повесть неизвестного тогда автора А.Солженицына «Один день Ивана Денисовича». Эта повесть, помимо ее художественной ценности, имела громадное социальное значение. По метафорическому замечанию историков, впервые подлинность свидетельства жертв была подтверждена их палачами.

Медведев полагал, что можно и нужно описать трагический характер событий в советской биологии как результат «культы личности» Сталина. На этой волне в конце 1962 г. была спонтанно запущена в самиздат рукопись ученого. Опубликованное в газете «Троицкий вариант» (2018. №24 (268). С.2–3) после кончины Жореса Александровича его давнее интервью названо «Лысенко выдвинулся на репрессиях против генетиков». Медведев вспоминал, как в конце 1962 г. редакция «Комсомольской правды» попросила его написать статью о монополии Лысенко и репрессиях в биологии. Он отнес в редакцию свою рукопись. Там с энтузиазмом типографски размножили 20 экземпляров и разослали ряду академиков, чтобы собрать позитивные отзывы. Отнюдь не все экземпляры вернулись в редакцию. Началась цепная реакция размножения этой обжигающей правды. Рукопись распространилась по всему Советскому Союзу, свидетельствовал Медведев: «Тысячи экземпляров. Я встречал потом людей из самых различных областей и групп — ученых и даже партийных работников — и был удивлен, что почти все, кого я встречал, читали эту рукопись».

Размножение шло разными путями. (Один пример: в новосибирский Академгородок в 1964 г. была привезена из Обнинска фотоленка рукописи; мы с коллегами сделали две фотокопии, самиздат потом прочли многие.) Как пишет М.Е.Раменская (ученый секретарь Комиссии по сохранению и разработке научного наследия академика Н.И.Вавилова): «Для тех, кому старая литература была недоступна, рукопись Медведева стала откровением, она перевернула их взгляд на мир. <...> В каждом научном учреждении и учебном заведении, связанном с биологией, был хоть один человек, доставший рукопись книги. <...> Почти все, кому небезразлична судьба биологии, знали книгу Ж.Медведева задолго до ее выхода из печати» [9].

Однако напечатать книгу Медведева, даже после публикации в ноябре 1962 г. лагерной повести Солженицына, не удалось. Идеологи ЦК быстро закрыли поток правды о репрессиях. Уже 7–8 марта 1963 г. об этом было объявлено на встрече руководителей компартии с интеллигенцией. Мол, партия объявила об ошибках и осудила их, уцелевшие возвращены из лагерей и реабилитированы. Хватит, зачем же сыпать соль на раны. В рамках этой демагогии из биографии Вавилова в серии «ЖЗЛ», которую пять лет готовил историк и писатель С.Е.Резник, в 1968 г. потребовали убрать упоминания об аресте и голодной смерти Николая Ивановича в тюрьме — то, что было впервые описано в самиздатной рукописи Медведева. В опубликованной биографии вынужденно осталось лишь аморфное «умер в 1943 г.». Только 49 лет спустя в России вышла бесцензурная биография Вавилова, где автор сказал всю правду о его аресте и гибели [10].

Профессор Любищев (1890–1972) также послал с 1953 по 1958 г. в ЦК партии и коллегам главы своего критического труда «О монополии Лысенко в биологии», объемом более 1000 страниц. Реплики типа «соль на раны» он парировал тем, что правда походит скорее на смазывание ран йодом, процесс болезненный, но целительный. Однако ни одна страница огромного критического труда Любищева так и не была напечатана при его жизни\*. Лишь в 1991 г. под эгидой ленинградского отдела Института истории естествознания и техни-

\* Голубовский М.Д. Противостояние. К 100-летию со дня рождения А.А.Любищева // Природа. 1990. №5. С.86–92.



ки была опубликована его многолетняя «лысенкиана» — статьи и письма в защиту науки. Полностью его труд «Монополия Лысенко в биологии» вышел лишь в 2006 г. — спустя 50 лет после написания! А ведь дорогá ложка к обеду.

\* \* \*

В заключение хочу провести параллель между одновременными и независимыми попытками напечатать книгу Ж.А.Медведева и повесть писательницы Л.К.Чуковской, муж которой, гениальный физик М.П.Бронштейн, был арестован в 1937 г. и в 1938 г. расстрелян. Повесть «Софья Петровна» — уникальное, поразительное художественное запечатление трагических событий, пережитых страной и лично автором. «Эта повесть о тридцать седьмом годе, написанная зимой тридцать девятого—сорокового, непосредственно после двухлетнего стояния в тюремных очередях... я не знаю ни одной книги о тридцать седьмом годе, написанной в прозе здесь и тогда», — справедливо отмечает Лидия Корнеевна в «Процессе исключения: очерке литературных нравов»\*. Софья Петровна — простая женщина, которая безгранично верит товарищу Сталину. Она вырастила сына Колю, честного комсомольца, который столь же предан партии и товарищу Сталину. И вдруг Колю арестовали, признали врагом народа. Это абсолютно не укладывается в голове матери. Происходит психологическая сшибка и она теряет разум. «Я попыталась изобразить такую степень отравле-

ния общества ложью, какая может сравниться только с отравлением армии ядовитыми газами», — пишет Чуковская. Повесть была написана от руки в школьной тетрадке. Хранить ее дома жена «врага народа» не могла — было очень опасно, сжечь повесть она не решалась и отдала тетрадку на хранение другу. А он погиб в блокаде Ленинграда. Однако тетрадка чудом уцелела, ее передали Чуковской.

В том же 1962 г. Чуковская предложила повесть издательству «Советский писатель». На волне борьбы с «культом личности» повесть с энтузиазмом была принята редакцией, заключен договор, выплачено 60% гонорара. К началу марта 1963 г. были готовы макет обложки и рисунки. Но второе чудо — публикация чудом сохранившейся повести — не состоялось. Не хватило всего пары месяцев. Форточка вдруг закрылась, и все как бы умножилось на минус единицу. «Отказ издательства был для меня настоящим крушением, горем», — признавалась Лидия Корнеевна. Повесть «Софья Петровна», как и рукопись Медведева, распространялась в самиздате, затем была напечатана за рубежом и переведена на многие языки. В своей стране Лидия Корнеевна ждала публикации 50 лет, Жорес Александрович — 30 лет.

Соккрытие правды и отравление ложью на протяжении двух-трех поколений не проходят для культурной наследственности общества бесследно. Нарушается связь времен, преемственность знаний, культуры и моральных ценностей. Наступает одичание. Вот почему мы должны быть благодарны таким историкам, подвижникам, искателям правды, как Ж.А.Медведев. ■

\* [www.chukfamily.ru/lidia/prosa-lidia/vospominaniya-prosa-lidia/process-isklyucheniya](http://www.chukfamily.ru/lidia/prosa-lidia/vospominaniya-prosa-lidia/process-isklyucheniya)

## Литература / References

1. Колчинский Э.И. Пятьдесят лет спустя: размышления над книгами, изданными к 130-летию юбилею со дня рождения Н.И.Вавилова и накануне 70-летия со дня августовской сессии ВАСХНИЛ. Вопросы истории естествознания и техники. 2018; 39(3): 559–551. [Kolchinskii E.I. Fifty years after: musings over the books published on the 130th anniversary of N.I.Vavilov's birth and on the eve of the 70th anniversary of the August VASKhNIL session. 2018; 39(3): 559–551. (In Russ.)]
2. Медведев Ж.А., Медведев Р.А. Взлет и падение Т.Д.Лысенко; Кто сумасшедший? М., 2012. [Medvedev Zh.A., Medvedev R.A. The Rise and Fall of T.D.Lysenko; Who is Madness? Moscow, 2012. (In Russ.)]
3. Медведев Ж.А. Опасная профессия. Историко-биологические исследования. 2011; 3(2): 109–123. [Medvedev Zh.A. Dangerous profession. Historical and biological research. 2011; 3(2): 109–123. (In Russ.)]
4. Есаков В.Д. Новое о сессии ВАСХНИЛ 1948 года. Репрессированная наука. Вып. 2. СПб., 1994; 57–75. [Esakov V.D. New about the session of the Academy of Agricultural Sciences in 1948. Repressed science. St. Petersburg, 1994; 57–75. (In Russ.)]
5. Rossianov K.O. Reshaping political discourse in Soviet science: Stalin as Lysenko's editor. Russian History. 1994; 21: 49–63.
6. Медведев Ж.А. Взлет и падение Т.Д.Лысенко. М., 1993. [Medvedev Zh.A. The Rise and Fall of T.D.Lysenko. Moscow, 1993. (In Russ.)]
7. Медведев Ж.А. Международное сотрудничество ученых и национальные границы; Тайна переписки охраняется законом. Лондон, 1972. [Medvedev Zh.A. Fruitful Meetings Between Scientists of the World. Secrecy of Correspondence is Guaranteed by Law. L., 1972. (In Russ.)]
8. Геллер М., Некрич А.М. Утопия у власти. М., 2000. [Geller M., Nekrich A.M. Utopia at the helm. Moscow, 2000. (In Russ.)]
9. Раменская М.Е. Правда о лысенковщине. Вестник Академии наук СССР. 1993; 63(9): 852–855. [Ramenskaya M.E. The truth about Lysenkoism. Herald of the Russian Academy of Sciences. 1993; 63(9): 852–855. (In Russ.)]
10. Резник С.Е. Эта короткая жизнь. Николай Вавилов и его время. М., 2017. [Reznik S.E. This short life. Nikolai Vavilov and his time. Moscow, 2017. (In Russ.)]

## Drama in the History of Biology

M.D.Golubovsky

St. Petersburg Branch of the Vavilov Institute for the History of Science and Technology, RAS (St. Petersburg, Russia)

This article describes the biography of biologist, historian of science, and publicist Zhores Aleksandrovich Medvedev (1925–2018) and his pioneering role in analysing dramatic fate of Soviet genetics in 1929–1966. His book “The Rise and Fall of T.D.Lysenko” published in 1969 in USA enlightened hidden reality of dictatorship, destructive state control over both genetics and agriculture, and persecution of outstanding biologist Nikolay Vavilov and his students. This book was widely circulated in the USSR by “self-publishing” outlaw underground manner (Samizdat). It was published in Russian only in 1993, 25 years after its creation. Scientific and dissident activity of Zhores Medvedev resulted in his arrest and forced detention in the psychiatric hospital in May 1970 and then forced emigration in London in 1973 where he worked as biologist together with publicistic activity last 47 years.

**Keywords:** history, Soviet genetics, Lysenkoizm, repressions, Samizdat.

# Проблемы долголетия

Ж.А.Медведев

## Глава 1 Национальная география долгожительства

По ежедневно обновляемой в интернете статистике ООН, 20 января 2018 г., когда я начал работу над первой главой этой книги, старейшей жительницей нашей планеты была названа японка Наби Тадзима, дожившая до 117 лет и 166 дней. Среди мужчин старейшим был зарегистрирован испанец Франциско Оливера\*, достигший 113 лет и 39 дней. Среди десяти самых старых женщин мира шесть оказались японками и две — итальянками. В США и Франции жили по одной сверхдолгожительнице. Среди мужчин в пик долгожительства попали четыре американца, трое японцев и по одному человеку из Германии, Испании и Мексики.

В последние 25 лет среди 100 наиболее выдающихся долгожителей, документированный возраст которых превысил 115 лет, 44 жили и умерли в США, 24 — в Японии, 9 — во Франции, 3 — в Италии и 2 — в Великобритании. Это были в основном женщины. В Англии рекорд долгожительства до сих пор принадлежит Шарлотте Хьюз, умершей в 1993 г. в возрасте 115 лет и 228 дней. Мировой же рекорд по-прежнему удерживает француженка Жанна Кальман, умершая в 1997 г. в возрасте 122 лет и 166 дней.

\* 30 января 2018 г., когда я заканчивал эту главу, в программах новостей сообщили, что Франциско Оливера скончался. Титул старейшего мужчины перешел к японцу Масацоу Нонака (Masazou Nonaka), родившемуся 25 июня 1905 г.

В России достоверный рекорд долгожительства принадлежит Андрею Кузнецову, монаху Соловецкого монастыря, умершему в 1984 г. в возрасте 110 лет и 106 дней. В общей прессе, однако, очень часто появляются сенсационные статьи и о более старых и ныне живущих россиянах, старейшей из которых объявлялась недавно Нана Шаова из Кабардино-Балкарии. Ее 127-летний юбилей отмечался в июне 2017 г. Среди мужчин старейшим назывался 121-летний ингуш Аббас Иллиев. Все эти случаи, включая попавшего в 1956 г. на почтовую марку СССР в то время 148-летнего азербайджанца Махмуда Эйвазова, умершего в 1960 г. в возрасте 152 лет, и дагестанского колхозника Ширали Муслимова, некрологи о смерти которого в возрасте 168 лет, распространявшиеся ТАСС из Москвы, появились в сентябре 1973 г. во многих газетах мира, не документированы и недостоверны. Преувеличения их возраста было очевидным и по опубликованным фотографиям. Много научно непроверенных случаев сверхдолгожительства попало в недавнем прошлом и в «Книгу рекордов Гиннеса».

География долгожительства, регистрируемая по странам, условна и отражает не столько генетические и природные факторы или образ жизни людей, сколько экономику и, соответственно, уровень пенсионного и медицинского обслуживания.

«Сверхдолгожителями» обозначаются люди, возраст которых превысил 110 лет. Среди жителей нашей планеты их немного, около трехсот. Более многочисленной (316 тыс. человек в начале 2018 г.) была группа долгожителей, к которым относят всех людей, отметивших 100-летний юби-

лей. При сравнении национальных демографических статистик становится очевидным, что число долгожителей, учитываемых по странам, коррелирует со средней ожидаемой продолжительностью жизни их молодого поколения (life expectancy). В 2015 г. на первом месте по этому показателю для женщин находилась Япония (86.8 лет), по мужчинам — Швейцария (81.3 год). Японию по ожидаемой продолжительности жизни мужчин обгоняли Исландия, Австралия, Швеция, Израиль и Италия. Уровень жизни в этих странах был достаточно близким. Россия в этом ряду занимала по женщинам 89 место, а по мужчинам 127-е, немного отставая от Украины, но опережая Казахстан. Среди бывших советских республик наихудшие показатели здоровья и долгожительства регистрировались в Узбекистане. Здоровье узбеков страдает от ежегодной обработки пестицидами и фунгицидами хлопковых плантаций, основы их сельскохозяйственной экономики.

В научной геронтологии принят, как более объективный, подсчет числа долгожителей не на всю страну, а на каждые 100 тыс. ее жителей. В этом случае на первое место в 2015 г. выходили Италия — 41.2 человека, Португалия — 38.9, Испания — 37.5 и Франция — 32. В этих экономически развитых странах Средиземноморского региона Европы климат, диета и образ жизни считаются наиболее благоприятными для здоровья.



Азербайджанец Махмуд Эйвазов, умерший в 1960 г. в возрасте 152 лет.

### Болгария и болгарский йогурт

Первым географическим центром долгожительства в начале прошлого века неожиданно оказалась Болгария. В результате переписи населения, проведенной в начале XX в. в 18 странах Европы (опрашивали в основном сельских жителей), в этой стране было выявлено максимальное среди всех стран Европы число долгожителей. В Болгарии, в то время самой бедной европейской стране с населением около 5 млн человек, было обнаружено 3732 долгожителя, среди которых десять человек достигли возраста 120 лет и четверо — 125. По числу долгожителей Болгария превзошла все вместе взятые европейские страны, при этом в равной по населению Швейцарии, самой богатой тогда стране, было найдено лишь пять человек в возрасте 100 лет и выше [1].

Исключительное долгожительство болгар пытался объяснить И.И.Мечников, основатель геронтологии как самостоятельной научной дисциплины. (Мечников в 1903 г. предложил термин «геронтология» для науки о старении растений, животных и человека). В его книге «Этюды оптимизма», в 1907 г. вышедшей на английском языке («The Prolongation of Life. Optimistic Studies») и в 1909 г. — на русском, была предложена новая теория преждевременного старения человека. По мнению Мечникова, оно наступает в результате постепенного самоотравления клеток тканей и органов токсическими продуктами их собственного обмена, а также токсическими веществами, образующимися в толстом кишечнике при бактериальном разложении белковых остатков пищи. Для подавления гнилостных процессов в толстом кишечнике Илья Ильич предложил простое средство — употребление кисломолочных продуктов и, прежде всего, болгарского йогурта\*, который в Болгарии называют «кисело млеко».

Именно обильное присутствие «кисело млеко» в сравнительно бедной болгарской диете стало причиной, по теории Мечникова, болгарского долгожительства. Создание в толстом кишечнике кислой среды могло изменять состав кишечной флоры и тормозить процессы самоотравления.

Теория Мечникова — тогда уже знаменитого ученого, работавшего в Институте Пастера в Париже, открывшего фагоцитоз и природу иммунитета, — получила быстрое распространение. Однако йогурт и его аналоги не были в начале прошлого века коммерческими продуктами. Это были домашние заготовки сельских жителей.

В то же время болгарский микробиолог Стамен Григоров, работавший в Женеве, впервые изучив

\* Йогуртом называют кислое молоко в Турции, где его готовят не только из коровьего, но и из козьего молока. В Грузии аналогичный продукт — это «мацони», в Армении — «мацун», в России — «простокваша».

микрофлору йогурта, открыл, что главную роль в молочнокислой ферментации играет палочкообразная бактерия, которую он, как первооткрыватель, назвал в честь своей родины болгарской палочкой (*Lactobacillus bulgaricus*).

Предположение Мечникова о том, что потребление йогурта меняет состав микрофлоры и кислотность содержимого в толстом кишечнике в последующем не подтвердилось. Молочная кислота йогурта, как показали исследования, поступала в кровь уже из двенадцатиперстной кишки и из тонкого кишечника, не достигнув толстого. Бактерии из йогурта гибли в желудке под действием соляной кислоты. Природа наделила этот орган способностью к стерилизации пищевой массы. В то же время было обнаружено, что в собственной микрофлоре толстого кишечника всегда присутствуют разнообразные молочнокислые бактерии, в том числе и болгарская палочка. Они появляются у младенцев в период их молочного питания. Желудок у грудных младенцев не образует соляной кислоты.

Продолжая свои исследования, Мечников, Григоров и их последователи обнаружили, что в йогурте в Болгарии, в Турции и в кисломолочных продуктах других стран содержатся разнообразные молочнокислые бактерии и грибки, некоторые из которых были более устойчивы к соляной кислоте желудочного сока. Наиболее устойчивой оказалась ацидофильная палочка, названная *Lactobacillus acidophilus*. Исследования Мечникова в Институте Пастера в Париже показали, что ацидофильная палочка наиболее эффективно подавляет размножение гнилостных и патогенных микробов в толстом кишечнике. Вскоре появился и новый лечебный пищевой продукт, названный ацидофилином. Уже с 1910 г. его стали широко применять для профилактики и лечения желудочно-кишечных заболеваний.

Йогурт производится в настоящее время почти во всех странах, но уже не как лечебный продукт, а как десертный напиток с множеством добавок.

Теорию Мечникова в начале прошлого века никто не оспаривал. Сам Мечников стал употреблять большие количества йогурта, который готовился по специальным рецептам из пастеризованного коровьего молока. Мечников умер рано, на 72-м году жизни, от сердечной недостаточности. Но он был уверен, что именно йогурт подарил ему несколько лет жизни.

Коммерческое производство йогурта как лечебного продукта было начато в 1919 г. в Барселоне И. Карассо, который был знаком с теорией Мечникова. Он открыл небольшое предприятие по производству йогурта закваской молока болгарской палочкой, культура которой была привезена из Института Пастера. Предприятие Карассо продавало йогурт по рецептам через аптеки. Сын Карассо, Да-

ниель, унаследовавший фабрику отца, перевел производство йогурта во Францию, а в начале Второй мировой войны — в США. Именно в США производство разных вариантов йогурта стало большой отраслью продовольственной индустрии. Отличное здоровье самого Даниеля Карассо, отметившего с размахом свое 80-летие, затем 90-летие, а в 2005 г. и 100-летие, безусловно, было хорошей рекламой. Умер он в возрасте 103 лет. Я узнал об этом из некролога, опубликованного во многих британских газетах 22 мая 2009 г. «Danone» — каталонский вариант имени «Даниель» — стал наиболее популярной маркой йогурта во всем мире.

### Кавказское долгожительство

Первая перепись населения Советского Союза, проведенная в 1926 г., зарегистрировала около 29 тыс. долгожителей. Все население страны в то время лишь немного превышало 147 млн. Почти 90% общего числа долгожителей было обнаружено в кавказском регионе, в Дагестане, в Азербайджане, Грузии и Абхазии и в Нагорном Карабахе. В то время к этому явлению не возникло большого интереса, так как научного изучения проблем старения в стране не было.

Пионером исследований в этой области лишь через десять лет стал директор Киевского института клинической физиологии академик А.А. Богомолец, автор теории старения, связывавшей продолжительность жизни с состоянием соединительной ткани, образующей стенки кровеносных сосудов, стенки кишечника, подкожную клетчатку



А.А. Богомолец.

и наружные покровы других органов. Главными белками соединительной ткани являются коллаген и эластин. В 1937 г. в СССР уже существовала развернутая сеть научных институтов, и изучение проблем старения и продления жизни приобрело популярность и государственную поддержку. Богомолец организовал в 1937 г. экспедиционную группу и центр по изучению долгожителей Абхазии, автономной республики в Грузии, среди жителей которой регистрировалось наибольшее число долгожителей и сверхдолгожителей. Научный отчет об итогах работы этой экспедиции был опубликован в Киеве в 1939 г. в сборнике «Старость», редактором которого был А.А.Богомолец.

В то время в Советском Союзе не было оснований для скептического отношения к феномену абхазского долгожительства. Экспедиция Богомольца изучала многочисленные физиологические показатели у выбранной группы долгожителей, возраст которых по их собственным заявлениям, находился в пределах 110–150 лет. Это, вопреки общим тенденциям, были в основном мужчины. В мусульманской Абхазии в XIX в. не существовало регистрации рождений, и никаких документальных свидетельств реального возраста обследованных долгожителей не было представлено. Переписи населения в 1959 и в 1970 гг., по данным которых число долгожителей в СССР снизилось сначала до 21 тыс., а затем до 19.3 тыс., подтверждали, однако, феномен «кавказского долгожительства». В трех республиках Закавказья в 1959 г. было зарегистрировано 8890 долгожителей и в 1970 г. — 4925. Кроме Абхазии несколько районов долгожительства были выявлены в Азербайджане, в Кабардино-Балкарии и даже в Алтайском крае. Однако в православных районах Грузии и Армении, где в прошлом существовала церковная регистрация рождений, число долгожителей на каждые 100 тыс. человек заметно не отличалось от среднего по всей стране.

Сталин, как известно, верил в долгожительство грузин и абхазов и связывал его с горным климатом, ледниковой водой в реках и озерах и кавказской диетой. В 1948 г. для Сталина была построена новая дача в Абхазии на берегу высокогорного озера Рица на высоте 1000 м над ур. м., где он жил в 1950 и 1951 гг. по много месяцев.

О долгожителях Абхазии, Грузии и Азербайджана в 1970-х и 1980-х было написано несколько книг и тематических сборников не только на русском, но и на английском и других языках [2–6]. Маршруты по кавказским районам долгожительства были включены в программы для советских и иностранных туристов. В Тбилиси и в Сухуми создали научные центры по изучению долгожительства, вошедшие в состав Академии наук Грузии. Для небольшой кавказской республики фено-

мен долгожительства ее жителей стал, безусловно, предметом особой гордости.

Среди геронтологов и этнографов были, однако, и скептики. Более детальное этнографическое изучение «абхазского долгожительства», проведенное в 1975–1980 гг., показывало недостоверность «опросных» методов установления возраста именно для старых людей: «Неграмотные и малограмотные старые люди, не имеющие документов, как правило, указывают свой возраст приблизительно с округлением и преимущественно в сторону его более или менее существенного завышения. Это объясняется тем, что почти у всех народов возраст пожилых и старых людей несет элемент престижности, свидетельствуя о жизнеспособности данного человека, о накопленном им за годы жизни опыте...» [2, с.37].

Распад Советского Союза на отдельные республики (1991) и отделение Абхазии от Грузии (1992) привели и к прекращению этих исследований, которые раньше координировались и субсидировались Институтом этнографии АН СССР в Москве и Институтом геронтологии АМН СССР в Киеве.

### Высокогорная долина Вилькабамба в Эквадоре

Высокогорная долина Вилькабамба обратила на себя внимание лишь в 1971 г., когда проведенная в Эквадоре перепись населения обнаружила в одном из поселений долины девять долгожителей на 819 человек его общего населения. Самому старому жителю Вилькабамбы Мигуэлю Карпио было 123 года, а его младшему брату — 122.

В январе 1973 г. в популярном американском журнале «National Geographic» появился сенсационный очерк профессора А.Леафа (директора медицинских служб главного госпиталя Бостона), посвященный долгожителям [7].

Получив грант от Американского географического общества, Леаф с 1971 г. проводил обследования долгожителей в разных районах мира, включая Абхазию и Ганзу в Гималаях. Он приезжал в Вилькабамбу два раза с коллегами и с фотографом. Профессор Леаф был известным ученым, и его очерк вызвал паломничество в Вилькабамбу. Одна из американских компаний начала здесь строительство большого отеля для туристов. Однако в американском Институте по изучению старения в Балтиморе проводилась проверка, в результате которой феномен долгожительства в Вилькабамбе был опровергнут. Изучение данных переписи населения не по собственным заявлениям долгожителей, а по «семейному древу» (отцам, детям, внукам, братьям и т.д.) показало, что самому старому жителю этой деревни было не 123, а лишь 96 лет и он был старшим из девя-



Вилькабамба.

ти. Большая часть молодежи давно покинула это изолированное поселение, и в нем остались жить лишь престарелые. Доклад по результатам проверки, сделанный 27 февраля 1978 г. Р.Мазесом и С.Форман в Бетесде в Национальном институте здоровья, закрыл проблему долгожительства в Эквадоре [8].

В СССР в 1959 г. в Алтайском крае было зарегистрировано 544 человека в возрасте 100 лет и выше, причем наибольшее число долгожителей проживало в Горно-Алтайской автономной области, общее население которой в то время составляло 163 тыс. человек.

В мае 1968 г. мой друг и коллега Г.Д.Бердышев, работавший в то время в Институте биологически активных веществ Дальневосточного филиала СО АН СССР, прислал мне в подарок свою новую книгу, несколько глав которой были посвящены изучению долгожителей Горно-Алтайской автономной области.

Бердышев и его сотрудники обследовали около сотни коренных жителей, алтайцев и русских, возраст которых, по их собственным заявлениям, превышал 100 лет. Результаты обследований подтвердили статус этой области, как географического района долгожителей: «Старейшим жителем Горного Алтая был Бултыргин Бабык Эмчи, который умер в 1959 г. на 116 году жизни. Его возраст определен по семейному анамнезу — рассказу родственников... Из обследованных нами долгожителей самыми старыми оказались женщины: Базеева Евдокия — 113 лет, Анчакова Кабак — 110 лет, Термишева Чаазы — 107 лет. Из мужчин самым старым был Живикин Иван — 104 года. Все эти долгожители — алтайцы» [9, с.94, 95]. Однако горно-алтайское долгожительство не привлекло особого внимания

ни западных, ни советских геронтологов. Новых экспедиций в этот слишком суровый край не проводилось. Сам Бердышев переехал в 1968 г. в Киев, перейдя на работу в Киевский университет, увлекся главным образом проблемами омоложения.

### Окинава

В 1970-х годах уникальными географическими центрами долгожительства на короткие сроки становились высокогорная долина Гунза в Гималайских горах и несколько горных деревень на о.Сардиния в Италии. Однако научные проверки не подтвердили их особый «долгожительский» статус.

В 1981 г. произошла геронтологическая сенсация: в ежегодном издании «Книги рекордов Гиннеса» старейшим человеком мира в списке долгожителей — мужчин, возраст которых считался документированным, был объявлен Сигэтиё Идзуми, родившийся 28 июня 1865 г. в деревне Асан на одном из островов архипелага Окинава. В 1980 г. Идзуми исполнялось 115 лет. В комментариях редакции говорилось (перевод с английского): «Максимальный доказанный возраст, когда-либо достигнутый человеком мужского пола, отмечался 29 июня 115-летним юбилеем Сигэтиё Идзуми, жителем деревни Асан (о.Токоношимо, Окинавский архипелаг), находящейся в 1320 км к юго-западу от Токио. Он родился здесь 29 июня 1865 и был зарегистрирован как 6-летний мальчик в первой японской переписи населения в 1871 г. Он каждый день смотрит телевизор... Редактор настоящего тома посетил Идзуми 3 апреля 1980 г.». В результате в «Книге рекордов» была опубликована цветная фотография Идзуми во время семейного чаепития.

Идзуми, к удивлению профессиональных геронтологов, включая и меня, оставался старейшим человеком мира и в последующие годы. В 1984 г. во многих газетах появились сообщения о том, что у Идзуми, ранее полностью седого, начали расти на висках черные волосы. Кровяное давление Идзуми фиксировалось на уровне 60/170, пульс — 84. Рост Идзуми был невысоким — 1.42 м, вес 43 кг.

Идзуми умер от пневмонии 21 февраля 1965 г. в возрасте 120 лет и 237 дней. Некрологи появились во многих газетах мира. Однако в феврале 1987 г., когда я в первый раз посещал Японию и выступал на семинаре в Токийском институте геронтологии, японские коллеги высказывали

сомнения в достоверности данных о реальном возрасте Идзуми. Сомнения в возрасте Идзуми существовало и у геронтологов США, Голландии и ФРГ. Его ближайший соперник, тоже японец, умер в возрасте 114 лет. Нигде не регистрировались достоверные случаи долгожителей-мужчин с возрастом 115, 116, 117, 118 и 119 лет. Такой большой разрыв возраста Идзуми и его ближайших соперников трудно объяснить.

В марте 1987 г. эксперты из Токийского института геронтологии провели семейный анализ возраста Идзуми и его родственников. Результаты этой проверки были сообщены японским агентством новостей «Asahi News Service» 6 апреля 1987 г. Как было установлено, запись в переписи населения 1871 г. принадлежала старшему брату Идзуми, давно умершему. Сам Сигэтиё Идзуми тоже был долгожителем, но он умер в возрасте 105 лет, а не 120. Однако в Книге рекордов Гиннеса возраст Идзуми и его характеристика как «старейшего в мире» не пересматривались до 2005 г. Потом о нем просто перестали упоминать. Составители «Книги» не хотели признавать своей ошибки.

Сверхдолгожительство Идзуми привлекло к архипелагу Окинава внимание не только прессы, но и туристов. Относительная пропорция долгожителей на Окинаве оказывалась по переписям населения в четыре раза выше, чем в остальной Японии. О долгожительстве на островах Окинавы вскоре начали появляться не только статьи и очерки, но и книги. Одна из наиболее обстоятельных [10] была переведена на русский и издана в Москве в 2007 г. под странным названием «Почему японцы не стареют».

### Греческий остров Икария

В течение многих лет я полагал, что теория о важности именно горного климата для долгожительства человека не получила подтверждения. Однако у нее остались приверженцы. В ноябре 2012 г. мой друг, американский историк Дэвид Журавский, прислал мне вырезку из воскресного журнального приложения к газете «The New York Times» за 28 октября со статьей журналиста-исследователя Дана Буэтнера «The Enchanted Island» о долгожителях греческого горного острова Икария в Эгейском море. Коренное население острова составляло лишь около 5 тыс. человек. Однако по средней



Сигэтиё Идзуми.

продолжительности жизни жители острова почти на 10 лет превосходили жителей США и на четыре года жителей континентальной Греции. В статье публиковались фотографии 11 старейших жителей о.Икария. Самой старой среди них, Елене Лакиоу, исполнилось 100 лет, остальным было по 97–99 лет, и этот возраст был очевидным и без документов по их морщинистым, загорелым лицам. Автор очерка считал, что большое число столь старых людей среди жителей острова — результат горного климата, диеты и образа жизни. Однако более вероятным могло быть то, что в этом случае, как и на многих других греческих и хорватских мелких островах

в Средиземном море, явление имело более простое демографическое объяснение. Молодые люди не находят на таких островах возможностей для высшего образования и работы и уезжают в континентальную Европу. Пенсионеры и занятые в сельском хозяйстве и владеющие землей и домами, остаются. В привычных условиях и в хорошем климате они живут без стрессов и без автомобилей, активно общаясь между собой. «Островной фактор» для здоровья людей можно обнаружить даже для таких крупных островных стран, как арктическая Исландия, субтропические Кипр и Мальта.

### Горные долгожители Китая

В конце 2013 г. список горных районов исключительного долгожительства пополнился китайским субтропическим районом Бама в провинции Гуанси. Я узнал об этом из очерка в британской газете «The Guardian», опубликованного 30 декабря 2013 г. Одна из наиболее живописных деревень была переименована в «Деревню долгожителей» и превращена в центр туризма. Число долгожителей в Баме точно неизвестно, но одному из них, Хуангу Пуксину, рядом с которым все туристы могли фотографироваться, приписывали 113 лет, а самому старшему, Босиню Хуану, — 115 лет. Научных публикаций в геронтологических журналах о долгожителях Бамы я не нашел. Они не включались и в «Книгу рекордов Гиннеса». В августе 2016 г. сообщалось, что Хуанг Пуксин продолжал фотографироваться с туристами и множество таких фотографий мои читатели могут найти в интернете. Китайские агентства сообщают, что по числу долгожителей (48 921) Китай вышел на второе место



Бама, КНР.

в мире после Японии, где в 2017 г. по официальным статистическим сообщениям, зарегистрировано 67 824 человека старше 100 лет.

## Глава 2 Генетика долгожительства

### Видовые различия

Естественный отбор обеспечивает каждый вид животных такой продолжительностью жизни, которая максимально способствует сохранению вида в разных условиях среды и в постоянно происходящей борьбе за существование. В каждом классе и в каждом отряде животных есть виды, особи которых обладают как короткой, так и многолетней продолжительностью жизни.

В классе млекопитающих эти вариации в природных условиях составляют от одного года до 70–80 лет. Но такие же вариации наблюдаются и в пределах отрядов.

Среди представителей отряда грызунов к коротко живущим относятся полевые и лесные мыши, а также крысы, жизнь которых не превышает двух-трех лет. Наибольшим долголетием среди грызунов отличаются речные бобры, которые в условиях зоопарков (где они защищены от хищников) могут прожить 35–40 лет. В природе наибольшим долголетием среди мелких грызунов обладают голые землекопы (*Heterocephalus glaber*), обитающие в Кении и на соседних с нею террито-

риях. Самцы этого вида живут 25–30 лет, более крупные самки — до 50. Землекопы — социальные животные, они живут большими семьями, насчитывающими до 300 особей.

Другим отрядом мелких млекопитающих, отличающихся долголетием, являются рукокрылые, популярно известные как летучие мыши и распространенные на всех континентах. Отдельные особи летучих мышей достигают возраста 35–40 лет.

Такие широкие вариации продолжительности жизни у близких по своему генотипу видов приводят исследователей к неизбежному выводу о том, что длительность жизни зависит от сравнительно небольшого числа генов. Поиском таких генов геронтологи и генетики активно занимаются.

В отряде приматов видовая продолжительность жизни достаточно хорошо коррелирует с размером и массой мозга. Мелкие лемуры живут в природных условиях 10–15 лет. Средняя продолжительность жизни шимпанзе варьирует от 30 до 40 лет, гориллы доживают до 50. Наибольшим долголетием обладают орангутаны, доживающие до 60 лет. Близкая к этой продолжительности жизни была характерна и для людей в доисторический период охоты и собирательства. Очевидно, что современное долгожительство людей, выходящее за пределы 70 лет, — это достижения экономики и медицины.

Видовая специфичность продолжительности жизни животных свидетельствует о том, что их разное долголетие контролируется геномом.



### Генетический контроль продолжительности жизни человека

Генетический контроль продолжительности жизни людей проявляется прежде всего в наследовании признаков долгожительства. Впервые это было показано в 1934 г. в обстоятельном исследовании американских биogerонтологов Раймонда и Руфь Пирл, проследивших за продолжительностью жизни людей в трех поколениях [11]. Около половины людей, доживавших до 90–100 лет, имели одного или двух родителей, также достигших выдающегося для их современников возраста. В последующие годы эти выводы были многократно подтверждены и для европейских стран.

Интересно отметить, что влияние долголетия матерей на продолжительность жизни потомков оказалось сильнее, чем отцов. Предположительно это объясняется тем, что от матерей потомство получает не только гены с ДНК хромосом, но и небольшое число генов, локализованных в митохондриях, в цитоплазме клеток.

В некоторых европейских странах даты рождения и смерти их граждан регистрируются уже в течение нескольких столетий и это облегчает исследования по наследованию долгожительства. Проблемой таких сравнений остается тот факт, что долгожители, включавшиеся в регистры в 20-м столетии, прожили свою жизнь в совершенно других условиях быта, работы и медицинского обслуживания, чем их родители, деды и прадеды в прошлом, когда трудовая активность была преимущественно физической, рабочий день доходил до 10 ч, а рабочая неделя включала и субботу. Основной причиной смертности оказывались не инфаркты и инсульты, а инфекционные заболевания, туберкулез, воспаления легких и др. Высокой была и детская смертность. Пенсии по старости вводились в Европе лишь с начала XX в. Эта проблема устраняется при изучении вариаций продолжительности жизни в близнецовых парах путем сравнений различий продолжительности жизни однойяйцевых и двуяйцевых близнецов. Изучение близнецовых пар позволяет определять роль наследственных факторов продолжительности жизни не только у долгожителей.

Однойяйцевые, или монозиготные, близнецы, развиваются в том случае, когда бластомеры, появившиеся при первом делении оплодотворенной яйцеклетки, расходятся и развиваются в самостоятельные эмбрионы. Они имеют идентичные наборы генов. Двухяйцевые близнецы

отличаются между собой как братья и сестры, рожденные в разное время. По очень широкому спектру признаков, включающему продолжительность жизни и внешние признаки старения, однойяйцевые близнецы имеют большее сходство между собой, чем разнойяйцевые. Регистры близнецов впервые были созданы в Дании в 1870 г., в Швеции в 1886 г. и позже в некоторых других странах.

В классическом исследовании Ф.Дж.Каллмана и Г.Сандера, доложенном в 1948 г. на Восьмом международном генетическом конгрессе в Стокгольме, было показано, что различия продолжительности жизни у группы монозиготных близнецов варьировали в пределах 36.9 мес., у дизиготных — 78.3 мес. (у однополых) и 126.6 мес. (у разнополых) [12].

В исследовании, начатом в 1976 г. и длившемся 30 лет, установлено, что долголетие наследовалось у около половины людей (в эксперименте участвовало 527 мужчин и 615 женщин), которые находились в родственных связях (были братьями, сестрами и племянниками) с 348 долгожителями о.Окинавы, прожившими более 100 лет [13]. «Семейный» характер признаков долголетия обнаруживался и в исследованиях, проводившихся в США.



Монозиготные близнецы Рой и Жорес в 1933 и 2005 гг.

Различие генетических систем объясняет и тот факт, что женщины в среднем живут на несколько лет дольше мужчин. Вариабельность этой разницы, минимальной в 2015 г. для Бангладеш (два года) и максимальной для России (12 лет), определяется социальными и экономическими факторами. Однако наличие разницы, характерное не только для человека, но и для всех млекопитающих, имеет генетическую природу. Пол новорожденных у людей, как и у многих других животных, определяется одной из пар их хромосомного набора. У человека в норме 23 пары, т.е. 46 хромосом. У женщин пол определяет пара XX хромосом, у мужчин — XY. Таким образом, у мужчин гены в X и в Y хромосомах не дублируются. Мутации в одной из двух X хромосом женщин могут не влиять на функции клеток, так как они компенсируются генами второй X хромосомы. В клетках мужских особей любые мутации в X или в Y хромосоме оказываются доминантными и проявляются. Существует, однако, и теория, объясняющая большее долголетие женщин отбором в процессе эволюции. Наличие в семьях бабушек обеспечивало в первобытных обществах лучший уход за детьми и освобождало матерей для сбора съедобных растений [14].

В природе среди млекопитающих почти у всех видов, пол которых также определяется X и Y хромосомами, жизнь мужских особей тоже короче, чем женских. С наибольшей силой эта разница проявляется у сумчатых мышей Австралии: самцы умирают вскоре после спаривания. Смерть самцов помогает в этом случае самке с потомством лучше использовать скудные пищевые ресурсы в засушливый сезон года.

Генетический контроль процессов старения у человека принято также иллюстрировать наличием генетических болезней преждевременного старения. Наиболее известные из них — прогерия (синдром Хатчинсона), синдром Вернера и синдром Дауна.

Прогерия, очень редкий синдром появления явных признаков старения у детей с трех-четырёх-летнего возраста, возникает в результате мутации гена, кодирующего белок ламин, который входит в состав белков оболочки клеточного ядра. Признаки замедления роста и преждевременного старения распространяются по всем органам и тканям, и смерть наступает в возрасте от 7 до 20 лет.

Синдром Вернера, часто обозначаемый как «прогерия взрослых», возникает в период полового созревания и проявляется в форме быстрого старения, распространяющегося на все органы и ткани. Болезнь вызывается мутацией гена, который играет важную роль в восстановлении (репарации) повреждений ДНК.

Гены, мутации которых вызывают прогерии у детей и взрослых, в настоящее время идентифи-

цированы и имеют свои специфические буквенные и цифровые обозначения. Возникла и коммерческая диагностика, однако профилактики этих заболеваний пока нет.

Синдром Дауна — более распространенная генетическая болезнь преждевременного старения — вызывается не отдельными генами, а лишней хромосомой в 21-й паре. В ядрах клеток новорожденного ребенка оказывается не 46, а 47 хромосом. Рождение детей с синдромом Дауна коррелирует с возрастом матери и, соответственно, с возрастом яйцеклеток, популяция которых не обновляется после полового созревания. Чем старше мать, тем больше вероятность рождения ребенка с синдромом Дауна: в 20–25 лет вероятность появления новорожденных с этой аномалией равна 0.1%, в 40–45 лет число случаев этого синдрома возрастает до 3.0–3.5%. Однако изучение этих патологий — проблема медицинской генетики, а не геронтологии.

### Долголетие без генов долгожительства

В настоящее время признается, что лишь 30–40% людей, доживших до 100-летнего возраста, имеют для этого какие-то генетические предпосылки. Больше чем у половины долгожителей нет престарелых родителей или родственников. Геронтология классифицирует таких людей на три основные группы: пережившие (survivors), отсрочившие (delayers) и избежавшие (escapers) [15].

К первой группе относятся долгожители — 24% мужчин и 43% женщин, которые в тот или иной период жизни перенесли серьезное заболевание (рак, инфаркт, инсульт), но сумели преодолеть его, обычно с помощью медицины. Рекордсмен долгожительства — испанец Франческо Оливера, проживший 113 лет, которого я упоминал в начале первой главы, перенес в возрасте 90 лет удаление одной из почек, пораженной раковой опухолью. Двое из моих американских коллег, отметивших 90-летний юбилей, подвергались операциям по замене сердечных клапанов или шунтированию артерий сердца, пораженных атеросклерозом. Один из моих друзей, историк и мой ровесник, живет с кардиостимулятором.

«Отсрочившими» считаются те долгожители, у которых обычные возрастные патологии сдвинуты на более поздний период, при этом у людей этой группы обнаруживаются все типичные признаки старения органов и тканей, что подтверждено посмертными патологоанатомическими исследованиями (аутопсиями), которые проводятся крайне редко у долгожителей. Однако в европейских странах с бесплатной государственной медициной пожилым людям, преодолевшим 90-летний рубеж, обычно не назначают сложных операций.

В США частная и страховая медицина не имеет таких ограничений. В моей коллекции статей на эту тему есть описания сложных успешных операций у людей, достигших 95–99 лет. В одном из таких очерков, опубликованном в июле 2008 г. в International Herald Tribune (международная версия газеты «The New York Times»), приведен пример сложной операции на сердце 99-летней женщины, Хазель Хомер (Hazel Homer). На день публикации статьи с фотографией ей было уже 104 года.

«Избежавшие» — это наиболее счастливая группа. К ней принадлежит около 32% долгожителей-мужчин и 15% женщин. У них до глубокой старости отсутствуют серьезные патологии — атеросклероз, болезни сердца, почек, печени и многие другие. Сохраняется память и способность к творческой работе.

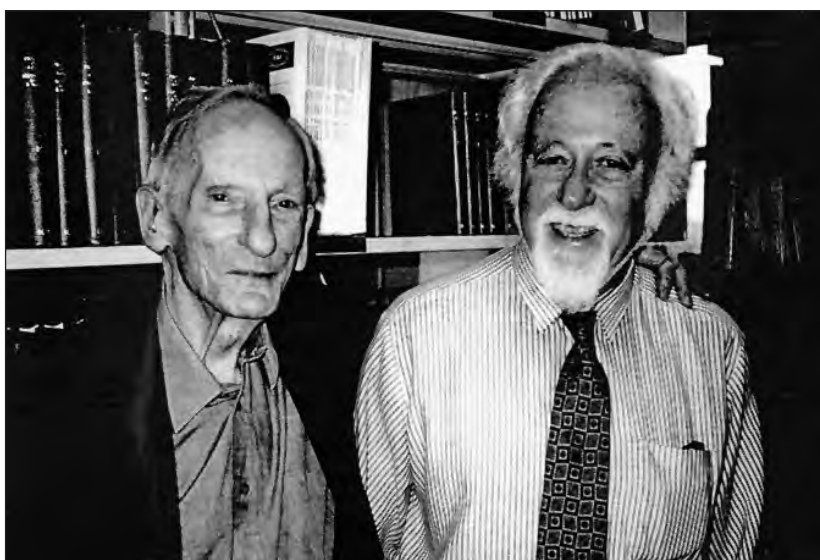
Среди моих друзей к этой группе долгожителей принадлежали Даниил Гранин, писатель, умерший в Санкт-Петербурге в июле 2017 г. в возрасте 98 лет, геронтолог Денхам Харман (Denham Harman), скончавшийся в Омахе, штат Небраска, в 2014 г., также в возрасте 98 лет и бактериолог Филип Д'Арси Харт (Philip D'Arcy Hart), умерший в Лондоне в июле 2006 г. в возрасте 106 лет. Гранин, перенесший два ранения на фронте и переживший блокаду Ленинграда в 1941–1944 гг., написал свой последний роман в 2016 г. Харман до конца жизни оставался редактором им же основанного геронтологического журнала «Age» и президентом Ассоциации биогеронтологии. Харт, с которым я был знаком с приезда в Англию в 1973 г., работал в том же институте, где и я. С 1948 г. Харт руководил отделом туберкулеза; он стал пионером применения стрептомицина для лечения этой болезни. После выхода на пенсию он продолжал работать по проблемам туберкулеза, но уже по грантам, до 102-летнего возраста. Я встречал его в библиотеке института, где отмечалось и его столетие. В возрасте 98 лет он выступал с докладом на международной конференции по туберкулезу. Его последняя научная публикация датирована 2004 г.



Даниил Гранин в возрасте 90 лет перед вручением премии ТЭФИ-2009.

Мой друг-геронтолог Алекс Комфорт (Alex Comfort), один из спонсоров моего приглашения в Лондон, прислал мне в 1977 г. свою новую книгу «A Good Age», изданную в США и посвященную творческим возможностям людей в преклонном возрасте. В книге приводилось много примеров выдающихся писателей, художников и композиторов, которые создавали свои наиболее значительные произведения в глубокой старости. Среди них были упомянуты философ и пацифист Бертран Рассел, проживший 97 лет, Микеланжело — 87, Тициан — 86, Пабло Пикассо — 91, Лев Толстой — 82, Бернард Шоу — 94, Джузеппе Верди — 88, Марк Шагал — 97, Виктор Гюго — 83, Артур Рубинштейн — 95 лет и другие знаменитости.

Сам Комфорт прожил недолго — умер в 2000 г. в возрасте 80 лет после многолетней болезни. Он



Филип Харт в день своего столетия в библиотеке института.



Алекс Комфорт с сыном Николасом.

обладал исключительной работоспособностью: написал более 60 книг, в их числе сборники поэзии, романы, несколько монографий по геронтологии и по сексологии. Мировую славу ему принесла книга «The Joy of Sex» («Радости секса»), которая впервые была опубликованная в 1972 г., переиздавалась много раз и переведена на 20 языков, в том числе и на русский еще во времена СССР.

Сейчас к этой группе следует добавить немалое число новых знаменитых долгожителей. Среди них можно назвать и политиков, прежде всего Генри Киссинджера (95 лет) и Джимми Картера (94 года), которые и сейчас продолжают участвовать в мировой политике как советники и арбитры. А вот Джордж Буш — старший, умерший в возрасте 94 лет, принадлежал к «отсрочившим». Свое 90-летие в 2015 г. он отметил прыжком с парашютом (правда, «в паре» с опытным инструктором), но в конце жизни страдал болезнью Паркинсона и передвигался в инвалидной коляске.

Наиболее выдающимся политическим долгожителем считается Нелсон Мандела, прошедший 27 лет жизни в южно-африканской тюрьме. Он умер в 2013 г. в возрасте 95 лет. Мандела сохранял авторитет лидера Африканского национального конгресса до конца своей жизни.

В Китае к долгожителям можно отнести Дэн Сяопина, который также управлял страной до конца своей очень трудной во все ее периоды 92-летней жизни.

Из советских политиков в группу долгожителей попадает верный соратник Сталина — Л.М.Каганович, умерший в 1991 г. в возрасте 98 лет. Он «обогнал» В.М.Молотова, прожившего 96 лет. Феноменальным долгожительством обладал самый знаменитый советский карикатурист Б.Е.Ефимов, умерший в 2008 г. в возрасте 108 лет. Он продолжал публиковать свои карикатуры до 2007 г.

Среди долгожителей в Токио более половины попадают в категорию «переживших» или «отсрочивших». На о.Окинаве, напротив, большинство долгожителей — это «избежавшие». Заболевания старческим слабоумием (деменцией), болезнями Альцгеймера и Паркинсона и даже онкологические патологии здесь регистрируются намного реже чем в остальной Японии. В этой стране аутопсия умерших долгожителей обычно не проводится. Однако результаты одного такого исследования были опубликованы в 2004 г. в геронтологическом журнале: у 100-летней японки, умершей в больнице от воспа-

ления легких, оказалось очень мало типичных изменений органов и тканей, которые почти всегда фиксировались у американских долгожителей.

### Существует ли генетическая программа старения?

Исключительно высокая точность всех стадий эмбрионального развития у животных возможна лишь благодаря сложной генетической программе, которая реализует созданный эволюцией видовой проект. Постэмбриональное развитие также контролируется наследуемым генетическим аппаратом, который проявляется во взаимодействии с внешней средой. Период между половым созреванием и потерей детородных способностей продолжается у женщин 25–30 лет. Наступление менопаузы — также часть генетической программы, но для мужчин эволюционный отбор не предусмотрел столь же ясной границы репродуктивных способностей.

Наиболее поздними морфогенетическими процессами и у женщин, и у мужчин считаются появление «зубов мудрости» и инволюция (атрофия) вилочковой железы (тимуса), расположенной в верхней части грудной клетки. Атрофия тимуса начинается у человека после полового созревания, происходит очень медленно и продолжается 10–20 лет. Тимус — важный орган, в котором не только дозревают лимфоциты и тимоциты, обеспечивающие иммунитет, но и образуются несколько гормонов, важных для функций мозга и нервной системы. Атрофию тимуса, которая происходит не только у человека, но и у всех млекопитающих, принято считать началом старения. Однако сам процесс старения, происходящий с разной скоростью во всех органах, тканях и на молекулярном уровне, не имеет, как считают геронтологи, генетической программы. Он поэтому

хаотичен и происходит неодинаково у каждого человека. Генетическая система и человека, и других млекопитающих обеспечивает в случае поврежденной регенерацию многих тканей, кожных покровов, костей, ногтей, капилляров. Но сложные органы не способны к этому.

На молекулярном уровне способность к восстановлению повреждений сохраняется и в старости. Наиболее важен процесс репарации ДНК, которая продолжает обеспечивать синтез белков и функциональную активность клеток и после их специализации. Однако двухспиральная структура этих гигантских молекул неустойчива и подвергается постоянным повреждениям от внешних излучений, свободных радикалов, образующихся при химических реакциях окисления, и в результате ошибок синтеза. Водородные связи, скрепляющие две спирали ДНК, очень слабы и легко рвутся. Несколько теорий старения объясняют этот процесс накоплением повреждений белков и нуклеиновых кислот в клетках тканей и органов и накоплением соматических мутаций.

Восстановление повреждений ДНК необходимо для сохранения клеток всех тканей живых организмов — растительных и животных. Это основа преемственности в эволюции. Существует много разных ферментов репарации ДНК. За открытия различных механизмов восстановления структуры ДНК дважды присуждалась Нобелевская премия по химии, в 2009 и 2015 гг.

Активной генетической программы старения, т.е. медленной или быстрой ликвидации организма после окончания репродукционного периода, у млекопитающих не существует. Такая программа присутствует лишь у животных низших классов, жизнь которых зависит от сезонных факторов (мухи, комары, бабочки, стрекозы, рабочие пчелы, самцы муравьев и др.).

Поскольку старение человека не контролируется генетической программой, то, казалось бы, должна быть возможность влияния на продолжительность жизни различными факторами и приемами. Стратегия «омоложения» и методы общей стимуляции (обычно гормонами или их аналогами) не оправдала себя. Более перспективной оказалась стратегия «сохранения». Медицина пошла по пути коррекций и компенсаций. Наиболее успешным и массовым среди всех современных биотехнологий замедления старческих изменений и патологий можно назвать различные химические вещества, вызывающие расширение капилляров и снижение давления крови. Доминирующими в процессах старения человека всегда были изменения в системе кровообращения. В течение последних 100 лет средняя продолжительность жизни людей в развитых странах была повышена с 35–40 до 70–80 лет. Почти половиной этого ус-

пеха мы обязаны профилактике возрастных патологий в сердечно-сосудистой системе.

### Гены долгожительства

Какие-либо определенные «гены старения» у здоровых людей пока не найдены. Известна, однако, попытка связать продолжительность жизни животных и человека с длиной теломер — концевых участков хромосомных двойных спиралей ДНК. Это интересная научная область, которую, в связи с ее обширностью, я буду рассматривать отдельно.

Поиски «генов долгожительства» оказались более популярными. Результаты даже скромных научных открытий быстро становились основанием создания биотехнологических компаний, рекламировавших и продававших те или иные средства продления жизни. Таких компаний в настоящее время около пятидесяти. Лично я познакомился еще в период 1990-х годов с работой трех таких компаний, «SenTech» в Дании, «Life Extention» во Флориде и «Geron» в Калифорнии.

В 2003 г. в США была основана биотехнологическая компания «Elixir Pharmaceuticals Inc.», объявившая о планах создания лекарств, «которые замедлят старение и помогут людям жить дольше». Через пять лет компания анонсировала открытие «белков юности», получивших название сиртуинов (SIRT1, SIRT2, SIRT6, SIRT7). Эти белки присутствуют в клетках всех животных и в дрожжевых клетках. По данным ряда исследований они участвуют в восстановлении повреждений ДНК и в поддержании «юности» клеток в период эмбрионального развития.

Новые технологии быстрой расшифровки геномов человека и создание детальных генетических карт, нашедшие наиболее быстрое применение в криминалистике, неизбежно привели и к попыткам идентифицировать «гены долгожительства» у людей, достигших ста и более лет. В Италии было обнаружено, что у долгожителей отсутствие атеросклероза сосудов ассоциировалось с генетическим локусом, который контролировал повышенный уровень витамина Е в крови и пониженный уровень липопротеинов [16]. Голландские геронтологи обнаружили корреляцию между долгожительством и генами, которые кодируют особый транспортный белок рибосом. В Финляндии у долгожителей был идентифицирован генетический локус, наличие которого ассоциировалось с меньшей вероятностью болезни Альцгеймера [17]. Обзор этих исследований можно было бы продолжить. Они распространялись на долгожителей США, Греции, Южной Кореи, Китая и Японии.

Расшифровка генома человека не привела к разгадке механизмов старения. Процесс старения у млекопитающих не имеет генетической про-

граммы, подобной программе формообразовательного развития. Он происходит спонтанно. Эволюция и отбор не создавали генетической программы старения для растений и животных из-за ее ненужности. В природе закончившие репродуктивный цикл особи животных удаляются внутривидовой и межвидовой конкуренцией, борьбой за существование и отбором задолго до того, когда у них может развиваться атеросклероз, остеопороз и ослабнут зрение или слух. Выживание старых особей появилось лишь в человеческих сообществах, в которых пожилые и старые люди могли выполнять полезные функции в семьях, в родах и в племенах. Старение у животных существует лишь за пределами природных популяций; у домашних животных, у лабораторных животных и в зоопарках. В естественных популяциях долгоживущие животные (черепахи, крокодилы, акулы, многие виды речных и озерных рыб, киты, слоны и др.) сохраняют очень долго способность к росту и репродукции. Они умирают вскоре после потери способности к размножению и к активной добыче средств пропитания. У множества видов животных критическими для жизни органами служат не серд-

це и кровеносные сосуды, а зубы, уши и глаза. Для человека, очевидно, важнее функции мозга (память и разум), по которым происходил отбор и на долголетие.

В США и в других странах с начала XXI в. начали создаваться депозитарии ДНК сверхдолгожителей — людей, достигших 110-летнего возраста. Это международный проект «International Database on Longevity». У долгожителей на условиях анонимности берут образцы крови, которые, будут храниться в ампулах в жидком азоте для будущих исследований. К 2016 г. собрано около 100 образцов. С 2014 г. для нескольких сверхдолгожителей уже созданы полные генетические карты их геномов. Объем документального материала в таких исследованиях столь обширен, что они не могут быть опубликованы в обычных научных журналах. Их можно публиковать лишь в интернете. В ближайшие годы мы, возможно, узнаем, какие гены обеспечивают сверхдолголетие. Если учесть, что генетические карты и частные анонимные депозитарии геномов создаются и для лауреатов Нобелевских премий, то не исключено, что люди будущего устроят мировой порядок лучше, чем наши современники. ■

## Литература / References

1. Френкель З.Г. Удлинение жизни и деятельная старость. М.; 1949; 112–151. [Frenkel Z.G. Elongation of life and active old age. Moscow; 1949; 112–151. (In Russ.)]
2. Феномен долголетия. Антрополого-этнографический аспект исследования. Сборник. Ред. С.И. Брук. М.; 1982. [The phenomenon of Longevity: the Anthropological and Ethnographic Aspect of the Study. Collected Volume. Bruk S.I. (ed.) Moscow; 1982. (In Russ.)]
3. Абхазское долголетие. Ред. В.И.Козлов. Сборник. М.; 1987. [Abkhazian Longevity. Collected Volume. Kozlov V.I. (ed.) Moscow; 1989. (In Russ.)]
4. Долголетие в Азербайджане. Сборник научных трудов. Ред. В.И.Козлов. М.; 1989. [Longevity in Azerbaijan. Collected Volume. Kozlov V.I. (ed.) Moscow; 1989. (In Russ.)]
5. Гарб П. Долгожители. М.; 1986. [Garb P. Centenarians. Moscow; 1986. (In Russ.)]
6. Benet S. How to Live to Be 100: The Lifestyle of the People of the Caucasus. N.Y.; 1976.
7. Leaf A. Everyday is a gift when you are over 100. *National Geographic*. 1973; 143(1): 93–119.
8. Mazes R.B., Forman S.H. Longevity and age exaggeration in Vilcabamba, Ecuador. *J. Gerontol.* 1979; 34(1): 94–98. Doi:10.1.1.1013.4066.
9. Бердышев Г.Д. Эколого-генетические факторы старения и долголетия. Л., 1968. [Berdyshev G.D. Ecological and genetic factors of aging and longevity. Leningrad, 1989. (In Russ.)]
10. Willcox B.J., Willcox D.C., Suzuki M. The Okinawa Program: How the World's Longest-Lived People Achieve Everlasting Health And How You Can Too. 2001.
11. Pearl R., Perl R.D.W. The Ancestry of the Long-lived. Baltimore, 1934.
12. Kallmann F.J., Sander G. Twin studies on aging and longevity. *J. Heredity*. 1948; 39(12): 349–357. Doi:10.1093/oxfordjournals.jhered.a105785.
13. Willcox B.J., Willcox D.C., He Q. et al. Siblings of Okinawan centenarians share lifelong mortality advantages. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.* 2006; 61(4): 345–354. Doi:10.1093/gerona/61.4.345.
14. Hawkes K. Grandmothers and the evolution of human longevity. *Am. J. Hum. Biol.* 2003; 15(3): 380–400. Doi:10.1002/ajhb.10156.
15. Evert J., Lawler E., Bogan H. et al. Morbidity profiles of centenarians: survivors, delayers, and escapers. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.* 2003; 58(3): 232–235. Doi:10.1093/gerona/58.3.M232.
16. Zuliani G., Cherubini A., Volpato S. et al. Genetic factors associated with the absence of atherosclerosis in octogenarians. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.* 2002; 57(9): 611–615. Doi:10.1093/gerona/57.9.M611.
17. Frisoni G.B., Louhija J., Geroldi C. et al. Longevity and the e2 allele of apolipoprotein E: the Finnish Centenarians Study. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.* 2001; 56(2): 75–78. Doi:10.1093/gerona/56.2.M75.

# Новости

Астрофизика

## Первая фотография черной дыры

Одним из самых сенсационных научных событий 2019 г. со всей очевидностью стало объявление о получении первого в истории фотографического изображения черной дыры — результате работы международной исследовательской группы Event Horizon Telescope. Расстояние от Земли до этого объекта в центре галактики Messier 87 (названной в честь открывшего ее французского астронома XVIII в. Шарля Мессье) составляет около 50 млн св. лет, или приблизительно 500 квинтиллионов километров. Речь идет о сверхмассивной черной дыре: ее размеры превышают размеры Солнечной системы, ее масса в 6.5 млрд раз больше массы Солнца — гигант в сравнении с черными дырами, сформировавшимися в результате коллапса звезд и имеющими массу, равную нескольким массам Солнца.

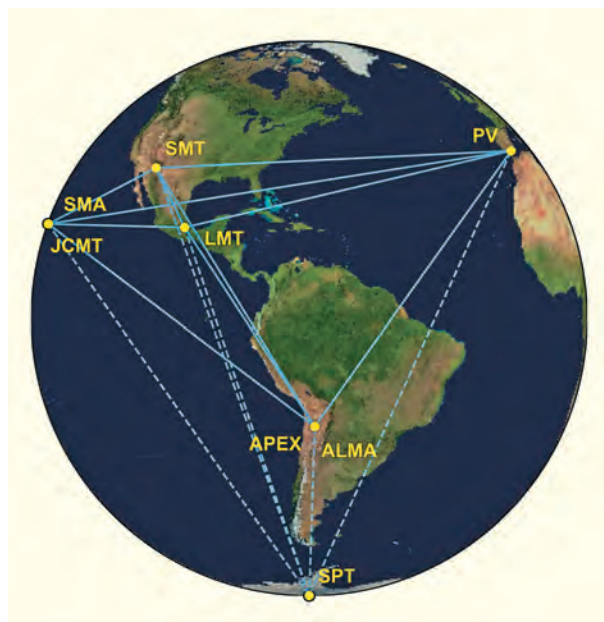
Считается, что закрепившийся в научной литературе термин «черная дыра» предложил в 1967 г. американский физик Джон Уилер, имея в виду неспособность этого объекта излучать свет. Согласно современным научным представлениям, сверхмассивные черные дыры присутствуют в центре всех крупных галактик — это подтверждается исследованиями гравитационных взаимодействий небесных тел, однако увидеть загадочные объекты до сих пор не удавалось именно из-за того, что свет не способен преодолеть гравитационное поле черной дыры. Чтобы ее сфотографировать, потребовалось создать сеть из восьми расположенных в разных точках земного шара (на Гавайских о-вах, в Аризоне, Мексике, Испании, Чили, на Южном полюсе) радиотелескопов, которые осуществляли съемку на протяжении пяти ночей в апреле 2017 г. По свидетельству одного из лидеров группы астрономов, Хейно Фальке из Университета в Неймегене (Нидерланды), обработка полученных телескопами данных для генерации изображения черной дыры стала наиболее сложным этапом исследований: для получения изображения использовали методику радиоинтерферометрии со сверхдлинной базой, предполагающую очень сложную и ресурсоемкую обработку данных, и было очень важно обеспечить ее корректность. Для минимизации ошибки работу по построению изображения дублировали четыре независимые команды. И вот 10 апреля 2019 г. визуальное доказательство представлено: на снимке — огненное плазменное кольцо (аккреционный



Изображение сверхмассивной черной дыры в галактике M87 — результат компьютерной реконструкции на основе информации, полученной от системы радиотелескопов.

диск) вокруг черного жерла округлой формы, подтверждающего предсказание общей теории относительности.

Презентация общественности первой в истории фотографии черной дыры, несомненно, стала



Расположение радиотелескопов, осуществлявших в апреле 2017 г. съемку для получения изображения сверхмассивной черной дыры в галактике M87.

праздником, но научная ценность события получила полярные оценки специалистов — от прогноза присвоения Нобелевской премии астрономам за глобальные достижения в области радиоастрономических наблюдений и обработки информации до заявления об отсутствии какого-либо открытия. Со своей стороны, Хейно Фальке и его коллеги констатировали, что сюрпризов в полученном изображении, которое они назвали «картой черной дыры», действительно нет, и заявили о своих планах измерить спин черной дыры и ее магнитную поляризацию.

The Astrophysical Journal Letters. 2019; 875.  
Doi:10.3847/2041-8213/ab0ec7

Зоология

**Забота о потомстве и кормление молоком... у пауков**

Китайские ученые наблюдали за пауком-скакуном *Toxeus magnus*, который имитирует своим внешним обликом муравьев, и обратили внимание на то, что в гнездах встречаются или несколько взрослых особей, или самка с детенышами. Это довольно необычно для неколонииального вида. Кроме того, оказалось, что паучки первые три недели после вылупления не покидают гнезда, а их мать не приносит им никакой еды. Однако паучки росли. Более внимательные наблюдения показали, что мать вырабатывает для кормления некую питательную жидкость, которую ученые назвали «молоко». Это «молоко» содержит 2 мг/мл сахара, 5.3 мг/мл жира и 123.9 мг/мл белка. Интересно, что белка в паучьем «молоке» содержится примерно в четыре раза больше, чем в коровьем. Ученые предположили, что «молоко» может формироваться из трофических яиц. Они существуют у разных беспозвоночных, включая и пауков, но самка откладывает их обычно единовре-

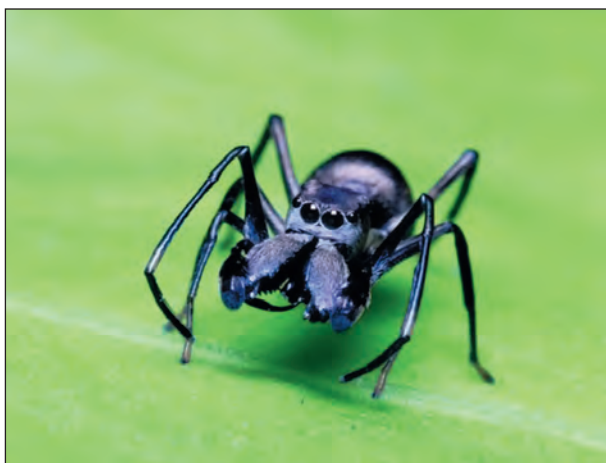
менно, а если и продолжает «докладывать», то только до вылупления потомства. «Молоко» пауков формируется непрерывно с момента появления паучков до достижения ими подросткового возраста, что более сходно с процессом лактации у млекопитающих.

В первую неделю жизни паучков мать оставляет на внутренней поверхности гнезда капельки жидкости, выделяемые из эпигастральной борозды, а паучки их слизывают. Через неделю маленькие пауки уже просто слизывали «молоко» непосредственно с борозды, расположенной на нижней поверхности брюшка их матери. После 20 дней роста и развития паучки начинали покидать гнездо и кормиться самостоятельно и все же возвращались и продолжали пить «молоко». К 40-му дню, когда пауки становились уже почти взрослыми, кормление прекращалось. В течение следующих 20 дней пауки продолжали оставаться в гнезде на ночь. Но после наступления у пауков половой зрелости мать позволяла это только своим дочерям — сыновья были атакованы при попытке вернуться в гнездо. Возможно, так проявляется один из механизмов предотвращения близкородственного скрещивания.

При получении материнской заботы и «молока» в полном объеме 76% кладки доживает до взрослого возраста. Однако, когда ученые блокировали возможность выделения молока у самки, все вылупившиеся паучки погибли к 10-м суткам. Если же потребление молока искусственно прерывали при достижении 20-дневного возраста, но оставляли с матерью, то, несмотря на то что выживание паучков падало, выжившие не отличались по размеру от тех, что продолжали «молочное» питание. Отделение паучков от матери на 20-е сутки не только увеличивало смертность, но и негативно сказывалось на размерах выросших пауков. Также это оказывало влияние на соотношение полов выросших паучков: если обычно самок более 84% от общего числа детенышей, то в отсутствие матери их становится около 50%. Почему так происходит, пока непонятно. Но известно, что репродуктивный потенциал популяции также зависит от количества особей того пола, который вносит наибольший вклад в заботу о потомстве. Несомненно, что у *Toxeus magnus* вклад самки в развитие и рост потомства намного больше, чем у самца, т.е. сдвиг в сторону преобладания самок в популяции оптимален для репродуктивного успеха данного вида.

Авторы работы, опубликованной в Science, предполагают, что их открытие приведет к некоторому пересмотру возникновения и распространенности лактации в животном мире.

Science. 2018; 362(6418): 1052–1055.  
Doi:10.1126/science.aat3692



Взрослый паук-скакунок *T.magnus*.



## Информатика. Кибернетика

**В.В.Золотарёв.** ТЕОРИЯ КОДИРОВАНИЯ КАК ЗАДАЧА ПОИСКА ГЛОБАЛЬНОГО ЭКСТРЕМУМА. Оптимизационная теория помехоустойчивого кодирования — новая «квантовая механика» теории информации. М.: Горячая линия — Телеком, 2018. 228 с.

Широкое использование систем формирования информационных потоков и их обработки, а также хранения, восстановления и передачи по различным каналам связи стало основой ускоренного развития технологической цифровой цивилизации. Всеобъемлющее проникновение цифровых технологий во все стороны жизни сопровождается появлением большого набора трудных научных и технических проблем самой теории информации, важнейшая среди которых — помехоустойчивое кодирование. В монографии, состоящей из введения, шести глав и заключения, представлены теоретические и прикладные результаты современной теории кодирования как задачи поиска глобального экстремума функционала в специфических условиях дискретных математических пространств. Рассмотрены различные методы простой коррекции ошибок при максимально допустимом уровне шума. Показано, что усовершенствованные мажоритарные алгоритмы (названные многопороговыми декодерами), различные версии алгоритма Витерби и новые методы кодирования успешно решают на высоком технологическом уровне главную проблему теории информации — простое и эффективное декодирование и исправление ошибок в цифровых массивах вблизи границы Шеннона, т.е. при большом уровне шума и работе в непосредственной близости от пропускной способности канала связи.



## Теоретическая физика

**С.Хокинг, Р.Пенроуз.** ПРИРОДА ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ: ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ОБРАЗ ВСЕЛЕННОЙ / Пер. с англ. О.С.Сажинной. М.: АСТ, 2018. 192 с.



Это перевод тринадцатого издания книги, впервые вышедшей в 1996 г. Основой ее стали лекции-беседы, прочитанные авторами поочередно на протяжении шести месяцев 1994 г. в Институте математических наук Исаака Ньютона в Кембриджском университете. Книга состоит из семи глав: шесть — с лекциями С.Хокинга («Классическая теория», «Квантовые черные дыры» и «Квантовая космология») и Р.Пенроуза («Структура сингулярностей пространства-времени», «Квантовая теория и пространство-время» и «Твисторный взгляд на пространство-время»); авторы чередуются. Глава 7 — «Обсуждения». Дополнена книга послесловием «Продолжение дискуссии», которое было отредактировано авторами в 2010 г. Хокинг называл себя позитивистом, он был уверен, что общая теория относительности не способна описать момент образования Вселенной и лишь новая объединенная теория, принимающая условие об отсутствии границ, сможет объяснить данные наблюдений. Пенроуз (платонист, по мнению Хокинга, и реалист, по его собственным представлениям) ставит под сомнение безоговорочность квантовой теории и уверен, что Вселенная будет расширяться вечно и это можно объяснить посредством геометрии световых конусов, сжатия и искажения пространства-времени и его собственной твисторной теории.

**Издательство** предлагает услуги по редакционно-издательской подготовке материалов, сборников, а также весь комплекс полиграфических услуг

**Издательство «Наука»** готово оказать услуги под ключ по организации и проведению семинаров, конференций, презентаций, выставок в конференц-залах и на экспозиционных площадках издательства по адресам:

г. Москва, Шубинский пер., д. 6, стр. 1  
г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 90  
Московская обл., г. Люберцы, Октябрьский пр-кт, д. 403

По всем интересующим вопросам обращайтесь по тел.: +7(495)276-1197 доб. 3321, 3371, 2241  
Подробная информация на сайте [www.naukapublishers.ru/history/partnership](http://www.naukapublishers.ru/history/partnership)

# ПРИРОДА

4/2019

Соучредители: РАН, ФГУП «Издательство «Наука»  
Главный редактор: А.Ф. Андреев  
Заместитель главного редактора: А.В. Бялко

Ответственный секретарь  
Е.А. Кудряшова

Научные редакторы  
М.Б. Бурзин  
Т.С. Ключиткина  
Е.В. Сидорова  
Н.В. Ульянова  
О.И. Шутова

Литературный редактор  
Е.Е. Жукова

Заведующая редакцией  
И.Ф. Александрова

Перевод содержания  
Т.А. Кузнецова

Графика, верстка:  
С.В. Усков

Подписной индекс: 70707  
Дата выхода в свет: 29.04.2019  
Формат 60×88 1/8. Цифровая печать  
Усл. печ. л. 11,16. Уч. изд. л. 12,2  
Бум. л. 12  
Тираж 1000 экз.  
Цена свободная  
Заказ 8

Редакция и издатель: ФГУП «Издательство «Наука»  
Адрес: 117997, Москва, ул. Профсоюзная, 90  
По вопросам публикации материалов:  
тел.: (495) 276-77-35 (доб. 4171),  
e-mail: [priroda@naukaran.com](mailto:priroda@naukaran.com)  
По вопросам сотрудничества:  
тел.: (495) 276-77-35 (доб. 4301 или 4291),  
e-mail: [journals@naukaran.com](mailto:journals@naukaran.com)  
Отпечатано в ФГУП «Издательство «Наука»  
Адрес: 121099, Москва, Шубинский пер., 6.

Журнал зарегистрирован Государственным комитетом Совета министров СССР по печати 13 декабря 1990 г.  
Свидетельства о регистрации №1202 и ПИ №1202.

Все права защищены. Перепечатка материалов возможна только с разрешения редакции.

Мнение редакции может не совпадать с мнением автора.

Ответственность за точность и содержание рекламных материалов несут рекламодатели.

12+

# НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЕ ЖУРНАЛЫ ТЕПЕРЬ ДОСТУПНЫ ВСЕМ



## Уважаемые коллеги!

Открыта подписка для физических лиц на номера 2019 г. научно-популярных журналов «Земля и Вселенная», «Природа», «Энергия: экономика, техника, экология»

### **Журнал «Земля и Вселенная»**

Стоимость годового комплекта (6 номеров) 1200 руб.

#### **Редакция журнала**

Тел.: +7(495)276-77-35 (доб. 42-31)

E-mail: zevs@naukaran.com

ул. Профсоюзная, 90, к. 423

### **Журнал «Природа»**

Стоимость годового комплекта (12 номеров) 3000 руб.

#### **Редакция журнала**

Тел.: +7(495)276-77-35 (доб. 41-71)

E-mail: priroda@naukaran.com

ул. Профсоюзная, 90, к. 417

### **Журнал «Энергия: экономика, техника, экология»**

Стоимость полугодового комплекта (6 номеров) 1500 руб.

#### **Редакция журнала**

Тел.: +7(495) 362-07-82

E-mail: energy@iht.mpei.ac.ru

ул. Красноказарменная, 17а

Журналы также можно приобрести в розницу в сети магазинов «Академкнига» по следующим ценам:

**«Земля и Вселенная» – 220 руб.**

**«Природа» – 270 руб.**

**«Энергия: экономика, техника, экология» – 270 руб.**

Подписаться можно в редакциях указанных журналов.  
Убедительная просьба связаться с редакциями перед визитом.

В случае возникновения вопросов можно также обращаться в Управление по выпуску журналов ФГУП «Издательство «Наука»:  
Тел.: +7(495)276-77-35 (доб. 42-91 или 43-01)  
E-mail: journals@naukaran.com

# Уважаемые авторы!

## Приглашаем вас принять участие в Конкурсе молодых авторов

Конкурс учрежден Издательством «Наука» для привлечения молодых авторов  
Заявки и работы для участия в Конкурсе принимаются с 9 января по 31 июля 2019 года

К участию в конкурсе принимаются оригинальные,  
не публиковавшиеся ранее, не участвующие в других  
конкурсах статьи по трем блокам:

- астрономия, космонавтика, экология, геофизика, геодезия
- энергетика, биоэнергетика
- физика, химия, биология

По итогам Конкурса награждаются три победителя:



Сертификат на издание научной  
или научно-популярной книги



Сертификат на подготовку  
оригинал-макета научной  
или научно-популярной книги



Сертификат на редактирование научной  
или научно-популярной книги

Подать заявку и узнать подробности  
о Конкурсе вы можете на сайте

[ys.naukapublishers.ru](http://ys.naukapublishers.ru)