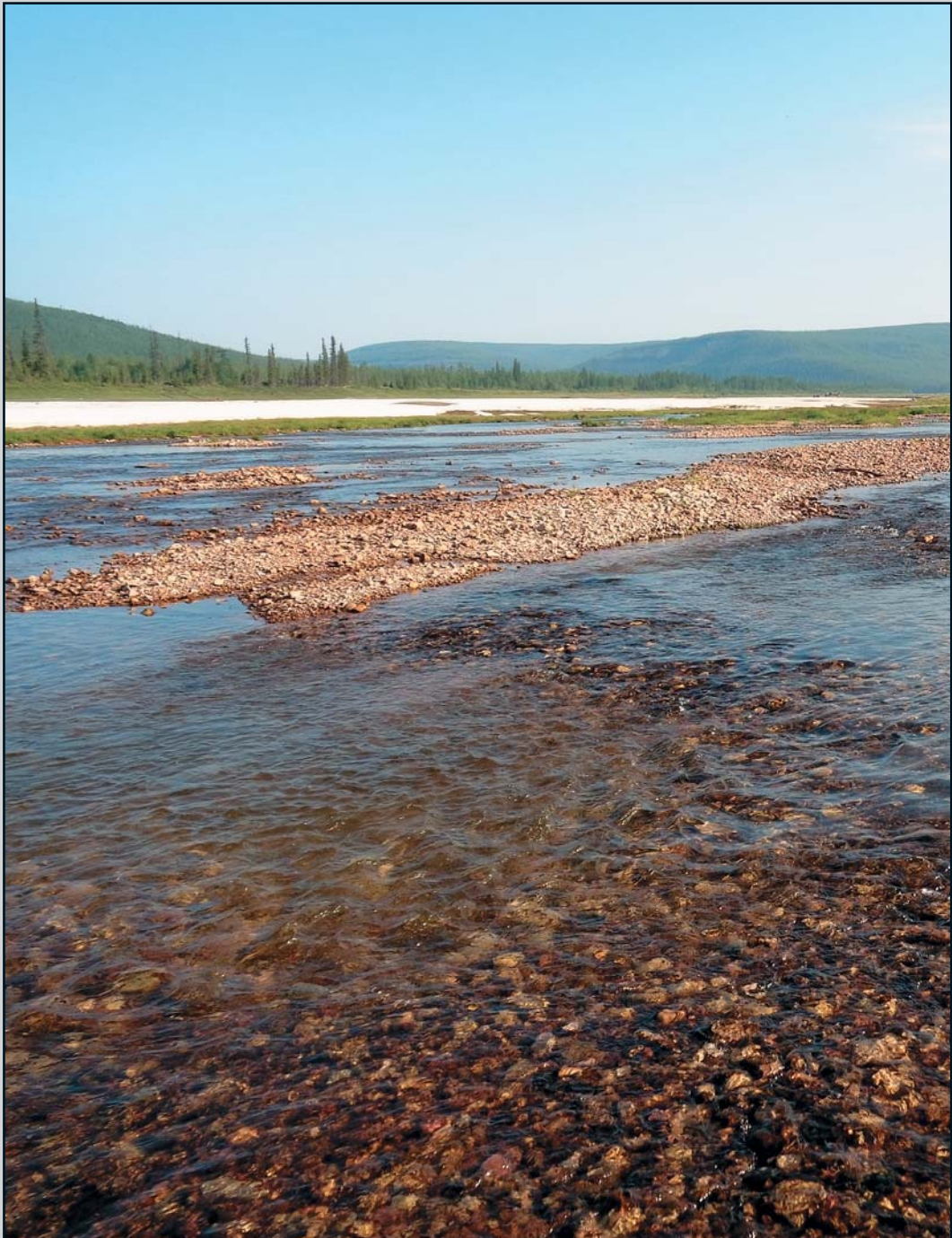


ISSN 0032-874X

# ПРИРОДА

9 16



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

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

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

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Русло реки Селиндэ.  
См. в номере: **Махинов А.Н.** *В долине замороженной реки Селиндэ.*

Фото автора

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Выставка «Приготовиться к погружению!»  
в Государственном Дарвиновском музее.  
См. в номере: **Сидорова Е.В.**, **Ушакова М.Г.** *Эхо океана в московском музее.*

Фото из архива Дарвиновского музея



«Наука»

© Российская академия наук, журнал «Природа», 2016  
ФГУП «Издательство «Наука», 2016  
© Составление. Редколлегия журнала «Природа», 2016

**В НОМЕРЕ:****3** **Базилевский А.Т., Маркевич В.Е.****Вулканизм планеты Венера: прошлое и настоящее**

В течение последнего примерно одного миллиарда лет вулканические процессы на Венере играли важную роль, а судя по появляющимся и исчезающим горячим пятнам, которые были обнаружены космическим аппаратом «Венера-Экспресс», на этой планете существует и современная вулканическая активность.

**14** **Голубовский М.Д.****Женские тетрады в династии Романовых**

Обычно в многодетных семьях рождение мальчиков и девочек перемежается случайным образом. Появление подряд четырех или более детей одного пола (это называется тетрадой), возникающее повторно в ряду поколений одной родословной, указывает на роль наследственности и заслуживает детального анализа. Именно такая репродуктивная особенность наблюдалась в родословной Романовых.

**24** **Ковальчук М.В.****Арктический вектор энергетики России**

Освоение Арктической зоны РФ — комплексная задача, предусматривающая в том числе обеспечение регулярного судоходства по трассам Северного морского пути, что невозможно без атомного ледокольного флота. Его развитие — стратегический приоритет для нашей страны. Кроме того, как динамично развивающийся регион, Арктика требует разработки системы надежного энергоснабжения.

**32** **Махинов А.Н.****В долине замороженной реки Селиндэ**

На севере Хабаровского края, на плато Мар-Кюель берет начало удивительная река Селиндэ. Она рождается сразу крупной, не замерзает даже в самые сильные морозы и всегда остается полноводной. Зимой в долине Селиндэ образуется гигантская наледь, поражающая воображение всякого, кто ее наблюдал.

**42** **Обухова Н.Ю.****Городские голуби: полиморфизм и стратегии выживания**

Городские сизые голуби встречаются самой разнообразной окраски. Такой полиморфизм возник на основе вторичного одичания домашних птиц и приспособления к жизни в антропогенной среде. Механизмы поддержания полиморфизма окраски зависят от времени возникновения популяции, генофонда птиц и внутривидовой структуры колоний.

**51** **Панов Е.Н.****Зарождение творчества: знаки на камне**

Как проходила эволюция изобразительного искусства в палеолите? Этот вопрос, пожалуй, один из самых сложных для археологов, пытающихся оценить возраст древних шедевров (высеченных из камня скульптур, наскальных рисунков и т.д.) и выстроить последовательность смены изобразительных стилей.

**Научные сообщения****64** **Расцветаева Р.К., Аксенов С.М.****Илюхинит — новый член семейства фамильных минералов ИК РАН****Заметки и наблюдения****68** **Трофимова Е.В.****Меловой карст: особенности современного спелеогенеза****Наука и общество****71** **Сидорова Е.В., Ушакова М.Г.****Эхо океана в московском музее****Времена и люди****74** **Письмо А.И. Лейпунского Л.Д. Ландау****Шифман М.А.****Из истории письма (74)****Горелик Г.Е.****Письмо из Кембриджа в Харьков**  
**Лев Ландау и Александр Лейпунский (77)****84****Новости науки**

Эксперимент «Конус-Винд»: новые данные о гамма-всплесках. **Аптекарь Р.Л.** (84). Магнитозлектрический эффект в феррите висмута и его возможности (85). Фрагменты древних океанических островов в горах Тянь-Шаня. **Сафонова И.Ю.** (86). Почему карельская береза не растет на плодородных землях? **Новицкая Л.Л., Галибина Н.А., Никерова К.М.** (87). Новые данные о птерозаврах Поволжья. **Архангельский М.С.** (89).

**Рецензии****90** **Пономарев А.В., Степанова С.И.****Внешние воздействия и наше здоровье**

(на кн.: В.А. Черешнев, А.Г. Гамбурцев, А.В. Сигачев, Л.Ф. Верхотурова, Е.В. Горбаренко, Н.Г. Гамбурцева. Внешние воздействия — стрессы — заболеваемость)

**95****Новые книги****96****Объявления**

## CONTENTS:

### 3 **Basilevsky A.T., Markiewicz W.J.** **Volcanism on Venus: Past and Present**

*During roughly the last billion years volcanism on Venus played a critical role, and transient hot spots which were detected by «Venus Express» spacecraft has hinted at modern-day volcanism.*

### 14 **Golubovsky M.D.** **Female Tetrads in the Romanov Dynasty**

*Births of baby boys and girls in large families are usually distributed in a random manner. Consecutive births of four or more babies of one sex (it is called «tetrad») arising repeatedly in a series of generations within one family tree highlight the role of genetic heredity and deserve in-depth analysis. This reproductive deviation was observed in the Romanov dynasty.*

### 24 **Kovalchuk M.V.** **Arctic Vector of Russian Energetics**

*Exploration of Arctic Zone of the Russian Federation is a complex task involving the provision of regular shipping along the Northern Sea Route as well, which is impossible in the absence of atomic icebreaking fleet. Its development is a strategic priority for our country. Furthermore, the Arctic as dynamically developing region requires the designing of reliable power supply system.*

### 32 **Makhinov A.N.** **In the Valley of Frozen Selinde River**

*Extraordinary river Selinde rises from the Mar-Kuel plateau in the northern Khabarovsk Territory. It arises large at once, does not freeze down even in severe cold weather and always stays full-flowing. In winter in Selinde valley a huge mind-blowing icing mound forms.*

### 42 **Obukhova N.Yu.** **Synanthropic Pigeons: Polymorphism and Survival Strategies**

*Synanthropic blue rock pigeons are polymorphic in plumage color. This polymorphism emerged on the basis of secondary rewildening of domestic pigeons and adaptation to anthropogenic environment. Mechanisms of this polymorphism maintenance depend on origin time of the population, genetic material and intra-population colony structure.*

### 51 **Panov E.N.** **The Birth of Art: Signs in Stone**

*How did the evolution of Paleolithic art occur? This is arguably one of the most difficult questions for archaeologists trying to assess the age of ancient masterpieces (sculptures carved in stone, wall paintings, etc.) and to develop chronological sequence of changes in decorative style.*

#### Scientific Communications

### 64 **Rastsvetaeva R.K., Aksenov S.M.** **Ilyukhinite – New Member in the Family of IC RAS Minerals**

#### Notes and Observations

### 68 **Trofimova E.V.** **Chalk Karst: Specificity of Modern Speleogenesis**

#### Science and Society

### 71 **Sidorova E.V., Ushakova M.G.** **Ocean Echo in Moscow Museum**

#### Times and People

### 74 **LETTER FROM A.I.LEIPUNSKII TO L.D.LANDAU** **Shifman M.A.** **About History of the Letter (74)**

### **Gorelik G.E.** **Letter from Cambridge to Kharkov** **Lev Landau and Aleksandr Leipunskii (77)**

### 84 **Science News**

«Konus-Wind» Experiment: New Data about Gamma Ray Bursts. **Aptekar R.L.** (84). Magnetolectric Effect in Bismuth Ferrite and Its Potentials (85). Fragments of Ancient Oceanic Islands in the Tien Shan Mountains. **Safonova I.Yu.** (86). Why Does the Karelian Birch Fail to Grow on Fertile Soils? **Novitskaya L.L., Galibina N.A., Nikerova K.M.** (87). New Data about Pterosaurs from the Volga Region. **Arkhangelsky M.S.** (89).

#### Book Reviews

### 90 **Ponomarev A.V., Stepanova S.I.** **External Influence and Our Health** (V.A.Chereshnev, A.G.Gamburtsev, A.V.Sigachev, L.F.Verhoturova, E.V.Gorbarenko, N.G.Gamburtseva. External Influence – Stress – Morbidity)

### 95 **New Books**

### 96 **Advertisements**

# Вулканизм планеты Венера: прошлое и настоящее

А.Т.Базилевский, В.Е.Маркевич

Данная статья представляет собой краткий обзор того, что мы знаем о вулканизме Венеры — ближайшей к Земле по положению в Солнечной системе планеты. Полуось ее орбиты вокруг Солнца (а она очень близка к круговой) составляет 0.72 астрономической единицы (которая равна среднему расстоянию от Земли до Солнца,  $\approx 150$  млн км). Венера близка к Земле и по таким важным характеристикам, как радиус — 6051 км (0.95 радиуса нашей планеты), масса —  $4.868 \cdot 10^{24}$  кг (0.81 земной массы), ускорение силы тяжести —  $8.87$  м/с<sup>2</sup> (0.907g), средняя плотность —  $5.2$  г/см<sup>3</sup> (0.94 плотности Земли) [1]. Схожесть плотностей предполагает и сходство валового химического состава обеих планет.

У Венеры есть атмосфера с видимым в хорошие телескопы облачным покровом. Ее существование открыл еще М.В.Ломоносов при наблюдении прохождения этой планеты по диску Солнца [2]. Считалось, что условия на поверхности Венеры близки к земным (рис.1). В частности, это отразилось в некоторых научно-фантастических публикациях середины XX в.\*

Однако космические полеты к Венере показали, что условия на ее поверхности разительно отличаются от земных: средняя

\* См., например: Стругацкий А., Стругацкий Б. Страна Багровых Туч. М., 1959.



**Александр Тихонович Базилевский**, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий лабораторией сравнительной планетологии Института геохимии и аналитической химии имени В.И.Вернадского РАН. Специалист в области геологии планетных и малых тел Солнечной системы. Лауреат Государственной премии СССР и премии Фонда Александра фон Гумбольдта (Германия).



**Войцех Ежи Маркевич (Wojciech Jerzy Markiewicz)**, доктор физических наук, сотрудник Института исследования Солнечной системы Общества имени Макса Планка (Германия). Область научных интересов — исследования комет, полярных районов Марса и планетных атмосфер. Участник многих космических миссий, научный руководитель эксперимента ТВ-камеры VMC на космическом аппарате «Венера-Экспресс».

**Ключевые слова:** Венера, вулканизм, вулкан, равнины, рифт.  
**Key words:** Venus, volcanism, volcano, plains, rift.

температура  $\approx 470^\circ\text{C}$ , а давление существенно углекислой и очень сухой атмосферы — 95 бар [3, 4]. Такое сочетание похожести и непохожести на Землю делает Венеру интересным объектом сравнительного планетологического анализа, что выразилось в реализации 23 успешных миссий к этой планете [5]. Рассматриваются и новые миссии, в том числе российская «Венера-Д», в рамках которой планируются определения химического состава поверхности, атмосферы и аэрозоля облаков\*\*.

О том, что на Венере по крайней мере когда-то должен был быть вулканизм, говорит упомянутая близость ее и Земли по размерам и химическому составу. Вулканические процессы служат средством

\*\* Материалы по долговременной станции на поверхности Венеры, 2009 ([http://spectrum.iki.rssi.ru/pfs/VEX/News/news\\_vex.htm](http://spectrum.iki.rssi.ru/pfs/VEX/News/news_vex.htm)).

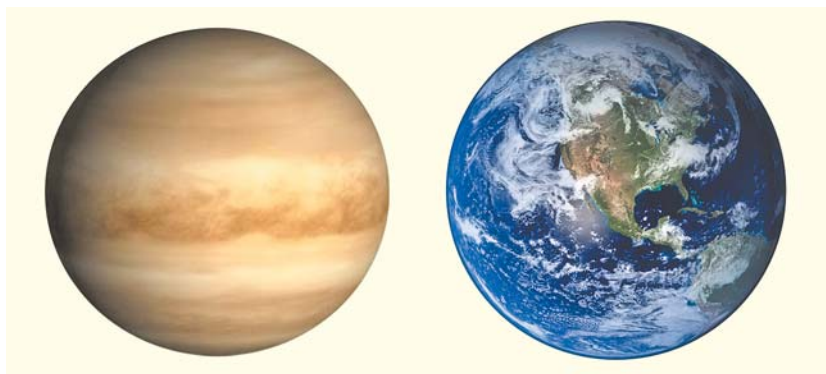


Рис.1. Венера (слева) и Земля, вид из космоса. Атмосфера Земли в тех местах, где нет сплошного облачного покрова, позволяет видеть детали поверхности. У Венеры сплошной облачный покров, и поверхность в оптическом диапазоне не видна. Диффузная полосчатость на снимке — детали облачного покрова.

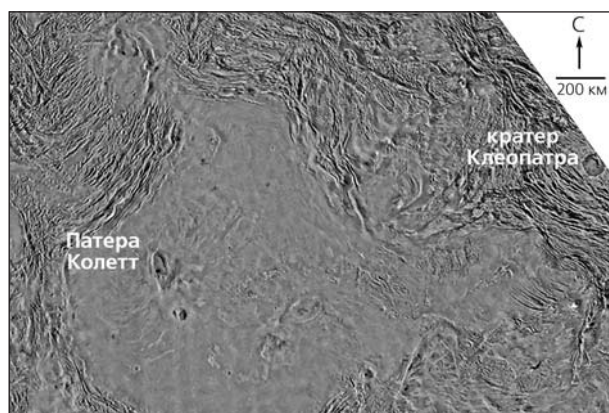


Рис.2. Вулканическое плато Лакшми (69°с.ш., 339°в.д.), окруженное складчатыми горами. Патера Колетт — овальная в плане вулканическая структура с радиальной системой лавовых потоков. Кратер Клеопатра — ударный, с типичной для кратеров этого размера двухкольцевой внутренней структурой. Монтаж изображений, полученных радаром бокового обзора КА «Венера-15 и -16».

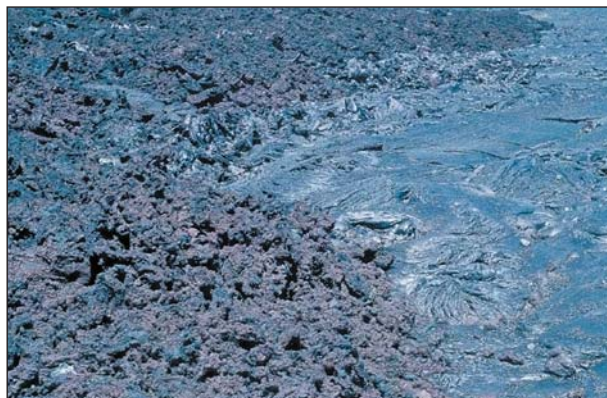


Рис.3. Гавайская вулканическая лава. Слева — сильно шероховатая поверхность лавы типа аа, справа — более гладкая типа пахоэхоэ. Снимок Геологической службы США.

избавления планеты от излишков тепла. А оно на ранних стадиях геологической истории планетных тел обеспечивалось энергией соударений при аккреции планеты из допланетного вещества, и чем больше растущее тело, тем сильнее оно бьет себя вновь поступающими порциями допланетного вещества и тем больше на планете запасается тепла. Вот почему важно, что Венера по размерам близка к Земле. На более поздних этапах тепло для вулканизма обеспечивает энергия распада радиоактивных калия, тория и урана. Вот почему важно, что по валовому химическому составу Венера близка к Земле. Этот вывод получил прямое подтверждение, когда советские космические аппараты (КА) «Венера-15 и -16» в 1983–1984 гг. передали радарные изображения поверхности нашей космической соседки (атмосфера и облака Венеры прозрачны для радиоволн), на которых видны типичные вулканические формы (рис.2).

Венера близка к Земле. Этот вывод получил прямое подтверждение, когда советские космические аппараты (КА) «Венера-15 и -16» в 1983–1984 гг. передали радарные изображения поверхности нашей космической соседки (атмосфера и облака Венеры прозрачны для радиоволн), на которых видны типичные вулканические формы (рис.2).

### Венерианские вулканические образования

Наиболее распространенный тип вулканических образований на Венере — различные вулканические равнины. Кстати, значительные области дна земных океанов — также вулканические (лавовые) равнины, в различной степени перекрытые океаническими осадками. Судя по результатам глобального геологического картирования Венеры, которое выполнили М.А.Иванов и Дж.У.Хэд по данным анализа изображений, полученных радаром КА «Магеллан» в 1990–1994 гг. в режиме бокового обзора, вулканические равнины занимают около 70% поверхности планеты [6]. Гораздо меньшую долю поверхности (несколько процентов) занимают вулканические постройки. Ниже мы будем говорить о более радиоярких и менее радиоярких вулканических образованиях. Яркость поверхности на изображениях, полученных радаром, при прочих равных условиях сильно зависит от степени шероховатости поверхности в масштабе длины используемых радиоволн (в данном случае 12.6 см). Более шероховатые поверхности лучше отражают назад приходящие сбоку радиоволны (а это радар бокового обзора) и потому выглядят более яркими, чем относительно гладкие поверхности, которые скорее похожи на зеркало и отражают приходящие сбоку радиоволны вперед, туда где они не регистрируются. На рис.3 показаны две типичные разновидности поверхности базальтовых лав — аа и пахоэхоэ (термины взяты из гавайского языка).

**Вулканические равнины.** Иванов и Хэд [6] выделяют на Венере несколько типов вулканических равнин, из которых мы охарактеризуем три наиболее распространенных: лопастные, региональные с извилистыми грядами и щитовые.

*Лопастные равнины* называются так потому, что состоят из переналожённых друг на друга «лопастей» лавовых потоков, которые достигают в ширину десятков, а в длину — сотен километров (рис.4). Большая протяженность потоков свидетельствует о значительном расходе лавы в каждом эпизоде извержения и о сравнительно низкой ее вязкости. Последнее косвенно указывает на их базальтовый состав.

Лопастные равнины занимают около 8% поверхности Венеры [6]. Они тяготеют к молодым рифтовым зонам и, как правило, не нарушены тектоническими структурами, а если и нарушены, то разломами рифтовых зон, с которыми эти лавы ассоциируют. Повышенная радиояркость потоков указывает на относительно высокую шероховатость (в дециметровом диапазоне размеров) их поверхности.

*Региональные равнины с извилистыми грядами* — наиболее распространенный тип венерианских лавовых равнин, в которых выделяются нижнее (более древнее) и верхнее подразделения (рис.5). Поверхность нижнего характеризуется умеренной радиояркостью, а поверхность верхнего — повышенной. Радиояркие поверхности верхнего подразделения часто имеют поточковидную в плане форму. Оба подразделения деформированы сетью извилистых тектонических гряд, очевидно, образованных в обстановке умеренного сжатия. Деформированность извилистыми грядами отличает верхнее подразделение региональных равнин от описанных выше лопастных, образованных после глобального эпизода умеренного тектонического сжатия, в результате которого и возникла сеть гряд.

Нижнее подразделение занимает около 30% поверхности Венеры, а верхнее — около 9% [6]. Региональные равнины характе-

ризуются малыми уклонами поверхности. Для верхнего подразделения типично сочетание малых уклонов поверхности с большой протяженностью лавовых потоков, что указывает на значительный расход лавы и сравнительно низкую вязкость, а это согласуется с базальтовым составом лав. В пределах региональных равнин совершили по-

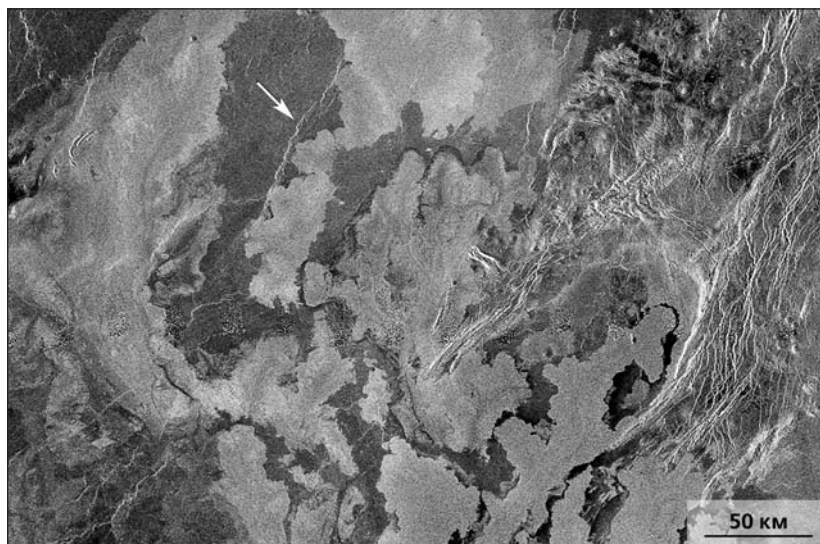


Рис.4. Лопастная равнина потока Милитты (353.0°в.д., 51.2°ю.ш.). В левой и средней частях изображения видно, что радиояркие лавовые потоки наложены на менее яркую поверхность более древней равнины с извилистыми грядами (стрелка указывает на гряд). В правой части изображения видны также относительно древние тектонические гряды и небольшие вулканические купола. Изображение получено радаром КА «Магеллан» (НАСА).

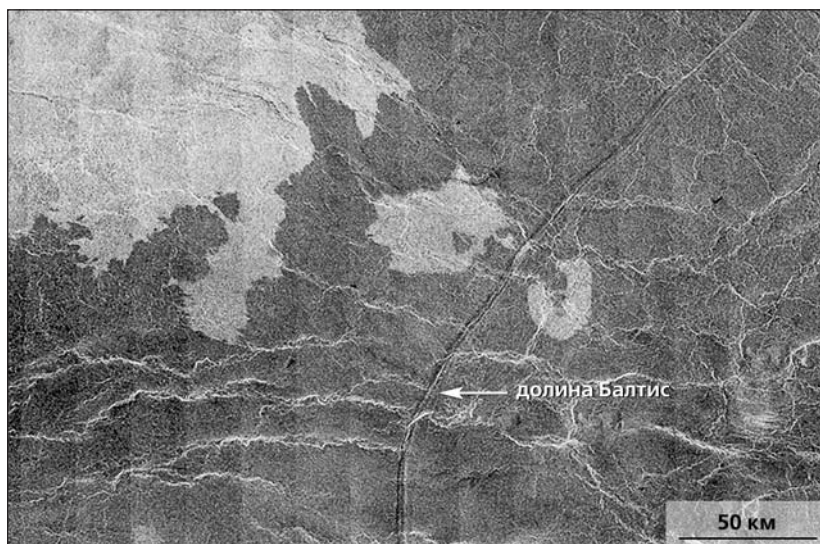


Рис.5. Региональные равнины с извилистыми грядами. Часть равнины Велламо (47°с.ш., 160°в.д.). Радиояркие участки в левой верхней части изображения представляют верхнее подразделение комплекса, а поверхность с умеренной радиояркостью в остальной части изображения — нижнее. Стрелка указывает на долину Балтис. Изображение получено радаром КА «Магеллан».



Рис.6. Содовая лава в Ол-Доиньо-Ленгаи (Танзания) 24 июля 2001 г. Толщина на фронте потока 5 см.

www.swisseduc.ch

садку КА «Венера-9, -10, -13», «Вега-1 и -2», которые с помощью гамма-спектрометрического и рентгено-флуоресцентного анализов определили близкий к базальтам состав материала поверхности [7].

На рис.5 видна необычная структура — долина Балтис. Это врезанный в нижнее подразделение региональных равнин сравнительно узкий (2 км), слегка извилистый желоб глубиной около 50 м. Удивляет его общая длина, достигающая почти 7 тыс. км. Недалеко от северного конца желоба находится образование, напоминающее пологосклонный вулкан поперечником около 150 км [8]. Возможно, это источник жидкости (лавы?), которая прорезала желоб. Но характерная для большинства вулканических образований Венеры базальтовая ла-

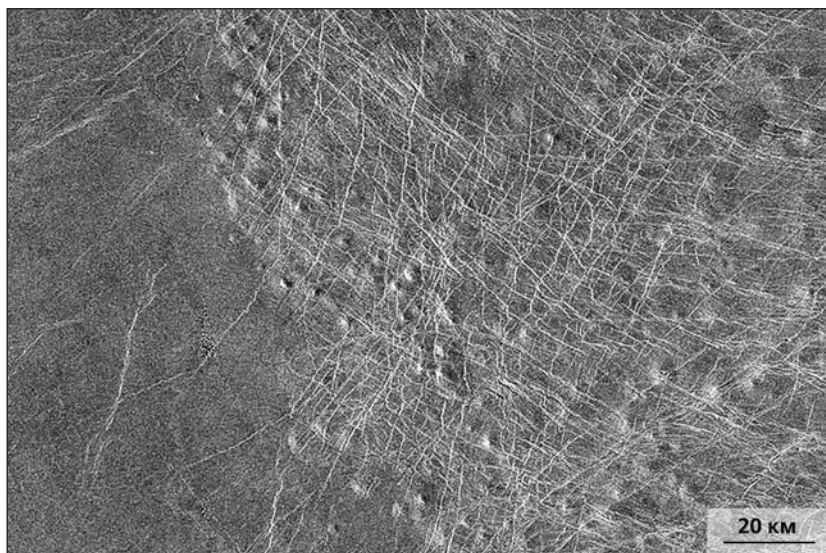


Рис.7. Щитовые равнины (в центре и в правой части изображения) и региональные равнины с извилистыми грядами (в левой). В пределах щитовых много трещин, которые не заходят в региональные, что указывает на относительную молодость последних. Участок равнины Айно (51° ю.ш., 75° в.д.). Изображение получено радаром КА «Магеллан».

ва обладает температурой 1000–1200°C. На таком долгом пути в контакте с атмосферой, плотность которой около поверхности составляет 67 кг/м<sup>3</sup>, а температура — около 500°C, лава должна быстро остывать и затвердевать, а не прорезать такое «правильное» русло. Возможно, здесь происходил процесс, аналогичный содовому вулканизму Ол-Доиньо-Ленгаи на севере Танзании, где температура «лавы» составляет всего 500–600°C [9], и поэтому расплавленный поток выглядит черным или темно-коричневым, а не огненно-красным, как большинство лав (рис.6). Может быть, долина Балтис была прорезана лавой экзотического состава с температурой плавления более низкой, чем температура поверхности и приповерхностной атмосферы. Но это не более чем предположение.

*Щитовые равнины* называются так потому, что в них много сравнительно небольших (1–5 км в диаметре) вулканов щитообразной формы (рис.7). Их склоны пологие, что указывает на низкую вязкость лавы, а это опять предполагает базальтовый состав. КА «Венера-8», совершивший посадку в пределах участка щитовых равнин, гамма-спектрометрическим методом определил содержания калия, урана и тория в материале поверхности в концентрациях, несколько превышающих типичные для базальтов. Возможно, данные измерения характеризуют не материал щитовых равнин, а нередко ассоциирующие с ними так называемые крутосклонные купола, для которых предполагается небазальтовый состав.

Щитовые равнины занимают около 17% поверхности Венеры. Для них характерна умеренная радиояркость поверхности, что предполагает ее относительную (в дециметровом диапазоне размеров) гладкость [6]. Небольшие расстояния между соседними вулканами и их сравнительно малые размеры, возможно, указывают на то, что их источники находились близко к поверхности и каждый из них был сравнительно маломощным. Возрастные соотношения между щитовыми (более древними) и региональными равнинами выдерживаются и в других районах планеты (рис.7). Однако в некоторых местах наблюдаются скопления небольших щитовых вулканов, более молодых, чем региональные равнины.

**Вулканические постройки.** На Венере известны их два главных типа: пологосклонные щитовые вулканы и крутосклонные купола.

*Пологосклонные щитовые вулканы* широко распространены



ны на поверхности планеты. Среди них выделяются крупные (167 построек) — диаметром  $>100$  км, промежуточного размера (их около 1000) — диаметром от 20 до 100 км, а также множество малых — диаметром менее 20 км [10]. Вулкан Маат (рис.8) — один из самых крупных (диаметром  $\sim 400$  км) и самый высокий ( $\sim 9$  км над средним уровнем поверхности) на Венере.

Вулкан Маат, как и большинство венерианских вулканов, очень пологосклонный. Нередко в популярной литературе его показывают с сильным преувеличением по вертикальной оси (рис.9). Земными аналогами Маата могут служить гавайские вулканы Мауна-Кеа и Мауна-Лоа (рис.10). Пологосклонность гавайских вулканов (и их венерианских аналогов) связана с низкой вязкостью лавы, что согла-

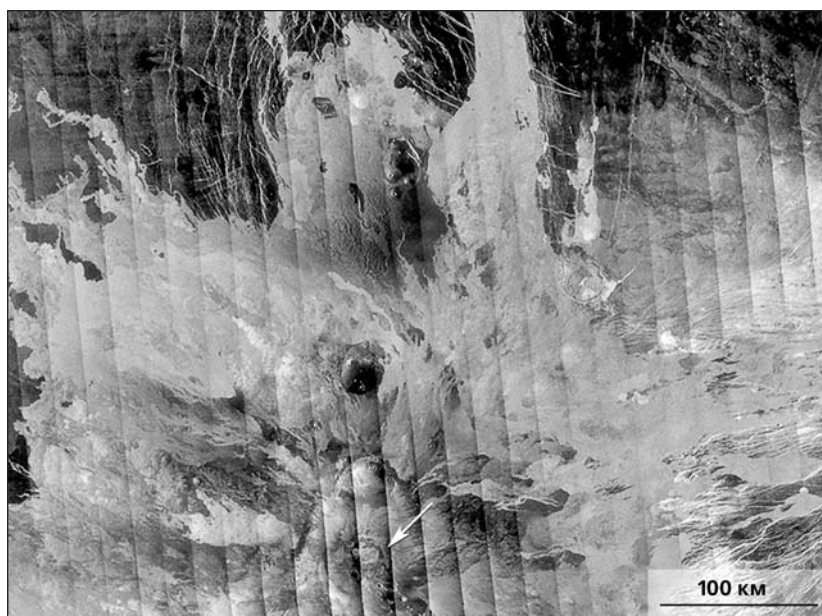


Рис.8. Северная часть вулкана Маат. Стрелка указывает на вершину вулканического сооружения. Видны многочисленные радиояркие лавовые потоки. Вертикальные полосы — результат недостаточно хорошего монтажа изображения, полученного радаром КА «Магеллан».

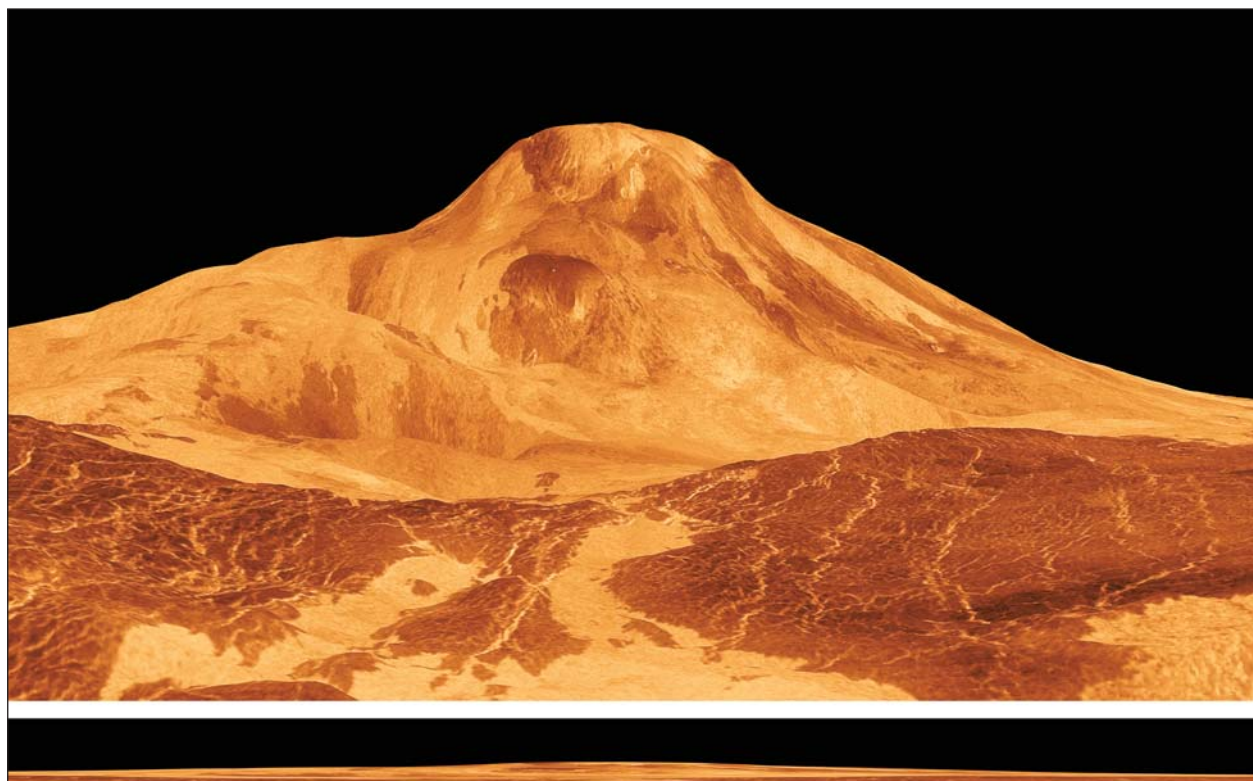


Рис.9. Перспективное изображение вулкана Маат (вид с севера на юг). Вверху — изображение вулкана, у которого вертикальный масштаб увеличен в 22.5 раза (wikipedia.org). Полоска внизу — то же изображение с «правильным» соотношением вертикального и горизонтального масштабов. Оранжевый цвет поверхности — условный, и выбран он потому, что коротковолновая часть солнечного света сильно поглощается в атмосфере планеты и до поверхности доходит оранжевый свет. И еще одна условность: днем небо на Венере не черное, а ярко-оранжевое.



Рис.10. Гавайский вулкан Мауна-Лоа.

imgkid.com

суется с ее базальтовым составом. КА «Венера-14» совершил посадку вблизи вулканической структуры патеры Панина (в определенной степени родственной щитовым вулканам) и определил базальтовый состав материала поверхности. Впрочем, наблюдаемый здесь на ТВ-панорамах тонкослойный материал поверхности может быть не местным, а привнесенным ветром издалека [11].

Пологосклонные щитовые вулканы в большинстве своем не деформированы извилистыми грядами, что говорит об их образовании после региональных равнин — в то же время, когда формировались лопастные равнины. Но некоторые вулканы такого типа извилистыми грядами деформированы и, очевидно, одновозрастны с региональными равнинами.

*Крутосклонные вулканические купола* встречаются на Венере не очень часто. Их всего около 150.

Они имеют в плане округлую форму, уплощенную вершинную часть и относительно крутые склоны (рис.11). В целом они напоминают лепешки, и одно из их неофициальных названий — *pancakes*. Диаметры таких куполов варьируют от 10 до 70 км, но в большинстве своем находятся в промежутке от 20 до 30 км.

Крутосклонность куполов указывает на высокую вязкость образовавшей их лавы, а это, как правило, типично для земных небазальтовых составов: андезитов, дацитов, риолитов. Купол Новарупта на Аляске внешне похож на купола Венеры, хотя существенно меньше их (рис.12). Возможный небазальтовый состав подобных куполов Венеры согласуется с измерениями излучательной способности поверхности купола на вершине крупного щитового вулкана Туулики (10.3°с.ш., 274.7°в.д.) на длине волны около 1 мкм [12]. Впрочем,

обсуждаются и другие возможные причины повышенной вязкости лавы, сформировавшей крутосклонные купола. Например, ее насыщенность газовыми пузырьками, чему может способствовать высокое давление атмосферы у поверхности Венеры [13]. Как упоминалось, крутосклонные купола нередко ассоциируются с щитовыми равнинами; по-видимому, они образовались примерно в то же время.

Анализ возрастных соотношений между вулканическими образованиями различных типов и другими геологическими подразделениями Венеры позволил выявить характер эволю-

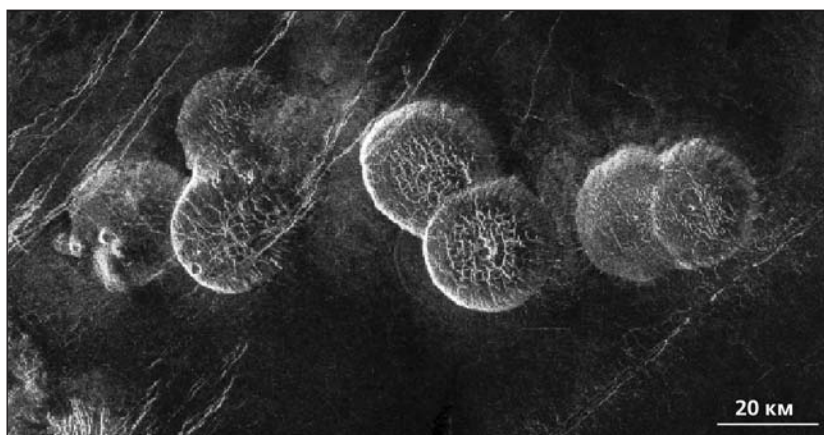


Рис.11. Крутосклонные купола к востоку от области Альфа (30°ю.ш., 14°в.д.). Изображение получено радаром КА «Магеллан».

ции вулканизма в течение последнего миллиарда лет ее геологической истории. Вещественные комплексы, соответствующие более ранним этапам истории планеты, либо перекрыты лавами, либо очень сильно нарушены тектоническими деформациями, и определить их первичную природу с помощью дистанционного зондирования практически невозможно. Эволюцию вулканизма Венеры в течение последнего примерно одного миллиарда лет можно проследить не только качественно (щитовые равнины + крутосклонные купола → региональные равнины + некоторые щитовые вулканы → лопастные равнины + большинство пологосклонных щитовых вулканов), но и внести в нее элемент абсолютного времени. Делается это с помощью подсчетов количества ударных кратеров, наложенных на те или иные геологические подразделения.

Мы примерно знаем темп образования ударных кратеров в разных областях Солнечной системы. Соответственно, количество таких кратеров на единице площади поверхности есть мера времени. Таким образом, было установлено, что формирование щитовых и региональных равнин и ассоциирующихся с ними вулканических построек происходило в течение первых 20% времени, а в течение остальных 80% шло образование лопастных равнин и большинства щитовых вулканов [14]. Вспомним, что вулканические постройки, сформировавшиеся в первые 20% этого времени, занимают около 55% поверхности планеты, а сформировавшиеся в последующие 80% — около 10%. Теперь становится ясно, что интенсивность вулканизма на Венере в рассматриваемый период сильно уменьшилась. А может быть, вулканическая активность на этой планете и вовсе прекратилась?

### Поиски современной вулканической активности

Как мы уже говорили, Венера почти такая же по массе, размерам и валовому химическому составу, как и Земля, и потому логично ожидать, что современная вулканическая активность на Венере есть. Но это ожидания, а нужны надежные подтверждения — либо она есть, либо ее нет. Последнее означало бы, что мы плохо понимаем тепловую историю планетных тел земного типа.

Указания на возможную современную активность на Венере появились в период наблюдений с 1978 по 1986 г. с американского искусственного



Рис.12. Риолитовый купол Новарупта на Аляске диаметром 360 м и высотой 90 м. [science.nasa.gov/science-news](http://science.nasa.gov/science-news)

спутника «Пионер-Венера». Л.Эспозито с коллегами показали, что за это время содержание  $\text{SO}_2$  в атмосфере над облачным слоем уменьшилось в 10 раз [15]. Исследователи предположили, что в какое-то время перед началом наблюдений случилось мощное вулканическое извержение, при котором произошел массивный выброс  $\text{SO}_2$  в атмосферу, а затем его избыток в результате фотохимических реакций постепенно уничтожился. Такую возможность исключить нельзя, но появились работы, объясняющие сильные вариации содержания  $\text{SO}_2$  в надоблачной атмосфере чисто «метеорологическими» факторами [16].

Другое указание на возможность современного вулканизма на Венере пришло из анализа результатов радиометрических наблюдений КА «Магеллан», выполненных в 1990–1994 гг. Было показано, что в одном из районов равнины Берегини наблюдался избыток радиоизлучения с поверхности, предполагающий повышенную (на десятки градусов) температуру на глубине нескольких метров [17]. Правда, наблюдаемый эффект мог быть связан с неадекватной калибровкой данных [17]. Таким образом, надежного решения вопроса не было.

Однако в 2010 г. в престижнейшем естественнонаучном журнале «Science» появилась статья, в которой анализировались результаты измерений излучательной способности поверхности Венеры в ИК-диапазоне прибором VIRTIS, установленном на КА «Венера-Экспресс» [18]. Оказалось, лавовые поля, окружающие четыре вулкана (Идунн, Миликки, Хатор и Иннин), обладают повышенной излучательной способностью, что логично интерпретировать как указание на невыветрелость лав, а значит — на их молодой возраст. Затем, измерив площади этих полей и допустив некие разумные значения толщины лавовых покровов, авторы обсуждаемой работы получили

оценки их объемов, а разделив эти оценки на предполагаемые темпы вулканизма (объемы лав, излившихся в единицу времени), они получили значения от 2.5 млн до 25 тыс. лет (что есть геологическое сегодня), которые и сочли за возраст лав. Здесь, однако, была допущена грубая ошибка, и рецензенты статьи ее не заметили. Дело в том, что деление объема на темп его накопления дает не возраст, а длительность накопления. И на вопрос, когда же происходило данное извержение, ответа опять нет.

Но, по-видимому, решение вопроса в пользу наличия современной вулканической активности все-таки состоялось, о чем свидетельствует публикация в 2015 г. статьи в журнале «Geophysical research letters» [19]. Это работа международного коллектива, опирающаяся на анализ результатов измерений излучательной способности поверхности камерой VMC, установленной на КА «Венера-Экспресс» [20]. Один из каналов камеры видел поверхность Венеры в так называемом окне прозрачности: излучение с длиной волны около 1 мкм

проходит через атмосферу и облачный слой почти без поглощения. При съемке ночью солнечный свет не мешает регистрации такого излучения. В итоге получается изображение, на котором яркость различных элементов поверхности пропорциональна их температуре и излучательной способности. Температура поверхности Венеры — известная функция высоты поверхности, распределение которой мы знаем по результатам радиовысотомера КА «Магеллан». Если из полученного камерой VMC изображения вычтеть модельное (определяемое высотой) распределение температуры поверхности, то получается «остаточное» распределение температуры, которое определяется другими факторами, в частности подогревом вулканическим теплом.

При анализе результатов измерений камерой VMC в одной из рифтовых зон Венеры (каньон Ганис, 18°с.ш., 189°в.д.) были обнаружены появляющиеся и через некоторое время исчезающие «горячие» пятна, которые, очевидно, вызваны извержениями вулканической лавы (рис.13, 14).

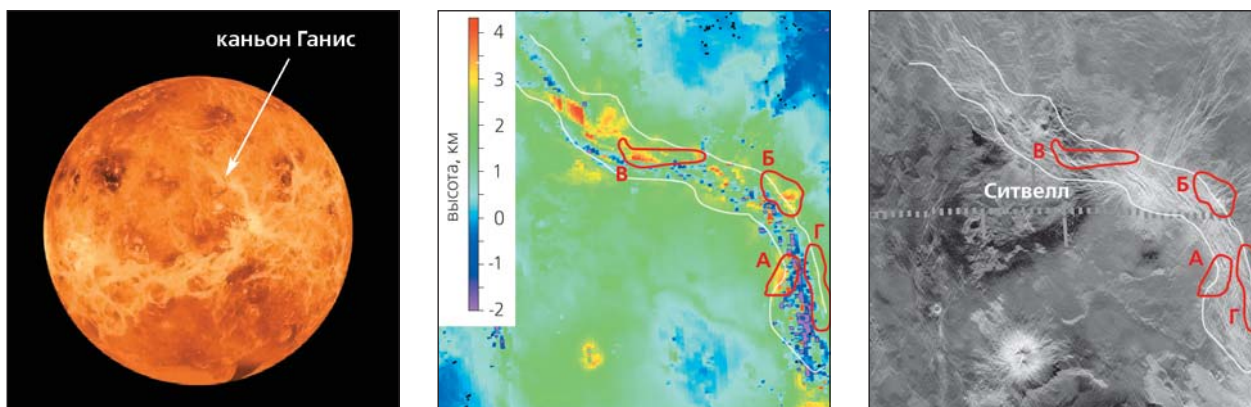


Рис.13. Четыре участка поверхности Венеры (объекты А–Г) в пределах каньона Ганис, для которых было найдено появление «горячих» пятен и их последующее исчезновение (см. рис.14). Слева направо: радарное изображение соответствующего полушария Венеры с хорошо различимыми светлыми полосами рифтовых зон; карта высот района размером 2000×2000 км и изображение этого района, полученное радаром бокового обзора КА «Магеллан».

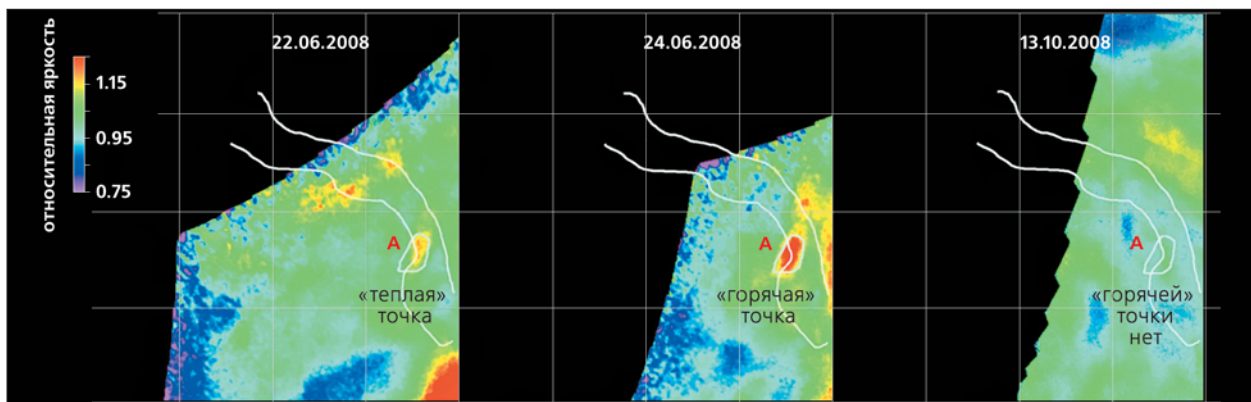


Рис.14. Три изображения объекта А, на которых видно, как с течением времени меняется яркость поверхности в его пределах. Координатная сетка на изображениях проведена через 5°×5°, что примерно соответствует 500×500 км.

Мы плохо понимаем размеры этих горячих точек, вероятно, представляющих собой лавовые потоки или озера. Дело в том, что при съемке с высот 2000–8000 км формальное разрешение получаемых VMS-камерой изображений составляет 1–5 км на элемент изображения. Но, хотя приходящее с поверхности излучение в атмосфере и облачном слое поглощается слабо, оно сильно рассеивается в облаках, и фактическое разрешение составляет 50–100 км. Для оценки температуры поверхности в горячих точках были проведены расчеты по выбору комбинаций температуры и размеров источника излучения, соответствующих найденным горячим точкам [19]. Оказалось, что если наиболее мощная горячая точка А имеет площадь около 10 км<sup>2</sup> (3×3 км), то наблюдаемое излучение требует температуры около 1200°С. Это соответствует полностью расплавленной базальтовой лаве. Если же площадь около 10 тыс. км<sup>2</sup> (100×100 км), то наблюдаемое излучение требует температуры ~1000°С, что указывает на частично закристаллизованную лаву.

Форма горячей точки в плане тоже может быть разной: изометричной, как лавовое озеро земного вулкана Ньирагонго (рис.15), или сильно вытянутой, как в случае извержения вулкана Толбачик на Камчатке (рис.16).



Рис.15. Лавовое озеро диаметром около 250 м в кальдере вулкана Ньирагонго (Демократическая Республика Конго). 21 августа 1994 г. Лава высокощелочная, состава мелилитового нефелинита.

Фото Дж.Локвуда, Геологическая служба США  
volcano.oregonstate.edu



Рис.16. Вулкан Толбачик (Камчатка). Апрель 2013 г. Лавовый поток базальтового состава шириной около 10 м.

Фото Е.Касперского (kasperskycontenthub.com)

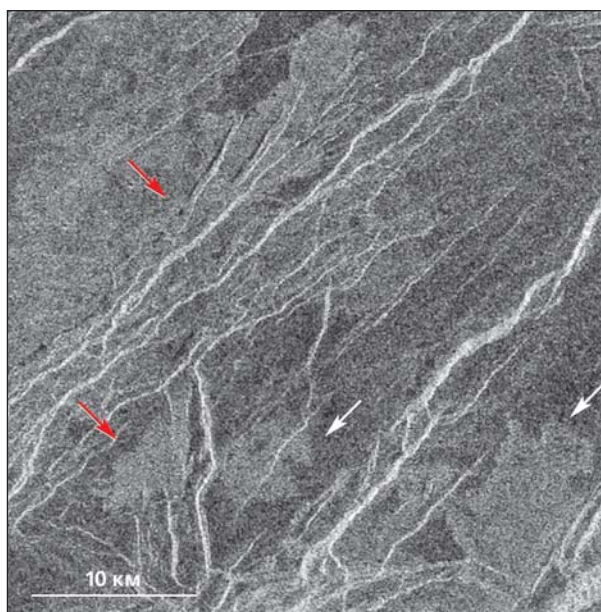
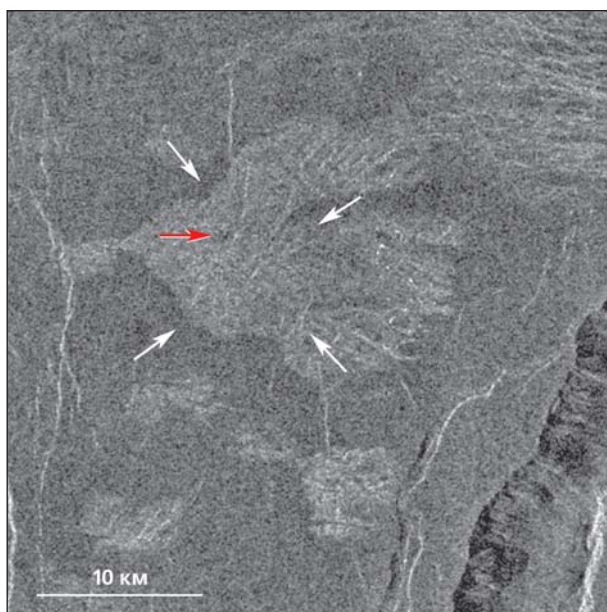


Рис.17. Лавовые потоки и тектонические разломы в рифтовой зоне Ганис. Слева — лавовый поток (показано белыми стрелками) с кратером (красная стрелка) в пределах объекта А; справа — относительно древние лавовые потоки (белые стрелки) секутся рифтовыми разломами, а более молодые потоки перекрывают разломы (красные стрелки) в пределах объекта Б. Изображение получено радаром КА «Магеллан».

На полученных радаром КА «Магеллан» изображениях молодые венерианские лавовые потоки в рифтовой зоне Ганис (рис.17) имеют в плане форму, близкую к изометричной, а их поперечник составляет несколько километров (и даже более). Следует отметить, что видимые на снимке потоки не могут быть источником описываемых горячих точек, так как активность последних была зарегистрирована в 2008–2009 гг., а миссия «Магеллан» завершилась в 1994 г.

\* \* \*

Итак, в течение последнего примерно одного миллиарда лет геологической истории Венеры (о котором у нас имеется довольно детальная фотогеологическая и отрывочная геохимическая информация) вулканические процессы играли важную роль. В первые 20% этого отрезка времени были образованы щитовые и региональные вулканические равнины и ассоциирующие с ними вулканические постройки (крутосклонные купола и некоторые пологосклонные щитовые вулканы), а в последующие 80% времени — лопастные равнины и большинство пологосклонных щитовых вулканов. За исключением крутосклонных куполов, остальные вулканические образования Венеры характеризуются базальтовым составом.

В течение упомянутых первых 20% времени средний глобальный темп вулканической активности на Венере был сравним с вулканизмом срединно-океанических хребтов Земли, а в течение последующих 80% снизился примерно на два порядка [14, 21]. Речь идет о темпах вулканизма, но никак

не о формах. Они на Венере и в срединно-океанических хребтах Земли совершенно разные.

Судя по появляющимся и исчезающим горячим пятнам, которые были обнаружены в рифтовой зоне каньона Ганис, на Венере есть современная вулканическая активность. А если это так, то, может быть, и упоминавшиеся выше изменения концентрации  $SO_2$  в надоблачном слое атмосферы Венеры, и «тепловое» радиоизлучение с глубины несколько метров в одном из районов равнины Берегини тоже вызваны вулканическими явлениями.

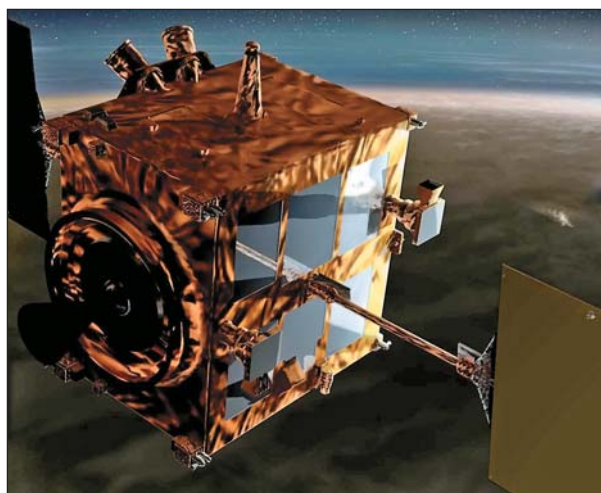


Рис.18. Японский КА «Акацуки» («Рассвет»).

spaceflightnow.com

В будущих исследованиях вулканизма Венеры необходимо получить более детальные радарные изображения вулканических образований. Сейчас максимальное разрешение изображений составляет 100–200 м, а для характеристики уже выделенных типов вулканических образований и поиска новых необходимо улучшить разрешение как минимум на порядок. Нужно провести достаточно точные прямые измерения элементного и фазового состава разных типов вулканических образований.

И конечно, необходимо продолжить поиск проявлений современной вулканической активности на Венере. Все перечисленные пожелания требуют новых полетов к этой планете, и остается надеяться на сравнительно скорую реализацию миссии «Венера-Д» и на то, что за ней последуют и другие миссии. В декабре 2015 г. на орбиту спутника Венеры выведен японский КА «Акацуки» (рис.18), который должен принести новые данные о стратификации и динамике атмосферы, а также о физике облаков. ■

## Литература

1. *Weissman P.R.* The Solar system and its place in the galaxy // Encyclopedia of the Solar System / Eds P.Weissman, L.-A.McFadden, T.V.Johnson. San Diego, 1999. P.1–33.
2. *Ломоносов М.В.* Явление Венеры на Солнце, наблюденное в Санкт-Петербургской императорской Академии наук Майя 26 дня 1761 года. СПб., 1761.
3. *Кузьмин А.Д., Маров М.Я.* Физика планеты Венера. М., 1974.
4. *Donabue T.M., Russell C.T.* The Venus atmosphere and ionosphere and their interaction with solar wind: an overview // Venus II. Geology, Geophysics, Atmosphere and Solar Wind Environment / Eds S.W.Bougher, D.M.Hunten, R.J.Phillips. Tucson, 1997. P.3–31.
5. *Moroz V.I., Basilevsky A.T.* Venus missions // Encyclopedia of Space Science and Technology / Ed. H.Mark. 2003. P.841–857.
6. *Ivanov M.A., Head J.W.* Global geological map of Venus // Planetary and Space Science. 2011. V.59. №13. P.1559–1600.
7. *Сурков Ю.А.* Космохимические исследования планет и спутников. М., 1985.
8. *Basilevsky A.T., Head J.W.* Evidence for rapid and widespread emplacement of volcanic plains on Venus: Stratigraphic studies in the Baltis Vallis region // Geophysical Research Letters. 1996. V.23. №12. P.1497–1500.
9. *Bell K., Dawson J.B.* Nd and Sr isotope systematics of the active carbonatite volcano, Ol Doinyo Lengai // Carbonatite Volcanism, Oldoinyo Lengai and the Petrogenesis of Natrocarbonatites / Eds K.Bell, J.Keller. Berlin, 1995. P.100–112.
10. *Crumpler L.S., Aubele J.C., Senske D.A. et al.* Volcanoes and centers of volcanism on Venus // Venus II. Geology, Geophysics, Atmosphere, and Solar Wind Environment / Ed. S.W. Bougher. Tucson, 1997. P. 697–756.
11. *Basilevsky A.T., Head J.W., Abdrakhimov A.M.* Impact crater air fall deposits on the surface of Venus: Areal distribution, estimated thickness, recognition in surface panoramas, and implications for provenance of sampled surface materials // Journal of Geophysical Research. 2004. V.109. E12003.
12. *Basilevsky A.T., Shalygin E.V., Titov D.V. et al.* Geologic interpretation of the near-infrared images of the surface taken by the Venus Monitoring Camera, Venus Express // Icarus. 2012. V.217. P.434–450.
13. *Pavri B., Head J., Klose K., Wilson L.* Steep-sided domes on Venus: Characteristics, geologic setting, and eruption conditions from Magellan data // Journal of Geophysical Research. 1992. V.97. P.13445–13478.
14. *Ivanov M.A., Head J.W.* The history of tectonism on Venus: A stratigraphic analysis // Planetary and Space Science. 2015. V.113–114. P.10–32.
15. *Esposito L.W., Copley M., Eckert R. et al.* Sulfur dioxide at the Venus cloud tops, 1978–1986 // Journal of Geophysical Research. 1988. V.93 (D5). P.5267–5276.
16. *Krasnopolsky V.A.* A photochemical model for the Venus atmosphere at 47–112 km // Icarus. 2012. V.218. P.230–246.
17. *Bondarenko N.V., Head J.W., Ivanov M.A.* Present-day volcanism on Venus: Evidence from microwave radiometry // Geophysical Research Letters. 2010. V.37. L23202.
18. *Smrekar S.E., Stofan E.R., Mueller N. et al.* Recent hotspot volcanism on Venus from VIRTIS emissivity data // Science. 2010. V.328. №5978. P.605–608.
19. *Shalygin E.V., Markiewicz W.J., Basilevsky A.T. et al.* Active volcanism on Venus in the Ganiki Chasma rift zone // Geophysical Research Letters. 2015. V.42. P.4762–4769.
20. *Markiewicz W., Titov D., Ignatiev N. et al.* Venus monitoring camera for Venus Express // Planetary and Space Science. 2007. V.55. P.1701–1711.
21. *Basilevsky A.T., Head J.W.* Venus: Timing and rates of geologic activity // Geology. 2002. V. 30. №11. P.1015–1018.

# Женские тетрады в династии Романовых

М.Д.Голубовский

В 1913 г. проходили пышные торжества 300-летия династии Романовых. Мало кто тогда полагал, что спустя всего четыре года монархия в России падет. Прошло более 100 лет. Историки, социологи, культурологи вновь с повышенным вниманием обращаются к самым разным сторонам правления дома Романовых — периоду, когда сложился географический и этнокультурный остов России.

Известно, что монархии основаны на строгих правилах престолонаследия — от правящего государя к его прямым или боковым потомкам. Поскольку все стороны жизни членов царствующих династий тщательно фиксировались, в историях монархических семей (как правило, многодетных) к концу XX в. собрались уникальные демографические и генетические сведения. Это подбор брачных партнеров, возраст вступления в брак, особенности протекания беременностей и родовспоможения, число и пол детей, даты их рождения, межсемейные различия по плодовитости, а также распространение мутаций, влияющих на здоровье и поведение.

На основе новых генетических данных известные современникам странности фенотипа, здоровья и поведения ряда монархических особ могут предстать в совершенно ином свете. Так, в конце XX в. британские психиатры и молекуляр-



*Михаил Давидович Голубовский, доктор биологических наук, научный сотрудник Санкт-Петербургского филиала Института истории естествознания и техники имени С.И.Вавилова РАН. Занимается проблемами общей генетики и генетики человека, теорией эволюции и историей биологии. Автор монографии «Век генетики: эволюция идей и понятий» (СПб., 2000).*

**Ключевые слова:** генетика, репродукция, соотношение полов, отцовский эффект.  
**Key words:** genetics, reproduction, sex ratio, paternal effect.

ные генетики пришли к выводу, что приступы психического расстройства короля Георга III (1738–1820), его характерные недомогания вкупе со специфичным признаком (коричневым или красным цветом мочи) могут быть связаны с действием определенной аутомной мутации на пути синтеза красного пигмента порфирина. Присоединение к нему атома железа образует гем, входящий в состав эритроцитов крови. Удалось проследить, что эта мутация передавалась от Георга III к его внучке королеве Виктории, затем к ее старшей дочери и некоторым другим членам английского королевского рода. Данный феномен получил название «пурпурная тайна» [1].

## Врожденные отличия в деторождении и судьбы монархий

Известные современникам странности облика, здоровья и поведения ряда монархических особ представляли угрозу для наследственных династий и порой меняли ход истории. Так произошло во время правления в Англии Генриха VIII (1491–1547). Он вступил на трон в возрасте 17 лет и сразу заключил династический брак с Екатериной Арагонской. Королевская чета была католической, и в 1531 г. Генрих, выступивший в защиту католической церкви против ереси Мартина Лютера, получил от папы титул Защитник Веры. Однако случилась непредвиденная аномалия репродукции. После первой беременности Екатерины на свет появилась мертвая девочка. Вторым родился мальчик, который умер через 50 дней. Из после-



дующих четырех беременностей три закончились или выкидышем, или мертворождением. Выжил лишь пятый по счету ребенок, дочь Мария. Двадцать лет брака не принесли желанного наследника-мальчика. В страстном стремлении иметь наследника Генрих попросил у папы разрешения на развод, но получил отказ. Тогда он принял решение сменить не только королеву, но и религию. Католические монастыри были закрыты, разграблены и разрушены, монахи изгнаны. Но и вторая избранница монарха, Анна Болейн, тоже не принесла столь чаемого наследника. В нервном ожидании рождения мальчика сумасбродный король сменил еще четырех жен, казнив двух из них.

Но вот недавно сделано предположение, что неудачи репродукции Генриха VIII связаны не с его женами, а с ним самим [2]. Король, видимо, имел редкий эритроцитарный доминантный вариант Kell-антигена и страдал синдромом Мак-Леода (кардио- и миопатией, лицевым тиком, одышкой, трудностями передвижения), сопряженным с носительством этого антигена. В таких браках с женами, имеющими обычный негативный вариант антигена, при первой беременности и особенно в последующих возникает иммунологический конфликт, приводящий к гибели плода. Выжившая дочь Мария, возможно, имела сходный с матерью негативный рецессивный вариант антигена.

В другом случае аномалия воспроизведения привела даже к смене династии. Первая королева Великобритании Анна (1665–1714), получившая этот титул в 1707 г. после объединения Англии и Шотландии, оказалась несчастной в репродуктивном отношении. В 18 лет она вышла замуж за датского принца Георга, но из 18 беременностей живыми родились только пять детей, причем четверо скончались в младенчестве, а один мальчик дожил всего до 11 лет. Неудачи Анны в деторождении стали причиной смены династии Стюарт на Ганноверскую (после смерти королевы в 1714 г. на престол взошел курфюрст Ганновера Георг I).

Известно, что у носителя мутации порфирии короля Георга III время от времени возникали приступы невменяемости, поэтому в конце жизни над ним пришлось установить регентство. Однако, несмотря на сей наследственный недуг, брак короля оказался самым плодовитым в истории английской династии. Жена монарха Шарлотта Мекленбург за 21 год замужества (1762–1783) родила 15 детей (девять сыновей и шесть дочерей), и лишь двое из них умерли в младенчестве. Впечатляющий контраст с аномалией воспроизведения у королевы Анны!

Королева Виктория (1819–1901), внучка Георга III, правила 64 года. Она была весьма плодовитой и за 17 лет брака родила девять детей: пять дочерей и четырех сыновей. Все они достигли взрослого возраста (!) и распределились по разным венценосным семьям Европы. Однако королева Виктория оказалась гетерозиготной носительницей му-

тации, вызывающей гемофилию и сцепленной с X-хромосомой. Поскольку женщины несут две X-хромосомы, данная мутация, будучи рецессивной, не проявляется у женщин-гетерозигот, но с вероятностью 50% передается потомству. Гемофилией страдают только мужчины: так как у них X-хромосома одна и проявляются любые сцепленные с полом мутации. Из всех детей Виктории мутантная X-хромосома досталась лишь младшему сыну Леопольду (он прожил всего 31 год) и двум дочерям. Одна из них, принцесса Алиса, став матерью семерых детей, передала мутантную X-хромосому своей дочери — последней императрице дома Романовых Александре Федоровне. В ее браке с Николаем II родились сначала четыре дочери, а потом сын, цесаревич Алексей. К несчастью, столь желанному первому сыну досталась злополучная викторианская X-хромосома. Этот медико-генетический феномен имел важные социальные последствия. Удивительная способность старца Распутина останавливать приступы кровотечения у цесаревича приблизила его к трону и ощутимо повлияла на политическую жизнь страны.

Бывают личности, над которыми словно витает злой рок. Принцесса Алиса, носительница мутации гемофилии в X-хромосоме, умерла в 35 лет, заразившись дифтерией от младшей дочки, скончавшейся от этой болезни. Один из двух сыновей Алисы умер трехлетним от доставшейся ему мутации гемофилии. Две дочери Алисы, вошедшие в династию Романовых, императрица Александра Федоровна и Елизавета Федоровна, были расстреляны большевиками в 1918 г.

Таким образом, врожденные аномалии плодовитости в королевских семьях не столь редки. Их причины разнообразны. По современным данным, бесплодие в равной степени зависит от аномалий репродуктивной системы женщины или мужчины (примерно по 40%), в остальных 20% возникает брачная несовместимость.

## Последовательность рождения мальчиков и девочек

Академик А.Д.Сахаров в одной из своих социологических статей цитировал частушку с двумя первыми строчками: «Что такое глухомань? // Мало Вань и много Мань». На языке демографии и биологии популяций данная ситуация означает резкий сдвиг в соотношении полов с преобладанием женских особей. Аномалия «мало Вань» в глухих заброшенных поселениях вызвана, конечно, социальными и экономическими обстоятельствами. Но в других случаях могут быть биосоциальные и биологические причины. Их относят к области изучения соотношения полов. Этот показатель обычно оценивают как долю мужских особей по отношению к численности женских или к численности всей популяции.

Соотношение полов разделяют на первичное — доля мужских плодов от оплодотворения до рождения; вторичное — доля родившихся мальчиков; третичное — доля мужских особей в разные временные периоды жизни. В популяциях человека соотношение рожденных мальчиков и девочек в среднем составляет 106:100. К 25 годам оно выравнивается, к 55 становится 80:100, а к 70 уменьшается примерно до 50:100 (данные по России). Превышение доли мальчиков в момент рождения было отмечено еще более двух веков назад, но до сих пор этот факт остается неясным.

У человека хромосомный механизм определения пола: мужские особи с генотипом XY образуют гаметы двух типов — с X- или с Y-хромосомой. А генотип женских особей XX, и у них однотипные X-гаметы. Пол ребенка зависит от свободной комбинации половых хромосом в зиготе в момент оплодотворения. Однако ожидаемое вторичное соотношение полов 50:50 возможно лишь в том случае, если число образуемых X- и Y-гамет, а также вероятность их участия в процессе оплодотворения равны, и к тому же одинакова жизнеспособность XX- и XY-эмбрионов на всех стадиях развития в норме и при действии разнообразных стрессовых факторов среды (температуры, пищевого режима, инфекций). Стараясь понять парадокс вторичного соотношения полов, многие авторы полагали, что при оплодотворении образуется больше мужских зигот, объясняя этим в конечном счете превышение доли мальчиков в момент рождения. Но прямых данных на сей счет почти не было.

Лишь в 2015 г., на основе множества современных молекулярно-цитогенетических данных, всесторонне проанализировали численности XX- и XY-эмбрионов, начиная от оплодотворения и в основные следующие периоды эмбрионального развития [3]. Оказалось, что соотношение по полу у трех-пятидневных эмбрионов близко к ожидаемому 50:50. Однако затем наблюдается удивительная динамика: к концу первой недели развития (имплантация в стенку матки) смертность мужских эмбрионов повышена. Но в период 10–15 недель беременности относительно резко повышается смертность женских плодов. И лишь на сроке 28–35 недель вновь несколько возрастает смертность мужских эмбрионов. Окончательный баланс этой биполярной динамики внутриутробной селекции плодов таков: равное соотношение полов в момент оплодотворения, сдвиг смертности в мужскую сторону в первый триместр беременности и повышенная смертность женских плодов во время всего периода беременности в целом. Авторы исследования полагают выявленную ими динамику фундаментальным принципом ранней (до рождения) репродукции человека [3].

Если принять, что ожидаемая вероятность рождения мальчика или девочки при каждом роде составляет  $1/2$ , то появление подряд четырех или пяти детей одного пола в многодетных семьях ока-

жется событием с частотой  $1/16$  и  $1/32$  соответственно. Не столь частым, но вполне возможным.

Обычно в многодетных семьях рождение девочек и мальчиков перемежается случайным образом. Рассмотрим для примера распределение детей по полу в порядке их рождения в семьях некоторых венценосных персон и в двух взятых наугад многодетных семьях известных в истории личностей — Чарлза Дарвина и Льва Толстого.

В уже упомянутом браке короля Георга III с Шарлоттой Мекленбург-Стрелицкой за 21 год родилось девять сыновей и шесть дочерей. Дети рождались в такой последовательности: M-M-M-F-M-F-F-M-M-M-F-F-M-M-F (M от англ. Male — мужской пол, F от англ. Female — женский). Очевидно случайное распределение по полу родившихся 15 детей.

В семье Чарлза Дарвина, женатого на своей кузине Эмме Веджвуд, за первые 12 лет брака родилось девять детей. Последний, десятый, умер на втором году жизни. Последовательность рождения мальчиков и девочек в этом браке также была случайной: M-F-F-F-M-F-F-M-M-M. Заметны два случая рождения подряд трех детей одного пола, однако такое ожидается с вероятностью  $1/8$ .

23 сентября 1862 г. Лев Николаевич Толстой в 34 года вступил в брак с 18-летней Софьей Берс. В начале июля 1863 г. родился сын Сергей, в 1864-м — дочь Татьяна, в 1866-м — сын Илья и лишь в 1869 г. — четвертый ребенок, сын Лев. В своих воспоминаниях он сообщает: «У матери до меня было два выкидыша, и потому, во избежание повторного несчастья, в третий раз ей было предписано до моего рождения лежать в продолжение пяти месяцев беременности»\*.

Всего за 25 лет Софья Андреевна родила 13 детей (пятеро из них умерли в возрасте до восьми лет). Распределение их по полу было вполне случайным: M-F-M-M-F-M-M-F-M-M-M-F-M. Сын Лев Львович (1869–1945), женатый на шведке, оказался самым многодетным среди детей Толстого. За 17 лет брака (1898–1915) в семье родилось девять детей: M-M-M-M-F-F-M-F-F. Здесь интересно рождение подряд четырех сыновей. Подобное событие ожидается с частотой  $1/16$ , или 6:100, т.е. редкое, но возможное.

Если в многодетных родословных однополая плеяда рождений повторяется, это настораживает генетика, указывая на наследственное предрасположение. Родословные с совершенно необычным соотношением полов, когда в ряду поколений рождались преимущественно мальчики или девочки, давно известны в генетике. Так, в 1946 г. в Англии была документирована семья, в которой начиная с XVII в. на протяжении 10 поколений среди 34 рождений в 32 случаях были мальчики. В апреле 2016 г. появилось сообщение об американской се-

\* Толстой Л.Л. Опыт моей жизни. Переписка Л.Н. и Л.Л. Толстых. М., 2014. С.14.

мье Ундердаль (Underdahl) из штата Айдахо, в которой за последние 100 лет рождались только мальчики и лишь в 2016 г. наконец родилась первая девочка. В подобных отклонениях вероятна роль врожденных или генетических факторов. Именно такая репродуктивная особенность, наблюдавшаяся в родословной Романовых, впервые описана мной ранее на языке генетики [4].

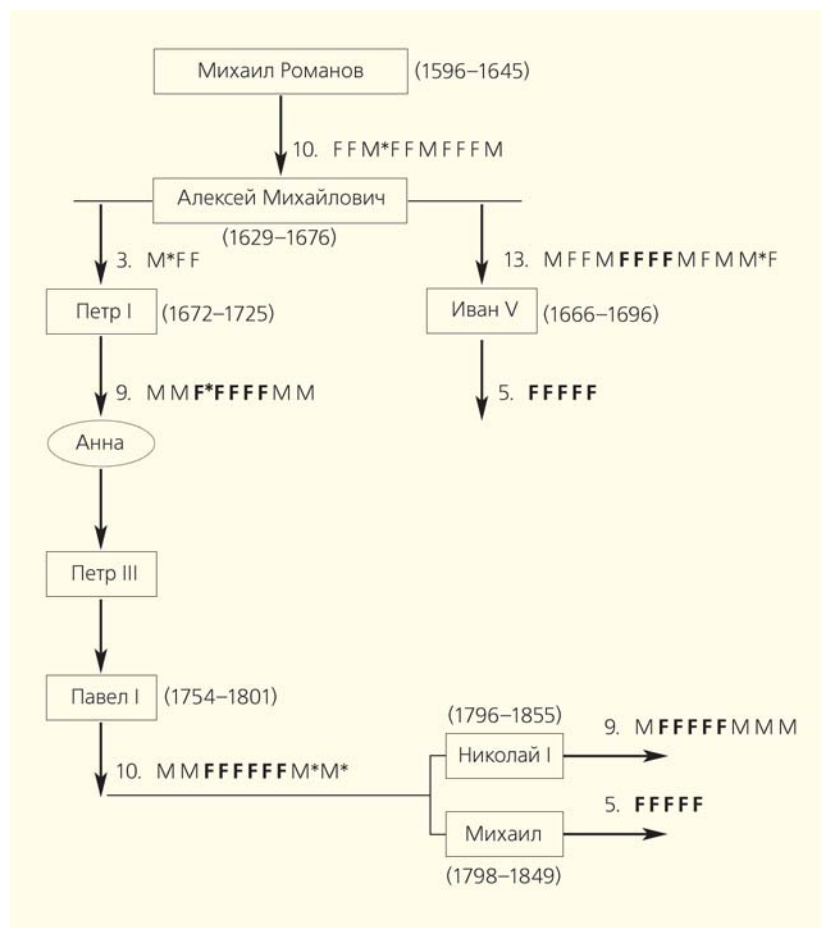
### Основатель династии Романовых и женские тетрады

В марте 1613 г. 16-летний боярин Михаил Романов (1596–1645), избранный Земским собором на царствование, стал основателем династии. Первая жена царя умерла через пять месяцев после брака. В 1626 г., когда царю шел 30-й год, он после осмотра привезенных в Москву 60 девушек из знатных семей выбрал 18-летнюю Евдокию Стрешневу, вскоре ставшую царицей. Рождение первых двух девочек вызвало при дворе смятение и тревогу «о безродие сыновнем». В Москву был призван старец Елеазар, способный, по слухам, «испросить у Бога плод сыновства». Как бы то ни было, в 1629 г. родился царевич Алексей, единственный выживший сын. Всего в браке с Евдокией у Михаила Романова за 13 лет было 10 детей (семь девочек и трое мальчиков): F-F-M-F-F-M-F-F-F-M. Здесь заметен определенный сдвиг в соотношении полов в сторону девочек.

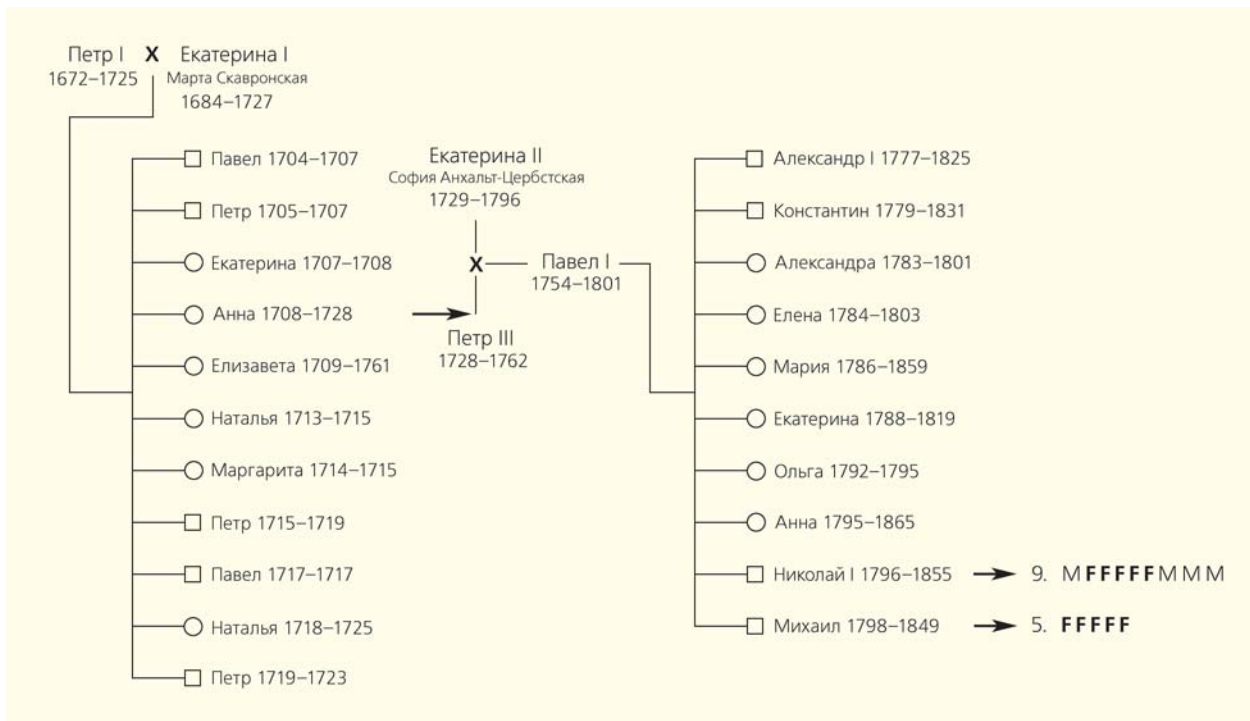
Алексей Михайлович Романов (1629–1676), также вступивший на трон в 16 лет, правил 31 год. У него было 16 детей (российский монарший рекорд!) от двух браков. В первом браке с Марией Милославской за 20 лет (1649–1669) родилось 13 детей: пять сыновей и восемь дочерей (при последних тяжелых родах царица умерла). Последовательность по полу включала рождение подряд четырех девочек: M-F-F-M-F-F-F-F-M-F-M-F. Эту тетраду можно было бы считать случайным событием. Однако женская тетрада (назовем так рождение подряд четырех или более девочек) наследовалась в ряду поколений. Она проявилась у двух сыновей Алексея Михайловича — Ивана (Ивана V) и Петра (Петра I), родившихся от разных жен.

Иван (1666–1696) был 12-м по счету ребенком Марии Мило-

славской. В 16 лет его вместе с 10-летним Петром провозгласили царем. Для единородных братьев соорудили даже особый трон с двумя сидениями. В 1684 г. Иван V женился на Прасковье Салтыковой, и от этого брака за 10 лет родилось пятеро детей: F-F-F-F-F — все дочери! Наследование женской тетрады очевидно. Проявилась она и в браке Петра I. В 1703 г. он встретил 19-летнюю Марту, захваченную русскими войсками среди военной добычи при взятии шведской крепости Мариенбург (ныне г.Алуксне в Латвии). Происходившая из прибалтийских крестьян, она была служанкой у одного пастора, а затем попала в наложницы к А.Меньшикову, от которого и забрал ее Петр I. До законного брака с ним Марта (в письмах царь называл ее Катериной) родила двоих сыновей, а затем трех дочерей. Петр обвенчался с Екатериной Алексеевной (так она стала именоваться после принятия православия) в 1712 г. В этом союзе за 15 лет родилось 11 детей с пятью девочками подряд: M-M-F-F-F-F-F-M-M-F-M. Итак, появление женской тетрады в потомстве двух сыновей Алексея Михайловича (Ивана V и Петра I) явно указывает на наследование предрасположенности к этому отклонению воспроизведения.



Женские тетрады в династии Романовых. Общая схема.



Родословные Петра I и его правнука Павла I, показывающие наследование признака женских тетрад.

### Престолонаследие и женские тетрады в потомстве Павла I

Из 11 детей Петра выжили лишь две дочери — Анна (1708–1728) и Елизавета (1709–1761). Анна, ставшая герцогиней Гольштейн-Готторпской, умерла в 20 лет, успев родить сына — Карла Петра Ульриха. Мальчик в 11 лет потерял и отца и воспитывался у дяди.

Елизавета Петровна, захватившая трон в 1741 г., осталась бездетной. В 1722 г. Петр I издал Указ о престолонаследии, в котором отменял древний обычай передавать престол прямым потомкам по мужской линии и давал право царствующему монарху самовольно по завещанию назначать наследников. Это привело к тяжелой атмосфере борьбы за трон с явным и тайным соперничеством разных кланов и фаворитов-временщиков. Елизавета, пользуясь монаршим правом, решила возвести на трон своего племянника Карла Петра Ульриха. Его в возрасте 14 лет привезли в Россию, где после крещения он получил имя Петр Федорович. Император Петр III провел на троне всего 186 дней. В жены ему в 1745 г. была выбрана София Анхальт-Цербстская, ставшая после убийства мужа Петра III в 1762 г. императрицей Екатериной II.

Этот брак оставался бездетным восемь лет. Причину такого долгого бесплодия, помимо неприязненных отношений между супругами, историки связывают с репродуктивным недугом Петра III. Он страдал фимозом (трудностью обнажения крайней плоти пениса), и ему в конце концов

сделали обрезание. После этого в 1754 г. родился долгожданный сын, будущий император Павел I. При родах присутствовала его радостная тетушка императрица Елизавета Петровна. По случаю рождения наследника, правнука Петра I, торжества, фейерверки, балы длились около года.

Когда Павлу исполнилось восемь лет, Екатерина произвела государственный переворот, возведя себя из опекунши малолетнего сына в сан императрицы. Возникла напряженная проблема легитимности царской власти. Ведь если Петр III был сыном дочери Петра I, унаследовав хоть какую-то часть его генов, то Екатерина была чистой немкой, не будучи даже дальней родственницей законных наследников. Она имела лишь право регентства и после достижения Павлом 16 лет обязана была передать престол своему нелюбимому сыну, но единственному законному наследнику. Однако, захватив власть, Екатерина вовсе не собиралась делиться ею. *Екатерина дала обещания и насчет прав сына, и насчет «императорского совета», однако очень скоро все было «забыто».* Укрепившись на престоле, царица гасила любой намек на временность своей власти и воцарение Павла, — суммирует историк Натан Эйдельман в своей книге\*. Он также отмечает, что царица сознательно и успешно распространяла версии о незаконнорожденности своего сына. Такое генетико-демографическое исследование служит важным доводом о непрерывности наследственной линии Петр I — Анна — Петр III — Павел I.

\* *Эйдельман Н.* Грань веков. М., 1982. С.33.

Павел I вступил на престол в возрасте 42 лет, лишь после смерти матери. В день своей коронации он первым делом утвердил новый закон о престолонаследии, который действовал до 1917 г. Павел ввел естественный для наследственных монархий принцип биологического первородства. Акт о порядке престолонаследия (5 апреля 1797 г.) гласил: *«Избираем наследником по праву естественному после смерти моей Павла сына нашего большого Александра, а по нем все его мужское поколение. По пресечении сего мужского поколения наследство переходит в род второго моего сына, где и следовать тому, что сказано о поколении старшего моего сына и так далее... По пресечении последнего мужского поколения сыновей моих наследство остается в сем роде, но в женском поколении последнецарствующего, в котором следовать тому же порядку, предпочитая мужское лицо женскому»*. Таким образом, монаршее наследование стало основываться на биологическом потомстве и строгом регламенте с предпочтением мужского пола. Этот закон обеспечивал стабильность династии Романовых.

Репродуктивная особенность императора Павла I преподнесла новый сюрприз. Он был женат дважды. Первая жена умерла при родах в 1776 г., и в тот же год Павел I женился на 18-летней Софье Луизе Вюртембургской, получившей после принятия православия имя Мария Федоровна (1759–1828). Брак оказался на редкость плодотворным: за 21 год родилось 10 детей. Замечательно, что, кроме одного ребенка, все дети дожили до зрелых лет. Первыми родились два сына Александр и Константин, затем последовательно шесть дочерей (!) и опять два сына. Знакомая нам тетрада: М-М-**F-F-F-F-F-F**-М-М. Очевидно, фактор, приведший к данной особенности репродукции, передался Павлу через дочь его прадеда Петра I, Анну. Это указывает на возможность передачи фактора предрасположенности к женской тетраде не только по мужской, но и по женской линии: *Петр I — дочь Анна — сын Петр III — сын Павел I*.

А что же в потомстве детей Павла? Среди 10 его детей было четверо сыновей. Первый, ставший императором Александром I, в несчастливом бра-



Портрет Павла I с семьей. Художник Герард фон Кюгельген. 1800 г. Императорская семья изображена на фоне Павловского парка. Слева направо: сыновья Александр (будущий император Александр I) и Константин, у колен матери императрицы Марии Федоровны — сын Николай (будущий император Николай I), затем дочери Екатерина и Мария, в тени деревьев — бюст умершей в младенчестве Ольги, на колени Павла I опирается дочь Анна, сидит младший ребенок Михаил, справа — дочери Александра и Елена.

ке с Елизаветой Алексеевной (Луизой Марией Августой Баденской) имел только двух дочерей, умерших в младенчестве. Известна постоянная связь царя (практически вторая семья) с фавориткой (фрейлиной) Марией Антоновной Нарышкиной, урожденной польской княгиней. От этой связи, полагают, родились две или даже четыре дочери. Поскольку Нарышкина имела законного мужа и других детей, здесь отцовство Александра сомнительно. Второй сын Павла, Константин, остался вообще бездетным.

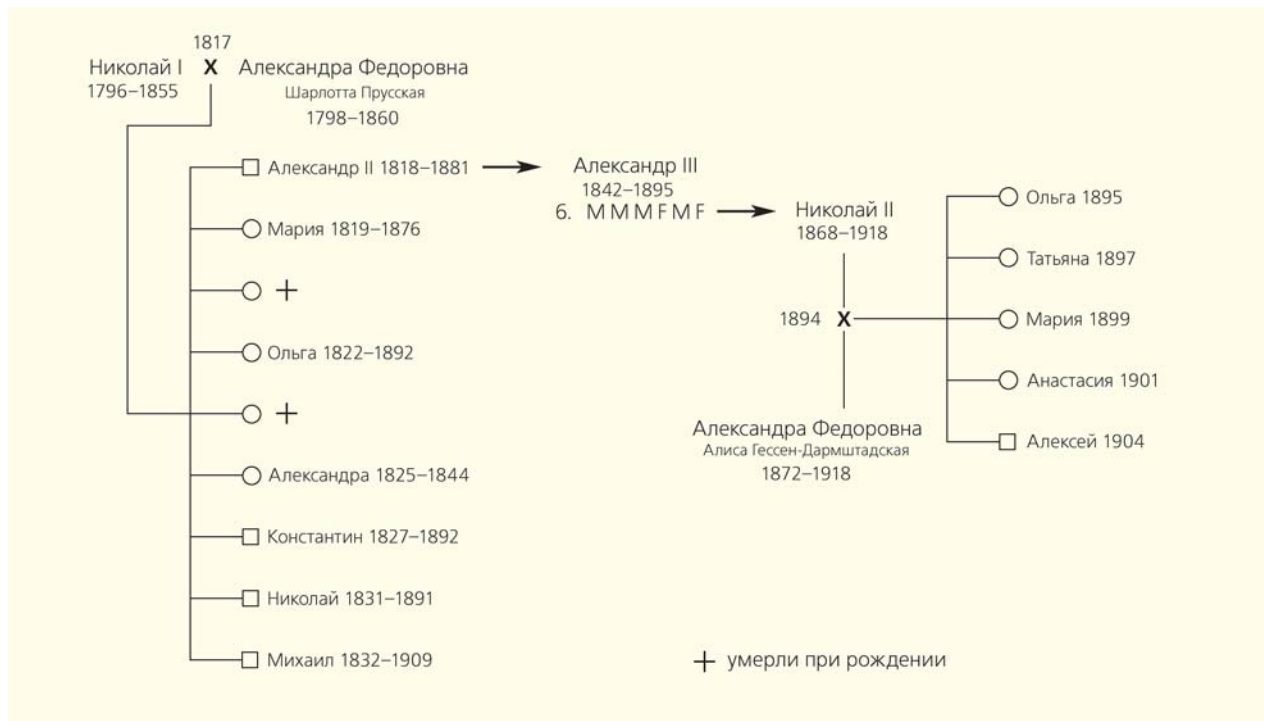
Зато фактор предрасположенности к женской тетраде передался и четко проявился в потомстве двух других сыновей Павла: Николая (будущего императора Николая I), родившегося девятым по счету ребенком, и его младшего брата Михаила. В браке Николая I с Александрой Федоровной (принцессой Шарлоттой Прусской) было девять детей: **M-F-F-F-F-M-M-M**. Пять девочек подряд — **F-тетрада** — очевидна. А в браке его брата Михаила Павловича родилось пять детей, и все — девочки!

Что же наблюдалось в потомстве детей Николая I? Лишь трое из его сыновей, старший Александр (Александр II) и двое других, имели многодетные семьи, в потомстве которых женской тетрады не было. Распределение по полу и среди шестерых детей следующего императора, Александра III, оказалось нормальным: **M-M-M-F-M-F**. Однако у последнего императора в династии Романовых вновь появилась женская тетрада. В его семье родилось пять детей: подряд четыре дочери, а затем сын Алексей — **F-F-F-F-M**. Полагая эту жен-

скую тетраду не случайностью, а передачей в ряду поколений определенного доминантного наследственного фактора, приходится допустить, что у Александра II и Александра III этот фактор по какой-то причине не проявился. Подобная ситуация неполного доминирования того или иного наследственного фактора, влияющего на сложный признак, хорошо известна в генетике. Закономерности наследования признаков с таким неполным проявлением и разным выражением, их зависимостью от генетической среды и генов-модификаторов были изучены в конце 1920-х годов Н.В.Тимофеевым-Ресовским в классических опытах на дрозофиле. Неполное проявление и выражение следует ожидать и в наследовании таких сложных признаков, как многоступенчатый процесс воспроизведения. Здесь конечный результат зависит от характера взаимодействия многих генов и особенностей генетической конституции. Так, одна из сестер Александра III, Мария Александровна, ставшая герцогиней Великобритании, родила пятерых детей с последовательностью **M-F-F-F-F**. Это указывает на возможное носительство и действие фактора женской тетрады.

### Характер наследования женских тетрад

Из передачи в девяти поколениях династии Романовых женских тетрад видно, что эта особенность проявляется после первого рождения девочки, независимо от того, были ли перед этим мальчики.



Фрагменты родословной Николая I и его правнука Николая II с повторением признака женских тетрад.

Фрагмент древа Романовых демонстрирует проявление женской тетрады у двоих сыновей царя Алексея Михайловича Романова от двух его разных браков: у Ивана V и Петра I. То же самое и у детей Павла I — Николая I и великого князя Михаила.

Любопытно, что Пушкин встречался на прогулках с «многодевичковым» великим князем Михаилом и оставил в дневнике 18 декабря 1834 г. забавный диалог о наследовании в династии Романовых другого зависимого от пола признака — облысения: *Утром того же дня встретил я в Дворцовом саду великого Князя. «Что ты один здесь философствуешь?» — «Гуляю». — «Пойдем вместе». Разговорились о плешивых. «Вы не в родню, в вашем семействе мужчины молоды оплешививают». — «Государь Александр и Константин Павлович оттого рано оплешивели, что при отце моем носили пудру и зачесывали волоса; на морозе сало леденело, и волоса лезли». Здесь, кажется, оказался прав Пушкин, указывая на семейный характер предрасположения к облысению у братьев Александра и Константина\*.*

Из имеющихся родословных династии Романовых можно сделать два вывода: наследование фактора (факторов) женской тетрады происходит по доминантному типу и есть прямой отцовский эффект влияния генотипа отцов на аномальный характер воспроизведения у их жен. Царь Алексей Михайлович несомненно был носителем фактора женской тетрады. Возможно, он достался ему от отца Михаила — основателя всей династии. В его браке с Евдокией Стрешневой за 12 лет (с 1627-го по 1639 г.) родилось 10 детей в последовательности: F-F-M-F-F-M-F-F-F-F-M. Преобладание девочек и их трехкратное повторное рождение может говорить о варианте проявления наследуемого фактора F-тетрады.

Возникают следующие вопросы.

— Передается ли F-фактор по женской линии (чтобы исключить зависимость от Y-хромосомы)?

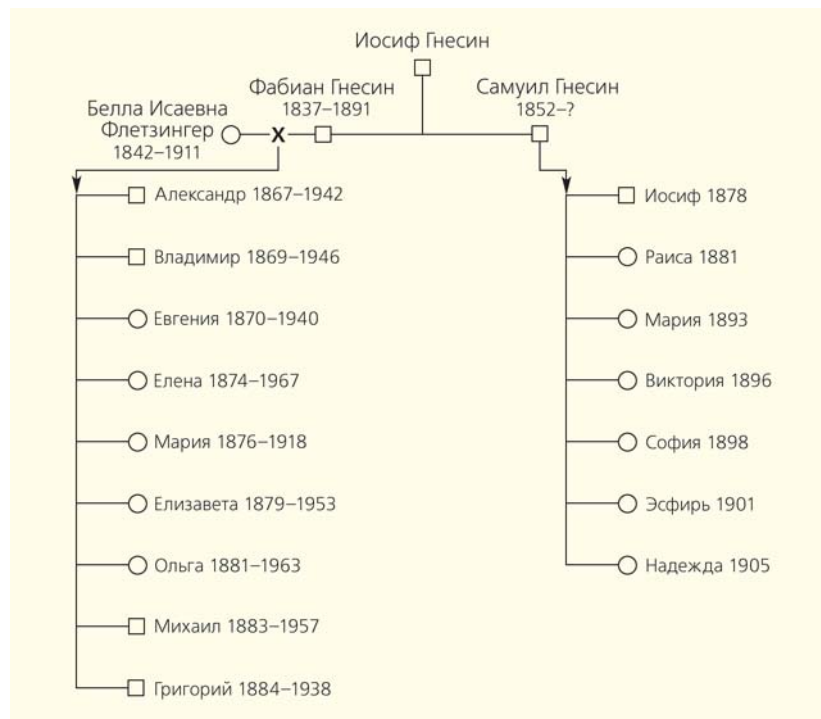
— Вызывает ли данный фактор, переданный дочерям, появление в их потомстве F-тетрадной аномалии?

Павлу I фактор F-тетрады передан через дочь Петра I Анну. Значит, этот фактор может передаваться по женской линии и не локализован в Y-хромосоме, в норме всегда переходящей от отца ко всем его сыновьям. Для ответа на второй вопрос

данных недостаточно. Ни у одной из шести дочерей Павла число детей в браке не превышало четырех. Его младший сын Михаил Павлович был носителем F-фактора и отцом пяти дочерей. Из них до замужества дожила лишь одна, княгиня Екатерина Михайловна, она оставила потомство в нормальной по полу последовательности M-F-M-F-M. Дочь Николая I Мария в первом браке за 12 лет (1840–1852) родила семерых детей, среди которых также не было тетрады: F-F-M-F-M-M-M.

Интересно, что описание женской тетрады, сходное с наблюдаемой в династии Романовых, мы находим и в Библии: *И пришли дочери Салтаада, сына Хеферова, сына Галаадова, сына Махирова, сына Манассиина из поколения Манассии, сына Иосифова, и вот имена дочерей его: Махла, Ноа, Хагла, Милка и Фирца; и предстали пред Моисея и пред Елеазара священника, и пред князей и пред все общество, у входа в скинии собрания, и сказали: отец наш умер в пустыне, и сыновей у него не было. За что исчезать имени отца нашего из племени его, потому что нет у него сына? Дай нам удел среди братьев отца нашего* (Числа, 27:1). Пять подряд дочерей и ни одного сына — это как раз ситуация у Ивана V и великого князя Михаила Павловича, сына Павла I.

В похожем репродуктивном аспекте предстает удивительнейшая многодетная семья сестер Гнесиных, основателей известного музыкального училища, которое переросло в Российскую академию музыки имени Гнесиных. Сестры Гнесины родились в семье ростовского раввина Фабиана Иосифовича



Фрагмент родословной семьи Гнесиных с проявлением признака женских тетрад.

\* Пушкин А.С. Собр. соч.: В 10 т. М., 1976. Т.7. С.293.

Гнесина и пианистки Беллы Исаевны Флетзингер (она была ученицей польского композитора Станислава Манюшко). В этой семье за 17 лет родилось девять детей в последовательности М-М-**F-F-F-F-F-F**-М-М. Как видим, у Гнесиных почти в точности повторилась та же ситуация, что и в семье Павла I, только там после первых двух сыновей родилось шесть дочерей подряд. Рождение пяти дочерей подряд в семье Гнесиных вряд ли можно считать случайностью. Согласно недавно опубликованной родословной, в семье Самуила Гнесина, родного брата Фабиана, родилось семь детей, из которых первым был сын, а затем последовали шесть дочерей\*. Это вполне ожидаемо в случае действия фактора женских тетрадов.

### Репродуктивная память?

Истолкование действия прямого отцовского влияния ведет к предположению о некоей «репродуктивной памяти» — специфическом действии определенной по полу беременности на ход и результаты последующих. В самом общем виде можно думать о двух типах влияния: неспецифических и специфических. Первые связаны с длительными отклонениями нормальной активности гормональных или иммунологических факторов у женщины после первой беременности. Например, если она наступает в относительно молодом возрасте (18–22 лет), то в течение последующих 12–13 лет уменьшается секреция гипофизарного гормона пролактина, который регулирует лактацию и овуляцию [5]. Второй тип влияния, зависящий от генотипа отца, — иммунологические изменения — аналогичны происходящим в случае с резус-фактором и вариантом Kell-антигена.

Можно предположить, что если при первой беременности женщина вынашивает женский плод, ее репродуктивная система затем уничтожает либо Y-содержащие спермии, либо мужские эмбрионы на ранних этапах развития. Наконец, возможен синдром гибридного дисгенеза (совокупности генетических нарушений), хорошо изученный у дрозофилы. При определенных скрещиваниях у гибридов возникают зависимые от свойств цитоплазмы изменения, которые вызывают активацию мобильных элементов мужского генома, вспышки мутаций, аномалии развития генеративной системы и эмбриональную гибель.

О возможных семейных отклонениях в соотношении полов говорит анализ беспрецедентных по демографической полноте сведений, которые были получены в Дании в рамках Системы регистрации граждан, проводимой там с 1968 г. По данным о более чем 700 тыс. семейных пар изучили зависимость между числом детей в семьях, соотношением

полов в них и последовательностью рождений по полу [6]. Оказалось, что соотношение числа рождений мальчиков к числу рождений девочек уменьшается по мере роста количества детей в семьях, особенно если перед рождением каждого следующего ребенка в семье уже были девочки. Так, если для всего населения Дании соотношение по полу при рождении равно 51.2% (или 105 мальчика на 100 девочек), то в семьях из четырех девочек FFFF при рождении пятого ребенка соотношение становится уже 91 мальчик на 100 девочек. Отсюда следует, что в ряде семей есть наследственное предрасположение к рождению девочек, которое выявляется при таком детальном демографическом анализе.

Интересны также генетико-демографические выводы из систематического изучения влияния пола первого ребенка на исход последующих беременностей. Результаты подобного 16-летнего анализа в популяции Дании показали, что в случаях, когда первородящие матери вынашивали мальчиков, у них при последующих беременностях достоверно увеличивались осложнения (привычное невынашивание, выкидыши). Среди матерей, которые при первой беременности вынашивали девочек, 76% родили повторно без осложнений. Тогда как у матерей, которые впервые вынашивали мальчиков, успешные вторые роды наблюдались лишь в 56% случаев, при этом повышалось и число повторных осложнений. Предполагается, что носительство мужского плода иницирует у матерей иммунологические реакции против мужских антигенов, которые активны у мужских плодов. Этот конфликт ведет к осложнениям при последующих беременностях [7].

Загадочным и трудным для истолкования действия фактора F-тетрады остается факт, что аномалия возникает обычно после первого же рождения девочки, независимо от того, какими по счету были роды. Лишь в одном случае, у Алексея Михайловича, такая девиация проявилась не сразу. Именно эта парадоксальность ведет к необходимости предположить некую «репродуктивную память». Отчасти такая ситуация последствия напоминает установленное датскими генетиками влияние пола первого ребенка на частоту привычного невынашивания в следующих родах.

В связи с этим важно интересное генетико-демографическое наблюдение, которое сделал нобелевский лауреат Б.Блумберг, открывший вирус гепатита В [8]. Этот ДНК-содержащий вирус, подобно вирусу СПИДа, встраивается в геном человека и передается плоду через кровь матери и плаценту. Вирус в латентной форме существует в человеческих популяциях с частотой от нескольких процентов до 20% в азиатских популяциях. Оказалось, что в потомстве носителей латентной формы вируса В, содержащих в крови антитела к поверхностному антигену вируса, мальчики рождаются в два-три раза чаще. Этот удивительный факт непрямого

\* *Пажитнов Е.* Родословная рода Гнесиных ([www.proza.ru/2015/12/29/1118](http://www.proza.ru/2015/12/29/1118)).



действия вирусного носительства на соотношение полов расширяет возможности истолкования действия и фактора женской тетрады.

Описаны внешне парадоксальные генетические ситуации, когда одни варианты данного гена усиливают выражение определенного количественного признака, а другие варианты его уменьшают (подобно неисправному регулятору переключения горячей и холодной воды). Смена направления действия регуляторных генов может происходить и под действием сопутствующих генов-модификаторов, ведь гены действуют и проявляются в генотипе в ансамбле. Предсказуема семейная предрасположенность не только к женским, но и к мужским тетрадам. Кстати, это можно заметить даже в некоторых фамильных отводках династии Романовых. Так, последний, девятый, ребенок Николай I, великий князь Михаил Николаевич, имел шестерых сыновей и лишь одну дочь, порядок их рождения М-Ф-М-М-М-М-М. Заметный сдвиг в соотношении полов в мужскую сторону ярко проявился и в его потомстве. Один из сыновей, Александр Михайлович (1866–1933), человек яркой судьбы, оставивший интересные воспоминания, был женат на своей племяннице Ксении, дочери Александра III (1875–1960). Это был первый и единственный брак (по любви!) между венценосными отпрысками Романовых. И вот в данном близкородственном союзе за 10 лет (1897–1907) родилось шесть детей — и все мальчики! Генетическая ситуация очень похожа на выщепление в гомозиготе фактора, вызывающего данное репродуктивное отклонение. Увы, в XX в. многодетных семей в династиях не стало, и проследить далее действие гипотетического фактора в потомстве невозможно.

При рассмотрении особенностей репродукции, обнаруженных в династии Романовых, возникает одно генетическое соображение. Оно ка-

сается любопытного феномена, обозначенного в истории биологии расплывчатым термином «телегония». У селекционеров-собаководов есть сложившаяся веками практика исключать из чистопородного разведения самку, которая однажды принесла потомство в случайном неконтролируемом скрещивании. Далее в потомстве такой «согрешившей» самки как будто возникают заметные лишь специалистам те или иные мелкие отклонения от чистопородности. Подобное эмпирическое наблюдение селекционеров считалось предрассудком в классической генетике. Но оно может получить некоторую поддержку в рамках активно изучаемых в последние два десятилетия явлений надгенной (или эпигенетической) изменчивости. В этих случаях структура генов не меняется, но меняется в ряду клеточных поколений характер их выражения за счет особых ДНК-связывающих белков или за счет обратимых модификаций некоторых оснований ДНК и белков упаковки хромосом.

Однако в этих ситуациях вовсе не следует ожидать в потомстве строго направленных фенотипических изменений. Здесь вспоминаются уверения некоего Бурдюкова в комедийной миниатюре Гоголя «Тяжба»: *Вот у нашего заседателя вся нижняя часть лица баранья, как будто отрезана и шерстью поросла. А ведь от незначительного обстоятельства: когда покойница рожала, подожди к окну баран, и нелегкая подстрекни его заблудить*. Недалеко ушли от Бурдюкова и авторы российских страшилок: если, мол, белая девушка провела ночь с темнокожим, то далее в ее браке с белым партнером могут родиться дети негроидного фенотипа. Уверения о направленных средовых воздействиях в период репродукции, которые вызывают сходные же изменения в потомстве, остаются пока на уровне фантазий феерических голевских персонажей. ■

*Автор благодарен профессору Е.Н.Пчелову (Российский государственный гуманитарный университет) за ценные консультации по истории и генеалогии.*

## Литература

1. Рэль Дж., Уоррен М. Пурпурная тайна // Природа. 2000. №9. С.72–81.
2. Banks C., Kramer K. A new explanation for the reproductive woes and midline decline of Henry VIII // The Historical J. 2011. V.53. №4. P.827–848.
3. Orsack S.H., Stubblefield J.W., Akmaev V.R. et al. The human sex ratio from conception to birth // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2015. V.112. №16. P.2102–2111.
4. Голубовский М.Д. Необычная девиация репродукции в династии Романовых: повторные рождения девочек и прямое влияние генотипа отца // Вавиловский журн. генетики и селекции. 2011. №1. С.56–65.
5. Musey V.C., Collins D.C., Musey P.I. et al. Long-term effect of a first pregnancy on the secretion of prolactin // New England J. Med. 1987. V.316. P.229–234.
6. Biggar R.J., Wahlfarbt J., Westergaard T., Melbye M. Sex ratio, family size and birth order // Am. J. Epidemiol. 1999. V.150. №9. P.957–962.
7. Christiansen O.B., Petersen B., Nielsen H.S. Nubo-Andersen A.M. Impact of sex of first child on the prognosis in secondary recurrent miscarriage // Human Reprod. 2004. V.19. №12. P.2946–2951.
8. Blumberg B.S. The curiosities of hepatitis B virus: prevention, sex ratio and demography // Proc. Am. Thorac. Soc. 2006. V.3. P.14–20.

# Арктический вектор энергетики России

М.В.Ковальчук

Освоение Арктической зоны РФ — комплексная задача, предусматривающая в том числе обеспечение регулярного судоходства по трассам Северного морского пути, что невозможно без атомного ледокольного флота. Его развитие — стратегический приоритет для нашей страны. Кроме того, как динамично развивающийся регион, Арктика требует разработки системы надежного энергоснабжения [1].

## Русская Арктика. Начало

Северный Ледовитый океан — та его часть, которая принадлежит Арктическому поясу РФ и располагается в пределах северной полярной области, — издавна рассматривался как внутренние воды России. Его освоение началось еще в XI–XII вв., когда поморы на кочах — деревянных судах, по форме напоминающих ореховую скорлупу, — выходили на промысел в океан. Они открыли острова Вайгач, Новая Земля и множество других, более мелких. В XVI–XVII вв. русские мореплаватели сумели освоить основную часть береговой линии Арктики, открыв тем самым путь в Тихий океан. Если посмотреть на карту, то регион Северного Ледовитого океана пестрит географическими названиями, связанными с русскими первопроходцами, моряками, с морепла-



**Михаил Валентинович Ковальчук**, член-корреспондент РАН, президент Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», руководитель межведомственной рабочей группы Совета при Президенте РФ по науке и образованию, декан физического факультета Санкт-Петербургского университета. Лауреат премий Правительства РФ в области науки и техники, в области образования, премии имени Е.С.Федорова РАН.

Кавалер орденов «За заслуги перед Отечеством» III и IV степеней. Область научных интересов — кристаллография и кристаллофизика, физика конденсированного состояния, нанобиоорганические материалы и системы, применение рентгеновского, синхротронного излучения, нейтронов и электронов в материаловедении, ядерная медицина и ядерные технологии.

**В сентябре Михаилу Валентиновичу, давнему члену редколлегии «Природы», исполняется 70 лет. Редакция журнала поздравляет юбиляра и желает ему многих лет творческой активности.**

**Ключевые слова:** Арктика, Севморпуть, атомные ледоколы, источники атомной генерации малой мощности, радиационная и экологическая безопасность.

**Key words:** Arctic region, Northern Sea Route, atomic icebreakers, low power sources of atomic energy, radiological and ecological safety.

вателями-иностранцами, служившими нашему Отечеству: мысы Дежнева и Челюскина, моря Лаптевых и Баренцево, Берингов пролив, острова Литке, остров Колчака, архипелаг Седова и т.д.

С советским периодом связаны легендарные ледовые эпопеи Челюскинцев, папанинцев, начало систематического изучения Арктики, включая океанологические наблюдения (с 1954 г.) на дрейфующих полярных станциях «Северный полюс». Одним из знаковых событий последних лет можно назвать российскую научно-исследовательскую экспедицию к Северному полюсу «Арктика-2007», в ходе которой впервые в мире в точке географического Северного полюса состоялось погружение на дно океана, на глубину 4300 м, двух аппаратов «Мир», установивших там российский флаг.

## Потенциал Северного морского пути

Огромную роль в освоении Арктики сыграл Северный морской путь (СМП) — кратчайший морской путь между европейской частью России и Дальним Востоком, по сути, национальная транспортная коммуникация, протянувшаяся от входов в Новоземельские проливы на западе до Берингова пролива на востоке [2].

Необходимость использования СМП стала очевидной, когда в XVII в. началась активная экспансия России в Сибирь и на Дальний Восток. Понятный интерес к этому направлению проявляла и тогдашняя «владычица морей» Великобритания. Веком позже гениальный М.В.Ломоносов составил «Краткое описание разных путешествий по северным морям и показание возможного проходу Сибирским океаном в Восточную Индию». В конце XIX в. другой великий российский ученый, Д.И.Менделеев, также заинтересовался проблемами освоения Крайнего Севера и даже был вовлечен вместе с адмиралом С.О.Макаровым в разработку первого высокоширотного ледокола «Ермак».

Сегодня СМП — единая национальная транспортная система, где все стратегически важные транспортные и коммуникационные линии идут вдоль российского берега, в обход проливов южных морей, подконтрольных другим государствам. Трудно переоценить его значимость для обеспечения обороноспособности и безопасности страны.

Кроме того, Северный морской путь — важное средство освоения Арктического региона, уникального с точки зрения концентрации здесь минеральных, энергетических и биологических ресурсов [3]. Существенно его значение и для научных исследований глобальной экосистемы Арктики, которую по праву называют «кухней погоды», имея в виду, что атмосферные, гидрологические

процессы, которые там происходят, оказывают огромное, если не определяющее влияние на формирование климата во всем мире.

## Ледоколы в высоких широтах

Очевидно, что полномасштабное освоение Арктики было, есть и будет возможным в первую очередь благодаря развитию ядерных технологий. Именно с возникновением атомного ледокольного флота связан принципиально новый этап развития Арктики.

Собственно, ледоколы начали разрабатывать с середины XIX в. на основе усовершенствования обычных пароходов. Россия, как страна, заинтересованная в проникновении в ледяные широты, была одним из пионеров в этой области. В 1899 г. на воду спустили первый арктический ледокол «Ермак», построенный на английских верфях по техническому заказу правительственной комиссии во главе с вице-адмиралом С.О.Макаровым. По размерам и мощности он значительно превосходил существовавшие на тот момент ледоколы и стал прототипом для последующих судов этого класса. Характерно, что еще в 1913 г. в России была принята ледокольная программа, в рамках которой за несколько лет удалось построить ряд морских ледокольных судов. После Первой мировой войны на смену паровым двигателям пришли дизель-электрические силовые установки, что в несколько раз увеличило мощность ледоколов и улучшило их эксплуатационные характеристики. В 1930-х годах в СССР построили четыре арктических ледокола серии «Иосиф Сталин», позже получивших название «Сибирь».

После Второй мировой войны и связанным с ней успешным развитием советского атомного проекта стало очевидно, что именно ледоколы



«Кругосветка» вокруг Северного полюса.



И.В.Курчатов.



А.П.Александров.

с атомными энергетическими установками могут решить проблему короткой северной навигации. Действующие в то время дизельные ледоколы попросту не имели достаточного запаса топлива и мощности для длительных переходов во льдах. Развитие атомного ледокольного проекта стало прямым продолжением работ по созданию первой атомной подводной лодки (АПЛ). Курчатовский институт сыграл ключевую роль в зарождении и развитии атомного ледокольного флота [1].

Игорь Васильевич Курчатов начал продвигать идею создания ледокола с атомным двигателем практически одновременно с работами по АПЛ [4].

туте конструкционных материалов «Прометей» имени академика И.В.Горынина (г.Санкт-Петербург), который сегодня входит в состав НИЦ «Курчатовский институт». Интересно, что для упрощения и ускорения работ было принято решение создать деревянный макет машинного отделения, на котором отрабатывались различные варианты. На всех этапах проектирования АППУ в сложнейших расчетных работах активное участие принимали курчатовцы (тогда — сотрудники Лаборатории измерительных приборов АН СССР) Н.С.Хлопкин, Б.Г.Пологих и другие. Конечно, ведущая роль принадлежала Анатолию Петровичу Александрову, который к тому времени уже блестяще зарекомендовал себя как научный руководитель, организатор и в деле создания первой АЭС в Обнинске, и в эпопее с первой отечественной АПЛ [5].

Предстояло решить ряд важнейших задач: помимо уникального энергетического оборудования изготовить корпус колоссальной прочности, а также полностью автоматизировать процессы управления энергетической системой. На тот момент многие технические решения по созданию ледокола были абсолютно новаторскими.

Сердцем будущего ледокола, получившего имя «Ленин», стал ядерный реактор водо-водяного типа, вырабатывающий пар для четырех турбогенераторов [6]. От них постоянный ток поступал к электродвигателям, при-



Первый в мире атомный ледокол «Ленин» (1959).

водившим в действие гребные винты особой конструкции. Вместо десятков тонн нефти ледокол расходовал в сутки 45 г ядерного горючего — это было принципиально новым решением энергетической проблемы, открывающим практически безграничные возможности по дальности перехода без дозаправки. Особое внимание с учетом работающего ядерного реактора на судне уделялось безопасности личного состава и окружающей среды. Специалисты сконструировали двойную систему защиты реактора: толстый слой воды, стальные плиты и бетон. Ряд конструктивных особенностей кормы и балластной системы обеспечивал «Ленину» лучшую проходимость сквозь ледяные поля, задний ход, защиту винтов и руля, а также дополнительные возможности колки льда раскачиванием при перемещении балласта. Еще одним новшеством стала взлетно-посадочная площадка для вертолетов в кормовой части.

Ядерную энергетическую установку смонтировали в 1958–1959 гг., а 6 августа 1959 г. осуществили физический пуск реактора. 12 сентября 1959 г. ледокол «Ленин» под командованием первого капитана П.А.Пономарева отправился на ходовые испытания.

3 декабря 1959 г. первое в мире надводное судно с ядерной силовой установкой вступило в строй. Сегодня эту дату отмечают как День атомного ледокольного флота России. Помимо исключительной значимости события для развития мирного атома наличие ледокола в Арктике многократно увеличило возможности нашей страны по всестороннему контролю за ситуацией в регионе.

А.П.Александрову, В.И.Неганову, И.И.Африкантову и слесарю завода №92 С.Д.Кузнецову присвоили звание Героя Социалистического Труда. Коллектив ученых и инженеров был удостоен Ленинской премии, многие участники проекта отмечены орденами и медалями. Общеизвестно, что Анатолий Петрович Александров фактически был идеологом, разработчиком, ключевой фигурой в создании в СССР как атомного подводного, так и ледокольного флота.

Однако у первопроходца в области надводного атомного судостроения были и свои проблемы. В процессе эксплуатации на ледоколе произошли две аварии, к счастью, без человеческих жертв. Одна — во время планового ремонта и перегрузки реакторов из-за перегрева и частичной деформации тепловыделяющих сборок. В результате второй, когда обнаружилась течь в трубопроводах третьего конту-

ра, пришлось утилизировать весь реакторный отсек. После ремонта на судне установили новую энергетическую установку типа ОК-900 с двумя реакторами, технический проект которой был разработан в конце 1966 г. под научным руководством Института атомной энергии имени И.В.Курчатова при участии ЦКБ №15 («Айсберг»). Число корпусных водо-водяных энергетических реакторов сократили с трех до двух, так как их надежность, по данным эксплуатации первой установки ледокола, оказалась выше ожидаемой. Значительно увеличили энергозапас активных зон, улучшили некоторые физические параметры и характеристики контура реактора. АППУ оснастили комплексной системой автоматики, благодаря чему экипажу не надо было нести постоянную вахту. В результате удалось сократить команду и в два раза снизить стоимость 1 МВт·ч энергии.

Создание первого атомного ледокола положило начало развитию новой высокотехнологичной отрасли — атомного судостроения [7]. После демонстрации первенцем гражданского атомного флота технической возможности эксплуатации ядерных реакторов на трассе Северного морского пути потребовалось около 15 лет, чтобы сделать следующий шаг. Он напрямую связан с вводом в эксплуатацию двух новых атомных ледоколов: «Арктики» (1975) и «Сибири» (1977), подтвердивших экономическую целесообразность использования ядерных энергетических установок на морских судах.

Затем, в 1985–2007 гг., последовала серия из четырех линейных атомных ледоколов: «России», «Советского Союза», «Ямала» и «50 лет Победы». Всего с 1959 г. было создано десять атомных судов (девять ледоколов и лихтеровоз «Севморпуть», 1988), пять из которых находятся в строю.



Атомный ледокол «Сибирь» (1977).



Атомный ледокол «Вайгач» (1990).

Важно подчеркнуть, что кроме линейных ледоколов мощностью 75 тыс. л.с., осуществлявших морскую проводку судов, в кооперации с финскими предприятиями были построены атомные ледоколы «Таймыр» (1989) и «Вайгач» (1990) с малой осадкой, но достаточной (50 тыс. л.с.) мощностью, что коренным образом изменило обстановку в устьях сибирских рек, гарантировав плановые перевозки.

Сегодня на судостроительных верфях строятся три ледокола нового проекта 22220 (ЛК-60Я). Они будут значительно мощнее и смогут работать по всей трассе Севморпути практически без ограничений [8]. В завершающей стадии находится сооружение плавучей атомной теплоэлектростанции (ПАТЭС) «Академик Ломоносов» — головного проекта серии мобильных энергоблоков. Энергоустановка ПАТЭС имеет максимальную электрическую мощность более 70 МВт и включает две реакторные установки КЛТ-40С.

### Энергия для Крайнего Севера

Неслучайно в последние годы освоение Арктики стало стратегическим приоритетом развития нашей страны [9]. Президент РФ утвердил «Основы государственной политики России в Арктике до 2020 года и дальнейшую перспективу» (2008) и «Стратегию развития Арктической зоны России и обеспечение национальной безопасности до 2020 года» (2013). Хотелось бы отметить несколько аспектов решаемых задач.

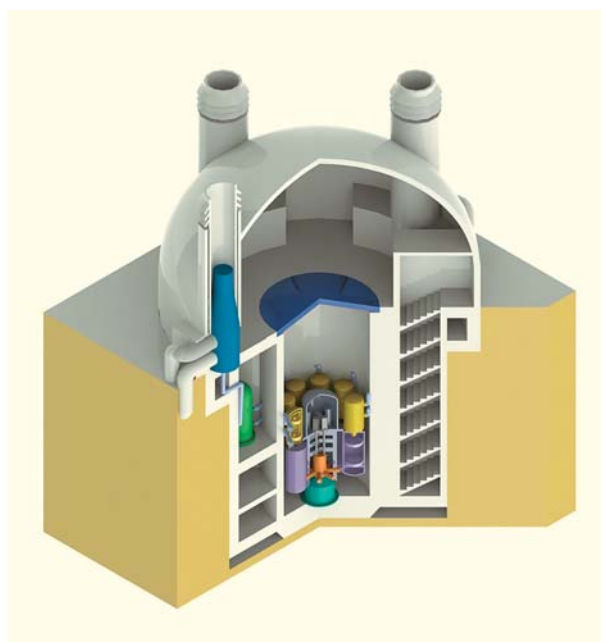
Во-первых, это комплексное социально-экономическое развитие Арктики, неотъемлемой частью которого становится создание современной энергетической информационно-телекоммуни-

кационной инфраструктуры. Особое место в «Стратегии...» занимает экологическая безопасность. Кроме того, в число приоритетных задач входит военная безопасность, защита и охрана государственной границы.

Во-вторых, современное устойчивое развитие цивилизации связано с достаточным потреблением ресурсов, в первую очередь энергетических. В Арктике эта проблема приобретает особую актуальность: в регионе реализуются масштабные проекты по разработке нефтегазовых месторождений, развитию минерально-сырьевой базы [10]. Отдельное направление — развитие Северного морского пути на базе современного ледокольного флота (в первую очередь — с ядерными энергетическими

установками), который должен гарантировать доставку любых грузов, в том числе и углеводородного сырья [11].

В-третьих, у Арктики есть своя специфика — рассредоточенность населенных пунктов (иногда они удалены друг от друга на сотни километров) и их слабая энергообеспеченность. Энергопотребление большинства таких поселков невелико, поэтому экономически и технологически нецелесообразно подключать их к крупным генерирующим комплексам. В этих условиях нужна распре-



Проект автономной атомной термоэлектрической станции малой мощности.

деленная система энергоснабжения, при создании и функционировании которой должны учитываться экстремальные условия эксплуатации, в первую очередь климатические, невысокая плотность населения и, следовательно, дефицит обслуживающего персонала. Кроме того, существуют повышенные риски, связанные с низкой устойчивостью экологических систем, которые определяют биологическое равновесие и климат Земли, и их зависимость даже от незначительных антропогенных воздействий\*.

В целом система энергообеспечения Арктики включает две составляющие: наземную (береговую) и морскую. Первая подразумевает сеть автономных термоэлектрических станций малой мощности (от единиц до десятков мегаватт), непосредственно преобразующих тепловую энергию, вырабатываемую ядерным реактором, в электричество, с единой системой управления жизненным циклом, вплоть до утилизации. Здесь эффективен и важен практический опыт применения российских судовых ядерных технологий.

В морскую инфраструктуру входят атомный ледокольный флот, плавучие атомные теплоэлектрические станции, подводные аппараты различного назначения с ядерными энергетическими установками.

В такой системе должен быть реализован замкнутый управляемый жизненный цикл. Он обеспечивается единым комплексом мониторинга экологической ситуации, хранения и утилизации отработавших ядерных объектов и радиоактивных материалов, реабилитации территорий, а также единым цифровым комплексом управления жизненным циклом объектов системы энергообеспечения Арктической зоны.

В ходе многолетних исследований, начатых еще в 1970-х годах по инициативе А.П.Александрова, коллектив НИЦ «Курчатовский институт» накопил большой опыт в этих направле-

\* Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года ([government.ru/info/18360](http://government.ru/info/18360)).



Проводка атомным ледоколом каравана судов по Северному морскому пути.

ниях. В частности, был разработан проект и создан стенд-прототип необслуживаемой саморегулируемой атомной термоэлектрической станции малой мощности. В ряду ее технологических преимуществ — возможность серийного производства ядерных энергетических установок с заводской загрузкой ядерного топлива и поставка под ключ на место размещения. Срок службы реакторной установки без перезагрузки — 15–20 лет, по исчерпанию ресурса ее можно удалить без разборки и выгрузки отработавшего ядерного топли-



Морская ледостойкая стационарная платформа «Приразломная» (2013), ведущая добычу нефти на российском арктическом шельфе.

ва. Важно и то, что практически нет необходимости в постоянном присутствии обслуживающего персонала. Такие станции эффективны и для транспортных, и для любых специальных судов, ведущих подводные работы по разведке месторождений на арктическом шельфе на глубине до 2 км. Их полезная электрическая мощность может составлять от 100 кВт до 10 МВт, тепловая — от 1.5 до 150 МВт, срок службы — до 40 лет.

Проблема энергопотребления — ключевая и с точки зрения развития Северного морского пути [12]. Несколько цифр по объему грузоперевозок: в 1987 г. по СМП было доставлено 6.6 млн т грузов, затем по понятным причинам, связанным с распадом СССР, этот показатель снизился до 1.5 млн т, но в последнее время опять вырос — до 3.9 млн т. Однако на 2020 г. запланирован резкий скачок объемов грузоперевозок — до 65 млн т. Такой рост возможен только при полном энергообеспечении всех объектов береговой инфраструктуры. Одновременно необходимо продолжать развитие ледокольного, в первую очередь атомного флота.

На сегодняшний день Россия — обладатель самого мощного в мире ледокольного флота и единственная страна, располагающая атомной флотилией, в состав которой входят шесть ледоколов с ядерными энергетическими установками, один контейнеровоз и четыре судна технологического обслуживания. До 2020 г. планируется построить еще три атомных ледокола, шесть лоцмейстерских судов ледокольного класса вспомогательного назначения и пять дизель-электрических ледоколов. Показательно, что на сегодняшний день в Мировом океане соотношение российского флота к мировому составляет 1 к 10, тогда как в арктических водах это соотношение равное.

## Ядерные технологии и экологическая безопасность

В ряду важнейших стоит проблема экологической безопасности в Арктике, связанная с применением ядерных технологий. С зарождения атомного подводного и ледокольного флота именно порты арктических морей использовались как базы для стоянок АПЛ. Наиболее серьезную угрозу для экологии региона со временем начали представлять выходящие из эксплуатации суда, реакторные отсеки утилизированных АПЛ, сконцентрированные, в частности, в пос. Сайда-Губа (Кольский залив, юго-западное побережье Баренцева моря).

Для решения этой проблемы в начале 2000-х годов НИЦ «Курчатовский институт» совместно с госкорпорацией «Росатом» при содействии германских партнеров провели сложнейший с технологической точки зрения комплекс работ по утилизации отработавшего ядерного топлива реакторных отсеков АПЛ. В ходе масштабных мероприятий в 60 км севернее г. Мурманска был создан уникальный технологический комплекс «Сайда-Губа» для долговременного хранения и утилизации отработавших ядерных объектов и радиоактивных материалов. В специально оборудованное береговое хранилище переправили 78 реакторных отсеков для долговременного отстоя. Недавно введен в эксплуатацию Региональный центр по переработке, кондиционированию и долговременному хранению радиоактивных отходов. Об этом было доложено Президенту РФ В.В.Путину в Кремле 7 декабря 2015 г. В ходе встречи затрагивался широкий круг вопросов, касающихся деятельности Курчатовского института за последние пять лет.

Таким образом, Курчатовский институт фактически замкнул цикл работ для атомного флота России, начав их с создания первой АПЛ «Ленинский комсомол» и закончив комплексом в Сайда-Губе. Это можно назвать завершением первого этапа развития российского атомного флота, весь жизненный цикл которого, включая проектирование, строительство и эксплуатацию судов с атомными энергетическими установками, хранение и утилизацию отработавших ядерных объектов и радиоактивных материалов, а также реабилитацию территорий, сопровождали исследования и разработки нашего института.

Следует также упомянуть об успешном опыте вывода из эксплуатации радиоизотопных термоэлектрических генераторов, которые применяли как источники питания навигационного



На встрече с Президентом РФ В.В.Путиним 7 декабря 2015 г.



оборудования на объектах Севморпути. В настоящее время идет их замена на автономные источники питания, использующие энергию Солнца и ветра.

В последние десятилетия специалисты НИЦ «Курчатовский институт» в кооперации с коллегами из институтов «Росатома» разработали уникальные технологии и оборудование для радиационного мониторинга и реабилитации загрязненных радиоактивными отходами территорий, которые востребованы и в операциях по очистке потенциально опасных объектов в Арктике. Хорошо зарекомендовали себя созданные в нашем институте инструментальные средства контроля и обращения с затонувшими или затопленными объектами (речь идет прежде всего о мониторинге колебания радиационного фона).

Кроме того, НИЦ «Курчатовский институт» разработал для ВМФ России IT-систему сопровождения жизненного цикла объекта на базе технологий «Цифровой корабль». Традиционная для нас деятельность — создание учебно-тренировочных средств для подготовки личного состава кораблей ВМФ с ядерными энергетическими установками. На сегодня около 400 тренажеров нашего института размещены в местах базирования флота.

В последние годы в институте активно развиваются когнитивные исследования, представляющие собой междисциплинарный синтез наук, связанных единой проблематикой: сознание—мозг—

язык. Они актуальны и для разработки систем управления надводными и подводными объектами, особенно в условиях внештатных ситуаций. Одним из итогов работы в этой области стало создание системы информационной поддержки руководителя оперативной группы ВМФ «Пост оказания помощи аварийным кораблям», которая хорошо зарекомендовала себя и может быть использована в Арктике на любых объектах морского или наземного базирования.

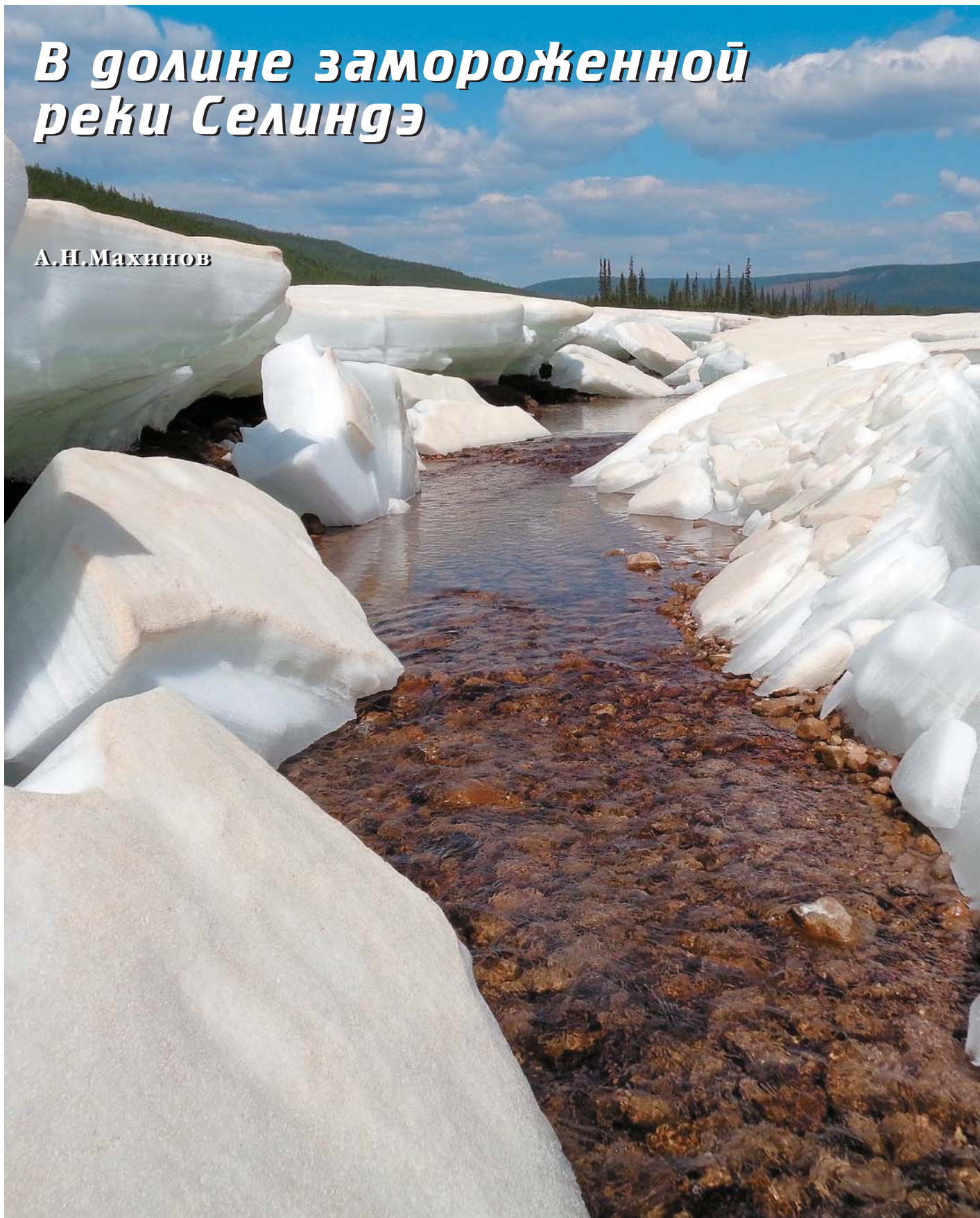
Таким образом, за два последних десятилетия технически сложной, кропотливой и во многом уникальной работы российский ядерный комплекс в целом, госкорпорация «Росатом» и НИЦ «Курчатовский институт» в частности накопили огромный опыт использования высоких технологий в условиях Арктики и Северного Ледовитого океана, углубили представление о культуре безопасности на всех этапах жизненного цикла ядерных объектов — от их создания до вывода из эксплуатации и утилизации. Это обеспечивает выход на следующий этап развития атомного флота и открывает для нашей страны возможность реализации принципиально новых подходов в решении проблемы энергообеспечения и освоения Арктики эффективным и экологически безопасным способом. Безусловно, это станет нашим мощным конкурентным преимуществом и в конечном итоге будет служить интересам национальной безопасности. ■

## Литература

1. Курчатовцы и атомный флот. Исследования и разработки Курчатовского института в интересах национальной безопасности / Под ред. М.В.Ковальчука. М., 2016. С.160–170.
2. Половинкин В.Н., Фомичев А.Б. Севморпуть — национальная трасса глобального значения // Атомная стратегия. 2014. №6. С.20–22.
3. Дынкин А.А. Международное сотрудничество в Арктике: риски и возможности // XII Александровские чтения. М., 2016.
4. Александров А.П., Африкантов И.И., Брандаус А.И. и др. Атомный ледокол «Ленин» // Доклад на II Международной конференции Организации Объединенных Наций по применению атомной энергии в мирных целях. Женева, 1958.
5. Хлопкин Н.С. Научный руководитель атомного флота // А.П.Александров. Документы и воспоминания. М., 2003.
6. Пологих Б.Г., Хлопкин Н.С. Создание первой атомной энергетической установки для ледокола // Материалы юбилейной сессии ученого совета Российского научного центра «Курчатовский институт». М., 1993.
7. Хлопкин Н.С. Транспортные реакторы // Труды юбилейной конференции Министерства Российской Федерации по атомной энергии «Ядерной науке и технике России 50 лет». 1995. С.150–163.
8. Князевский К.Ю., Фадеев Ю.Л., Пахомов А.Н. и др. Проектные решения реакторной установки РИТМ-200, предназначенные обеспечить экологически безопасную и экономически эффективную эксплуатацию универсального атомного ледокола на арктических трассах // Арктика: экология и экономика. 2014. №3. С.86–91.
9. Разработка стратегии освоения и системного развития северных, полярных и арктических территорий / Под ред. А.И.Татаркина. СПб., 2014.
10. Велихов Е.Л., Демин В.Ф., Исаков Н.Ш. и др. Атомная энергетика для арктического шельфа // В мире науки. 2015. №10. С.30–35.
11. Рукша В.В., Смирнов А.А., Головинский С.А. Атомный ледокольный флот России и перспективы развития Северного морского пути // Арктика: экология и экономика. 2013. №1. С.78–83.
12. Половинкин В.Н., Фомичев А.Б. Перспективные направления и проблемы развития Арктической транспортной системы Российской Федерации в XXI веке // Арктика: экология и экономика. 2012. №3. С.74–84.

# *В долине замороженной реки Селингэ*

А.Н.Махинов





Наледь в долине р.Селиндэ. В ее разрушении велика роль воды.  
Здесь и далее фото автора

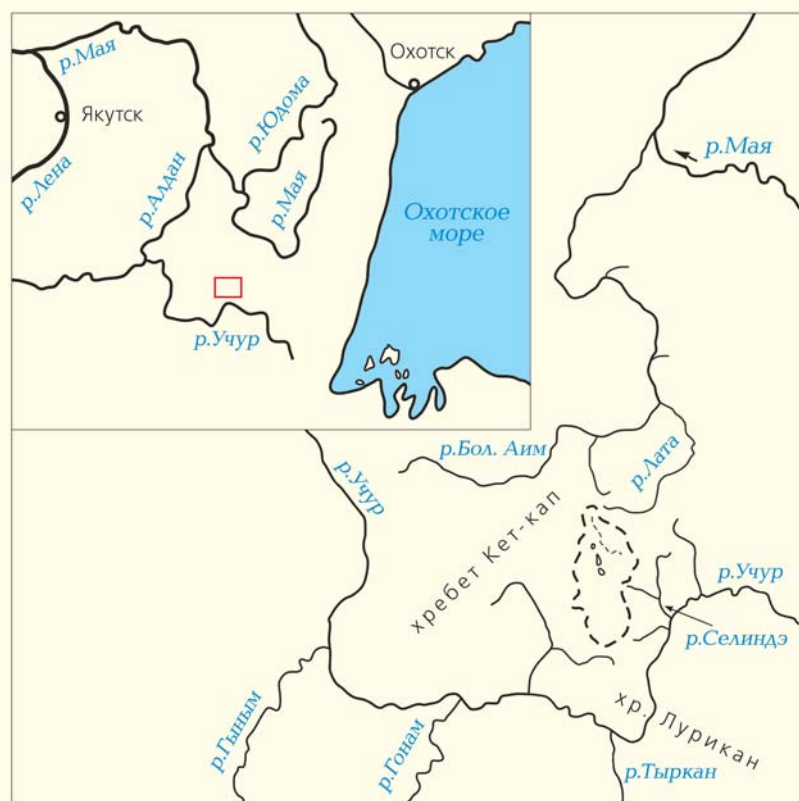


**Алексей Николаевич Махинов**, доктор географических наук, заместитель директора по научной работе Института водных и экологических проблем ДВО РАН, профессор Тихоокеанского государственного университета. Область научных интересов — экзогенные процессы формирования рельефа, оценка воздействия природных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

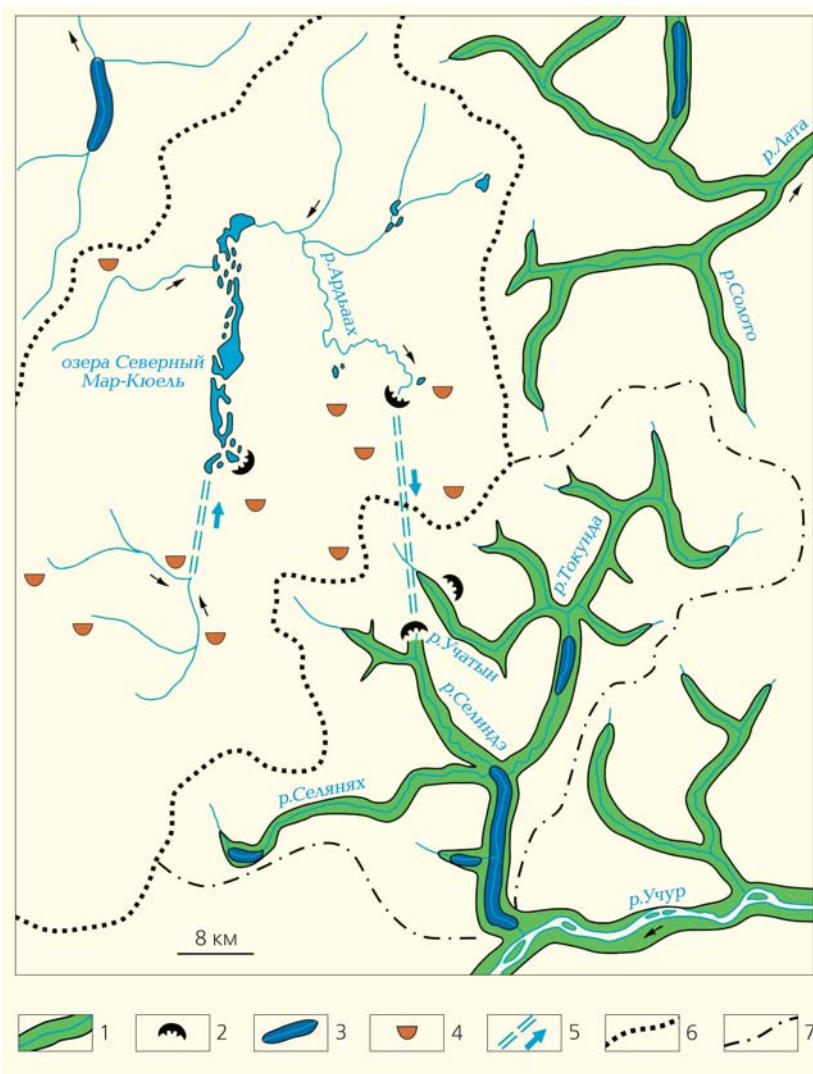
**Ключевые слова:** Хабаровский край, карст, Селиндэ, наледь.  
**Key words:** Khabarovsk region, karst, Selinde, ice crust.

На севере Хабаровского края, среди хаотически громоздящихся вершин невысоких протяженных хребтов и горных массивов, сохранились выположенные фрагменты когда-то единой поверхности древнего пенеплена, относящегося к восточной части обширной Восточно-Сибирской платформы. Один из таких фрагментов, занимающий площадь около 1000 км<sup>2</sup>, известен как плато Мар-Кюель. С севера его обрамляет хребет Кет-Кап с островершинным альпинотипным обликом рельефа, обязанным ледникам позднечетвертичного времени. Экзарационные процессы обработали горные вершины, и на них до сих пор сохранились кары, глубоко

© Махинов А.Н., 2016



Географическое положение плато Мар-Кюель (показано пунктиром) и р.Селиндэ.



Поверхностный и подземный бассейны р.Селиндэ. Условные обозначения: 1 — каньонообразные долины, 2 — карстово-денудационные полуворонки на склонах долин, 3 — наледи, 4 — карстовые воронки, 5 — направления стока подземных вод, 6 — бессточная область плато Мар-Кюель, 7 — водораздел р.Селиндэ в пределах расчлененной части плато.

врезанные в склоны. В их затененных днищах до середины лета остаются снежки, питаая кристалльно чистой водой истоки многих ручьев. С юга плато оконтуривают менее высокие кругловершинные горы хребта Лурикан. Здесь не было ледников, и горы подвергались процессам денудации более равномерно.

Климат территории очень суров. В горах все лето белеют снежники, повсюду распространена многолетняя мерзлота. Она определяет все стороны жизни природы и населения. Ее холодное дыхание ландшафты чувствуют не только в течение долгой зимы, но и летом, когда после жарких полуденных часов вечером из-под земли вдруг потянет холодом. А к утру в любой летний день в небольших лужицах у берегов горных ручьев

могут появляться тонкие пластинки льда.

Лето в этих краях короткое, и все живое старается как можно быстрее насладиться теплом. К середине августа многие растения уже отцветают и гордо выставляют на обозрение свои плоды. Невозмутимые при любой погоде лиственницы в светло-зеленых нарядах безмятежно красуются под ярко-голубым небом и ослепительным солнцем. Вода в реках прогревается на несколько градусов, вынуждая холодолюбивых хариусов и сигаов подниматься к истокам ручьев, где в глубоких залесенных распадках температура воды все лето остается очень низкой.

На плато Мар-Кюель широко распространены горизонтально залегающие толщи известняков и доломитов кембрийского возраста. В рельефе плато, имеющем плавные очертания, преобладают широкие ложбины и плоские приводораздельные участки на высоте около 1000 м над ур.м. Атмосферных осадков здесь выпадает больше, чем может испариться, и это привело к образованию нескольких изолированных друг от друга небольших речных систем. Здесь широко развит карст, проявлявшийся, вероятно, на всех этапах формирования рельефа, но особенно интенсивно в олигоцене [1]. В настоящее время даже повсеместное распространение многолетнемерзлых пород не становится препятствием для карстовых процессов [2, 3].

Малый уклон поверхности, небольшая водность рек и обилие карстующихся пород стали основной причиной формирования широких, но слабоврезанных долин. По карстовым полостям и трещинам все водотоки на плато уходят под землю. Но его края реки избороздили глубокими долинами, выточенными водой в древнейших прочных породах. Так образовались крутосклонные узкие ущелья и каньоны, проникающие довольно далеко вглубь плато. Верхние части склонов таких долин нередко круты и скалисты вследствие высокой прочности пласта доломитов, бронирующего поверхность плато. Время от времени на них происходят крупные обвалы, разновозрастные следы которых хорошо видны на расположенных ниже крутых склонах.

Подземные воды плато выходят на поверхность по его периферии чаще всего на дне или в нижних частях склонов долин, образуя на многих реках наледи — замороженные на время зимы водные потоки [4].

Особенно впечатляет исток подземной реки Селиндэ. Он расположен в 12 км к юго-востоку от поселка старателей, также носящего название Мар-Кюель. За миллионы лет выходящий из-под земли водный поток совместно с процессами денудации сформировал огромную воронку в виде амфитеатра высотой около 300 м и диаметром более 400 м. Вблизи его подножия из-под земли появляется мощный поток, образующий уникальную реку Селиндэ — одну из самых удивительных не только на плато Мар-Кюель, но и на всем северо-востоке Евразии.

Высокая красная стена чашеобразного обрыва сложена из песчаника и увенчана несколькими белыми каменными башнями денудационных останцов, образованных из прочных доломитов. Два из них особенно выразительны и представляют собой причудливые замки с башенками и колоннами, которые легко можно принять за творение человеческих рук. Между ними выделяется высокая колонна с утолщением в привершинной части, стоящая на массивном постаменте. Останцы образуют «в высшей степени романтический уголок», как нельзя лучше пригодный для «таинственного жилища духов», — писал известный российский ученый, исследователь Сибири и Дальнего Востока А.Ф.Миддендорф в своей знаменитой книге «Путешествие на север и восток Сибири» [5].

У самого подножия обрыва образовался крутой склон, сложенный хаотическим нагромождением огромных глыб, свалившихся сверху. Время от времени с отвесной стены срываются отдельные крупные камни и целые блоки горных пород. Они с огромной скоростью летят вниз, оставляя за собой след в виде сломанных деревьев и расколотых обломков. Среди скоплений крупных глыб местами имеются выступы горизонтально залегающих и устойчивых к выветриванию пластов доломитов. Таким образом, огромная воронка, напоминающая по форме и размерам ледниковый кар, отступает вглубь плато под действием комплекса денудационных процессов — выветривания, обвалов, осыпей, солифлюкции и растворения карстующихся пород.

Воронка открыта на юг и у своего подножия, как в фокусе линзы, собирает тепло со склонов. Здесь среди камней разного размера сформировалась разнообразная и богатая растительность с труднопроходимыми зарослями из переплетающихся кустов шиповника, спиреи, голубики, можжевельника и бузины. Изредка на небольших лужайках с примитивными почвами встречаются венерины башмачки, занесенные в Красную книгу Хабаровского края.

Взбираясь на камни, где это удастся, или протискиваясь между ними, можно достичь места, где из-под доломитовой скалы выбиваются десятки водных струй различной мощности. Они сливаются вниз в единый поток, грохочущий по камням. Среди отдельных струй на протяжении около 150 м вдоль склона есть и несколько концентрированных потоков, расположенных примерно на одной высоте. Самый мощный выход воды находится в восточной части этого рассеянного источника. Чувствуется, как под его ударами дрожат огромные каменные глыбы. Как раз по ним можно подойти очень близко к выбивающемуся из-под земли потоку. Кипящая, рассеивающаяся на миллиарды брызг кристально чистая вода имеет температуру всего 4–5°C.

К западу от этого источника недалеко друг от друга имеются еще три концентрированных подземных потока, в сумме по объему воды равных основному. Скалы вокруг на всем пространстве рассечены множеством небольших трещин, из которых по поверхности камней сочится вода. Местами из узких отверстий бесшумно выбиваются маленькие хрустальные струйки. Летом от потока тянет прохладой и влажностью, поэтому все камни вокруг покрыты пышными подушками зеленого мха. Сливаясь ниже в один водный поток, они дают начало большой и не замерзающей даже в самые сильные морозы реке Селиндэ.

Таким образом, река общей протяженностью 18 км рождается сразу крупной, с постоянным стоком, на который климатические факторы не оказывают существенного влияния. На Селиндэ не бывает паводков даже в редкие для этих мест ливневые дожди, хотя после них уровень воды все же заметно повышается [6]. Селиндэ впадает в один из самых крупных притоков Алдана — р.Учур, образующую живописные меандры.

Река из подземелья своеобразна и отличается от многих других рек северной части Хабаровского края не только своим происхождением, но также водным и ледовым режимом. Начинаясь из-под земли, она, прыгая вначале по крупным глыбам, пенится на порогах в узком потоке, а затем оформляется в русло, которое лишь через несколько километров от своего истока превращается в обычную горную реку с плавными излучинами и быстрым течением на перекатах.

Поскольку количество воды в реке мало зависит от атмосферных осадков, она всегда остается полноводной. И даже зимой сток воды в ней не прекращается. При обычных здесь продолжительных сорокаградусных морозах вытекающая из-под земли вода не замерзает на протяжении 8–10 км. Поэтому в самые суровые холода, одевшись потеплее, очень редкие в здешних местах рыбаки ловят на удочку хариусов. Неутомимый сибирский исследователь наледей О.Н.Толстихин был восхищен зимним пейзажем в окрестностях истока Селиндэ, увидев, как деревья, кустарники и скалы вдоль ис-

крячущихся в мороз берегов бурлящего и покрытого паром потока укутываются толстым слоем пушистого инея [7].

Рано наступающая зима сопровождается сильными морозами, и уже в конце октября неглубокая река по всей ширине перекрывается ледовой плотиной. Довольно быстро образуется большая наледь, поражающая воображение всех, кто ее наблюдал в конце зимы или весной. По понижениям ее поверхности постоянно течет поток, ветвящийся на множество часто меняющих свое положение ручейков. Вода замерзает, перераспределяя сток к краям наледи. Ледовый панцирь растет в толщину, распространяется вниз и вверх по реке всю долгую зиму, подступает вплотную к лесу у подножий крутых склонов долины, а в отдельные годы проникает в краевые части тайги, оставляя на деревьях темные полосы — следы максимальной высоты льда.

К началу весны огромная наледь, протягивающаяся почти на 10 км, достигает толщины 5–6 м и заполняет долину Селиндэ по всей ее ширине. Известно, что Миддендорф в мае 1844 г. на пути из Якутска к устью Уды прошел по этой наледи, испытывая большие неудобства. Лошади и люди ценой невероятных усилий передвигались по неровностям ледовой поверхности, периодически проваливаясь в пустоты, по дну которых текла вода. С большим трудом участникам экспедиции удалось преодолеть наледь и достичь р.Учур.

Миддендорф не только описал эту наледь (он называл наледи также накипнями), но и выявил причины и механизм ее образования. Он установил, что «...ледяные массы произошли не иначе, как посредством неоднократной накладки на прежний лед новых, тотчас же замерзавших тонких слоев из надледной воды». Ученый изучил стратиграфию ледяной толщи, условия ее намерзания и отметил наличие во льду прослоев песка и дресвы толщиной до одного дюйма. Местами на поверхности наледи он встречал холмы высотой до 3 м с жерлами на вершине, из которых постоянно

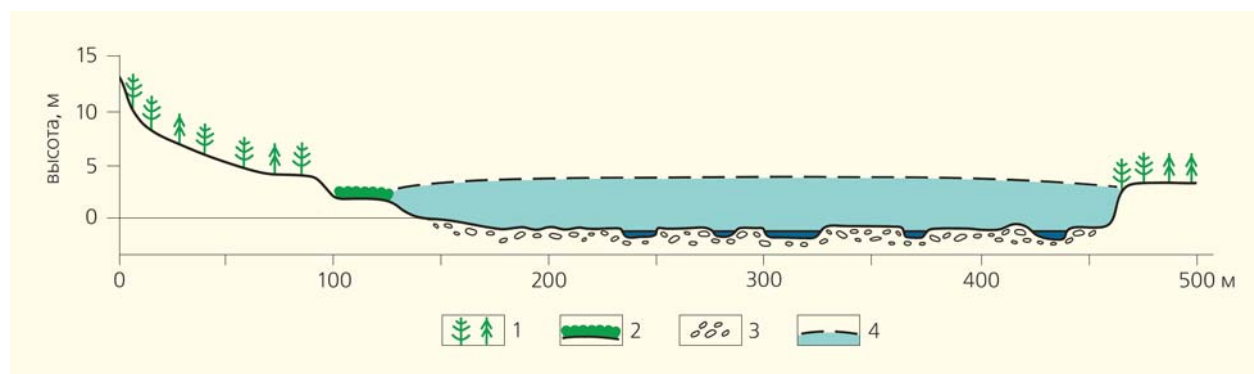
выступала вода и замерзала на склонах ледяных конусов. Кроме того, Миддендорф провел интересные наблюдения за влиянием наледей на микроклимат в долине, в частности на температуру воздуха в приземном слое. Было установлено, что на высоте 3 фута температура над наледью на 2–3° ниже, чем над поверхностью земли [5].

Наледь в долине р.Селиндэ — одна из крупнейших на северо-востоке страны. Ее объем, рассчитанный по размерам и толщине льда, составляет около 15 млн м<sup>3</sup>. Это в 15 раз меньше знаменитой Момской наледи, но, в отличие от нее, лед в долине р.Селиндэ ежегодно полностью исчезает и зимой появляется вновь. Размеры наледи год от года меняются. Наибольшей величины ледовая поверхность достигает в суровые зимы, когда достигает Учура и распространяется на несколько сотен метров по льду этой реки.

Наледь стаивает поздно. В июне потоки воды проливают ее до основания, и река в это время течет по узкому ледяному каньону с высокими отвесными берегами, иногда ныряя в подледные туннели. В прохладное лето наледь сохраняется до середины августа, однако в дождливый сезон исчезает уже в начале июля. По словам местных охотников, бывали годы с холодным летом, когда наледь не успевала полностью растаять.

Таяние наледи начинается с верхней и нижней ее частей. Вначале единая наледь разбивается на несколько больших фрагментов, которые, в свою очередь, дробятся по трещинам на еще более мелкие остатки льда. Интересно, что самые последние фрагменты наледи перед ее окончательным стаиванием остаются в разных частях долины, что, вероятно, связано с особенностями намерзания льда в условиях неравномерного расхода воды в течение зимнего периода в разные годы. Так, например, в 2013 г. остатки льда сохранялись в верхней по течению части, а в 2015 г. — в низовьях реки.

Место, которое занимала наледь, называется наледной поляной. В долинах рек такие участки выделяются своей открытостью и необычным об-



Строение дна долины р.Селиндэ на участке распространения наледи. Условные обозначения: 1 — склоны и высокая терраса (северная тайга), 2 — низкая терраса с кустарниками, 3 — галечно-валунные отложения, 4 — наледь при максимальном развитии.

ликом ландшафта среди господствующих в этих краях редколесных таежных пространств, тянущихся на тысячи километров. На дне таких долин формируются своеобразные луга из осоки, пушицы и низкорослой полярной ивы с небольшими кустиками курильского чая и березки Миддендорфа на повышенных участках.

На наледной поляне русло постоянно изменяется, разбивается на десятки и сотни широких, коротких, мелких рукавов, которые часто сливаются друг с другом и достигают ширины 100–120 м. Они ветвятся по дну долины среди поверхности, сплошь усыпанной слабоокатанной галькой и мелкими валунами. Поверхность поляны очень неровная — как поперек, так и вдоль русла, потому что лед тает неравномерно и поток воды, принося гальку и валуны, откладывает их между пока не растаявшими кусками льда. Так возникли целые скопления камней в виде невысоких гряд, ориентированных вдоль течения реки. Гряды разделяют поток на отдельные



Остатки наледи в середине июля.

струи, образуя перекатные участки. А на месте льда, вытаявшего позже, появляются довольно глубокие понижения разных размеров и форм. Ниже по течению образуются небольшие плесы длиной 5–10 м и шириной всего 2–3 м. Местами глубина на плесах достигает 1.5 м.



Наледная поляна.



Долина р.Селиндэ. В понижениях рельефа среди растений господствует пушица.

Самые маленькие из рукавов имеют в ширину не более метра и часто исчезают среди скоплений камней, а местами расширяются, образуя озеровидные поверхности. Повсюду встречаются понижения различных размеров, заполненные прозрачной водой. В небольших лужеподобных водоемах площадью всего несколько квадратных метров видно, как с одной стороны сочится вода, постоянно пополняя их, а с другой стороны она уходит, теряясь в развалах валунов.

В низовьях р.Селиндэ в русле появляются многочисленные острова, покрытые густыми зарослями ивы. Рукава расходятся по всей ширине дна и впадают в Учур несколькими самостоятельными потоками. В этой части долины наледь образуется не всегда, а лишь в годы с повышенной водностью.

Растительность на освобожденной ото льда поверхности запаздывает в развитии. Многочисленные ледяные фрагменты разных размеров окаймлены полосками влажной земли, бывшей недавно под холодным покрывалом. Ее стремятся как можно быстрее занять тонкие нежные былинки травянистых растений, несмотря на холодный воздух у края нерастаявшего еще льда. На миниатюрных кустиках ивы высотой всего 10–12 см белые комочки соцветий появляются лишь в середине августа, когда многие растения начинают примерять осенний наряд. Таким образом, на небольшом пятнышке под затененным крутым склоном долины можно одновременно встретиться с тремя сезонами года.

Долина р.Селиндэ на участке наледной поляны — это не только ландшафтный оазис среди однообразия северной тайги. Здесь сложился своеобразный животный мир, пока еще слабо потревоженный человеком. В долине исключительно высока плотность птичьего населения. Несмотря

Вдоль каменистого русла по обоим берегам реки раскинулись изумрудные луга из осоки, пушицы и теряющейся в сочной траве ивы. Луга украшены разнообразными многочисленными цветами. Повсюду все лето сохраняются яркие клумбы нежно-фиолетовых ирисов, оранжевых купальниц, невысоких кустиков курильского чая со скромными желтыми чашечками. В понижениях радуют глаз многочисленные белоснежные комочки пушицы. На менее увлажненных возвышенных участках приютились полянки с преобладанием кровохлебки.

Растительность на освобожденной ото льда поверхности запаздывает в развитии. Многочисленные ледяные фрагменты разных размеров окаймлены полосками влажной земли, быв-



Разбросанное русло р.Селиндэ.



Устье р.Селиндэ.





Лето в долине р.Селиндэ. Местами встречаются роскошные букеты ирисов (слева), а на участках долины с хорошими дренажными свойствами растет крокус лекарственный.

на то что по прямой отсюда до Охотского побережья более 300 км, поражает обилие чаек и крачек. Они с криками носятся над водой в поисках рыбы. Птицы не только фанатично защищают свои гнезда, но и стремительно пикируют на рыбаков, видя, вероятно, в них конкурентов, даже если те находятся посреди широкого русла. В отличие от чаек, утки, завидев людей, пытаются увести выводки в густые прибрежные травы. В долине реки отмечается большое количество хищных птиц — кор-

шунов, орланов-белохвостов, канюков, скоп. Довольно часто встречаются куропатка и глухарь.

Лиственнично-еловые леса на склонах долины — хорошие убежища, кормовые угодья и места для охоты многочисленных зверей. Самые распространенные среди них — лоси и северные олени. Здесь нередко можно увидеть бурого медведя, волка, соболя, лисицу. Встречаются горностай, кабарга и другие виды. Разнообразные ягодники (брусника, голубика, шикша, костяника, жимо-



Тающая наледь. Она сокращается в размерах, а ее место занимает молодая растительность.



Утренний туман в долине.

лость, толокнянка) и заросли кедрового стланика привлекают многочисленных грызунов, среди которых господствуют вездесущие бурундук и восточносибирская белка.

В р.Селиндэ исключительно много рыбы. Здесь постоянно обитают хариус и ленок. Зимой они уходят в Учур и частично поднимаются вверх — туда, где вода не замерзает. Летом, когда вода в Учуре прогревается, в Селиндэ заходят сиг и таймень, вы-

бирая для временного обитания наиболее глубокие плесы ниже перекаатов. Рыба привлекает сюда птиц, животных и, конечно же, человека.

В долине реки летом формируется особый микроклимат. Почти ежегодно по две-три недели стоит настоящая жара с температурой до 30°C. Днем подстилающая поверхность сильно нагревается. Но с заходом солнца холодная вода в реке и остатки наледи охлаждают воздух значительно быстрее, чем на склонах. И тогда физически ощущается холодный воздушный поток, направленный поперек долины.

Во второй половине лета нагретый за день и остывший ночью воздух каждое утро заполняет все пространство над рекой густым туманом. Через 2–3 ч после восхода солнца его лучи проникают в долину из-за высокого и крутого склона. И тотчас становятся видны пронизанные солнечными лучами миллиарды мельчайших невесомых капелек, из которых состоит туман. Они находятся в постоянном движении от затененного склона к освещенному. Приближаясь к склону, капельки постепенно исчезают, превращаясь в прозрачный водяной пар.



Радуга в тумане.



Одичавшие лошади в долине р.Селиндэ.

И, когда туман становится менее плотным, над противоположным от солнца бортом долины появляется небольшая широкая радуга с неяркими приглушенными цветами.

Люди появились в этих местах еще в неолите. Однако в археологическом отношении территория изучена крайне слабо. Труднодоступность, отсутствие дорог и оседлого населения затрудняют исследования мест обитания древнего человека. Недалеко от устья Селиндэ, на правом высоком берегу Учюра, сохранились остатки часовни и нескольких строений стойбища, относящихся к середине XIX в. Затем жизнь здесь замерла на десятилетия, но старатели артели «Амур» использовали небогатые питательными веществами местные почвы для развития своих подсобных хозяйств. И если опыты с разведением сельскохозяйствен-

ных культур оказались не вполне удачными, то на изумрудных лугах долины Селиндэ все короткое лето паслись коровы.

Сейчас, в связи с сокращением золотодобычи в окрестностях плато Мар-Кюель, хозяйственная деятельность на берегах р.Селиндэ прекратилась. Изредка сюда приезжают рыбаки да останавливаются на несколько дней представители местных народов, совершающие свои кочевые перемещения по проходящему тут старинному пути из Якутска на Уду. В настоящее время в окруженной лесами долине пока еще живут несколько полудичавших лошадей, непонятно как переносящих суровую зиму и нападки хищных зверей. Будущее этой территории в ближайшие десятилетия видится в развитии туризма, возможности которого пока еще очень ограничены. ■

## Литература

1. Берсенов Ю.И. Карст Дальнего Востока. М., 1989.
2. Гвоздецкий Н.А. Природа мира. Карст. М., 1981.
3. Пармузин Ю.П. Карст в мерзлых грунтах // Природа. 1984. №10. С.34–40.
4. Федоров А.М. Карст и наледь на плато Мар-Кюель (Аймо-Учурское междуречье) // Исследование наледей. Якутск, 1979. С.114–121.
5. Миддендорф А.Ф. Путешествие на север и восток Сибири. Ч.1: Север и восток Сибири в естественно-историческом отношении. СПб., 2004.
6. Махинов А.Н. Особенности русловых процессов рек карстовых районов в условиях многолетней мерзлоты (плато Мар-Кюель, Хабаровский край) // Труды VI конференции «Динамика и термика рек, водохранилищ и прибрежной зоны морей», Москва, 22–26 ноября 2004 г. М., 2004. С.424–425.
7. Толстихин О.Н. В краю наледей. Л., 1978.

# *Городские голуби: полиморфизм и стратегии выживания*

Н.Ю.Обухова





**Наталья Юрьевна Обухова**, кандидат биологических наук, научный сотрудник кафедры биологической эволюции биологического факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова. Область научных интересов — орнитология, микроэволюция, популяционная генетика птиц.

**Ключевые слова:** голубь, полиморфизм, фенотип, окраска оперения.  
**Key words:** pigeon, polymorphism, phenotype, plumage color.

Городские сизые голуби — это птицы-космополиты, живущие на всех обитаемых континентах. Многие народы с древности оказывали голубю почтение. Например, эта птица считалась символом плодородия. В странах Востока она была священной: сидя на плече пророка Мухаммеда, олицетворяла сходящее на него божественное вдохновение. В христианстве голубь — символ Святого Духа.

### Происхождение городских голубей

Голуби неразрывно связаны с человеком, они приспособились к жизни в самых перенаселенных местах его проживания — в городах. Синантропный, т.е. сопутствующий человеку, городской голубь произошел от дикого, т.е. сизого (*Columba livia*), и поныне обитающего в своих естественных ландшафтах — на равнинных и горных территориях в зонах мягкого климата. Ареал обитания дикого вида простирался от юга Британских о-вов и Пиренейского п-ова через Кавказ и Среднюю Азию до Саян и от Северной Африки через Малую Азию, Иран и Афганистан до Индии и Западного Китая [1]. В настоящее время дикие популяции немногочисленны, они сохранились мозаично в глухих местах, удаленных от человеческих поселений.

Однако, прежде чем научиться жить в городах, голуби прошли многовековую историю одомашнивания. Городские голуби происходят не непосредственно от диких предков, а от одичавших домашних сородичей. Это древнейшие домашние животные, чья культурная история насчитывает от пяти до восьми тысяч лет. Мнения о территориях и первых этапах одомашнивания расходятся. Согласно одной из теорий, это произошло на Ближнем Востоке вслед за развитием земледелия: птицы сами начали селиться рядом с человеком, привлекаемые зерном.

В раннее средневековье по сухопутным и морским торговым путям голуби распространились по миру. Известный немецкий естествоиспытатель Альфред Брэм называл этих птиц гражданами мира, потому что они обитают везде, за исключением Северного и Южного полярного круга. В настоящее время — во всяком случае, на территории России — они поселились и в некоторых городах Заполярья.

Уже в начале нашей эры благодаря естественным мутациям, тщательно селективируемым человеком, возникло множество рас голубей. Из них позднее оформились породы, которых сегодня, по некоторым оценкам, уже больше 800 [2].

Фото Ryan Wick

© Обухова Н.Ю., 2016

## Породы голубей

Полную геномную последовательность ДНК сизого голубя секвенировал Майкл Шапиро с коллегами в 2013 г. в Университете Юты [3]. Анализ ДНК подтвердил предположение, что родина домашних голубей — Ближний Восток. Для исследования были выбраны геномы двух диких видов и 36 декоративных пород голубей из разных регионов США. Генетическое сходство обнаружилось между всеми особями. Также установили, что появление гребня на голове или шее голубей целого ряда пород вызывается единичной мутацией в гене *EphB2*, при которой перья птицы растут не вниз, а вверх (рис.1).

Подобные работы по исследованию геномов помогут узнать не только центры происхождения некоторых пород голубей, но и проследить пути расселения по миру одичавших популяций.

Поддерживается три основных направления голубеводства: спортивное, декоративное и сельскохозяйственное. Исторически выводили особей, обладающих прекрасными летными качествами и способных развивать высокую скорость. Голуби прекрасно ориентируются в пространстве и на местности, у них обострено так называемое чувство дома — хоминг. Именно эти особенности легли в основу выведения почтовых голубей. Сейчас, в век электронной почты, уже никому не придет в голову использовать птиц в таких целях, однако разведение почтовых голубей не только не прекратилось, а, наоборот, достигло невероятного размаха. Теперь их называют спортивными и выводят для состязаний на скорость и дальность перелета.

Во многих странах занимаются разведением декоративных пород голубей. Внимание селекционеров привлекает любой признак: цвет, форма, размер, — все испытывается в процессе отбора. Существуют десятки цветовых вариаций и сотни оттенков окраски оперения, различные формы глаз, клюва, головы и, казалось бы, совершенно невероятные формы тела (рис.2).

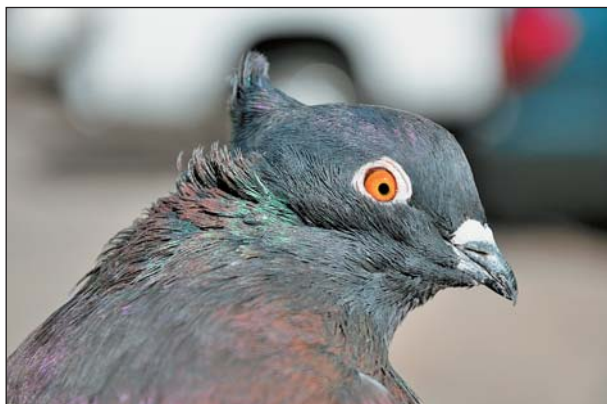


Рис.1. Голубь индийский павлин. Гребень на голове птицы — результат единичной мутации в гене *EphB2* [3].

С давних пор голубей научились также использовать как сельскохозяйственных животных. От них получают мясо, перо и удобрения. В Западной Европе и в США широко распространено именно мясное голубеводство.

Итак, очевидно, что голубеводство — отрасль хозяйственной деятельности и область увлечений человека, которая во все времена будет более или менее интенсивно развиваться. Но обратим свое внимание на тех голубей, которые сосуществуют рядом с человеком стихийно, помимо его воли.

Городской, или, правильнее, синантропный, сизый голубь, живущий не только в городском, но и в сельском ландшафте, — это дикий вид, такой же, как домовый воробей или серая ворона. Трудно найти исторические указания на время появления таких голубей в России. Скорее всего, формирование стай одичавших голубей происходило одновременно со становлением христианства на Руси, с развитием храмовой культуры. Сизому голубю, для того чтобы выжить в степной или лесной зоне, необходимы два фактора: возможность гнездования в защищенном от естественных врагов месте и кормовой ресурс для переживания неблагоприятных условий, когда добыть семенной корм очень трудно из-за снежного покрова. Храмовые постройки — соборы, колокольни — дали птицам множество удобных и хорошо защищенных мест для гнездования, а благожелательное отношение людей (подкормка хлебом и зерном) обеспечило выживание в зимний период. Вероятность прокормиться во время снежных заносов и выжить была гораздо выше рядом с человеком, чем в дикой природе. В местах погрузки и продажи зерна, у постоянных дворов, конюшен и т.д. всегда можно было найти какой-нибудь корм. Домашние голуби, разлетаясь от своих хозяев и дичая, образовывали стаи, колонии, а потом и популяции городских птиц.

## Разнообразие окраски

Дикий тип сизого голубя строго консервативен по окраске. В диких популяциях всегда сохраняется мономорфная, т.е. единообразная, окраска оперения. Голова птицы окрашена в темно-сизый цвет, шея — с зеленоватым металлическим отливом, спина серо-сизого цвета, надхвостье белое. Маховые перья сизые, постепенно темнеющие от основания к вершине. Кроющие перья крыла светло-сизые, и поперек их от маховых проходят две черные полосы. Клюв у птиц черный, а ноги красные [1].

У городских же голубей встречается самая разнообразная окраска оперения — они по ней полиморфны. Существует полный спектр переходных форм от сизых особей с небольшим количеством черных пятнышек на светлых крыльях до абсолютных черных птиц, похожих на грачей. Некоторые го-



Рис.2. Декоративные голуби разных пород: марченеро (а), саксонский священник (б), снегирь (в), брненский дутыш (г), английский трубач (д), курчавый (е; вид сверху), драгун (ж).



Рис.3. Голуби различных фенотипов в г.Оахака (Мексика).

Фото автора

родские голуби имеют белое оперение на какой-нибудь части тела. И наконец, есть птицы красноватой, сиреневатой или коричневой окраски (рис.3).

Почему же окраска городских голубей и их диких сородичей так сильно различается? Городские голуби ведут свое происхождение от домашних птиц, отличавшихся от своих диких прародителей многообразием пород и окрасок. Еще Чарльз Дарвин блестящим примером возвратного скрещивания доказал генетическое родство диких голубей и их чистопородных потомков. Посадив в вольер особей разных пород и предоставив им возможность свободно скрещиваться, через

несколько поколений он получил типичного сизого голубя, по внешнему виду мало отличающегося от дикого предка.

В настоящее время, где бы вы ни наблюдали городских голубей: в Северной и Южной Америке, Европе, Африке, Азии, — вы увидите, что все птицы морфологически одинаковы, но имеют разную окраску. Безусловно, географическая изменчивость морфологических признаков существует, причем она достаточно велика, но определить ее можно лишь морфометрическим методом. Да и трудно себе представить, чтобы породы, созданные человеческой фантазией, могли участвовать в конкурентной борьбе за выживание в естественных условиях, даже если их будут подкармливать бабушки в скверах и туристы на площадях. Голубеводы выводят и такие породы, как, например, короткоклювые турманы (рис.4), которые неспособны выкармливать даже собственных птенцов, поэтому для них специально держат приемных родителей, кормилок.

С окраской же все иначе. Ее единообразие имеет огромное значение в диких популяциях, тем более для голубей, ведь они держатся и перелетают стаями и кормятся на открытых пространствах. Любая резко отличаю-

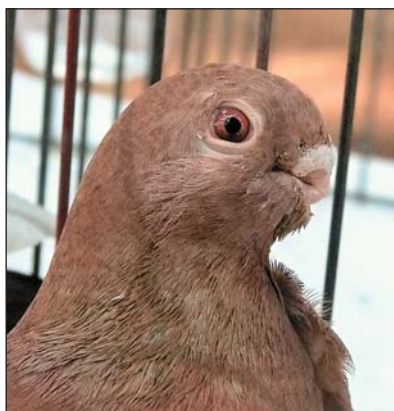


Рис.4. Породы голубей, неспособных выкармливать собственных птенцов: будапештский короткоклювый турман (слева) и африканская сова.

Фото John Adams



щаяся по окраске особь становится первой мишенью для пернатого хищника. Другое дело — в городах. Естественным врагом для стаи голубей, собирающей корм на площади, можно считать лишь бродячего кота или собаку. Будут ли эти звери ориентироваться на окраску особи? Конечно нет, они схватят любую зазевавшуюся или ослабленную птицу. Таким образом, естественный отбор в этом случае по признаку окраски идти не будет.

В жизни животных окраска имеет огромное значение. Роль криптической (или маскирующей), предостерегающей и других форм защитных окрасок очевидна: они помогают избежать гибели. Однако встречаются и такие феномены, которые, безусловно, приспособительны, но объяснить их значение довольно сложно. Яркий пример — индустриальный меланизм (меланин — пигмент черного цвета). Это повышение доли темно окрашенных форм в районах, ставших индустриальными, где ранее, до промышленного развития, встречались преимущественно светлые формы [4].

Явление меланизации хорошо изучено на бабочках и божьих коровках. Иногда и жители городов, сами того не замечая, формируют облик животных. В Глазго в районах с высоким уровнем жизни люди предпочитают заводить домашних кошек светлых фенотипов, а в районах с низким уровнем жизни преобладают кошки темной окраски.

### Меланизация голубей в городах

Этот процесс начался 50–60 лет назад, и сегодня практически во всех городах мира большинство городских сизых голубей уже вовсе не сизые, а черные. Однако эти изменения окраски прошли для многих жителей незамеченными — настолько все привыкли к этим птицам. Откуда взялись меланисты и почему они стали превалировать над сизыми, красными, коричневыми, белыми и другими особями? Рассмотрим причину этого явления на примере г.Москвы.

В конце XIX в. в Москве обитало множество голубей. До 1917 г. их насчитывалось больше, чем любых других птиц. Обилие лошадей в извозе, связанные с этим потери и просыпи зерна из торб, а также непереваренные зерна в конском навозе, многочисленные фуражные и продовольственные лавки, подкормка птиц у церквей — все это позволяло существовать голубиным стаям. В тяжелое в продовольственном отношении время, с 1917 по 1922 г., голуби вымерли в Москве практически полностью, а отчасти были выловлены и съедены. Дело в том, что, как только человеческое общество попадает в полосу лишений и голода, голуби в первую очередь становятся добычей: их отлавливают и употребляют в пищу. Таким образом, голуби всегда выполняют роль «живых консервов»: в благополучные времена находятся под покровительством человека, а в трудные — ценою тысяч своих

жизней позволяют ему выживать. В дальнейшем положение птиц не улучшилось. Конный транспорт постепенно исчез, а вместе с ним и фуражные лавки. Погрузка зерна сосредоточилась всего в нескольких точках города, где и сохранялись пятнышки небольших колоний голубей. Во время войны, в 1941–1945 гг., птицы исчезли в городе полностью, лишь изредка встречаясь на товарных станциях.

В послевоенные годы восстановление численности голубей поначалу шло медленно. Обитали они в пределах Садового кольца, питались в основном тем, чем их подкармливали люди. Золотое время для голубей неожиданно настало в 1956 г. Исполком Моссовета вынес решение «О завозе и разведении в Москве голубей к VI Всемирному фестивалю молодежи и студентов». Само проведение фестиваля в послевоенную эпоху стало выдающимся социально-политическим событием. Готовились к нему с грандиозным размахом. Для восстановления численности голубей в Москве приняли очень скорые и эффективные меры. Юннатским кружкам в школах и при домах пионеров, клубам голубеводов при предприятиях и в районах было поручено разводить голубей и выпускать их на улицы. Птиц привозили и из других городов в подарок фестивалю. При Московском государственном университете возникла группа, занимавшаяся селекционной работой по выведению породы под названием «голубь мира». Открыли 113 подкормочных площадок, с лотков продавалось до 700 кг зерносмеси в день. Кроме того, спецмашины горветотдела разбрасывали столько же зерна еженедельно.

Создание столь благодатных условий не замедлило сказаться на численности голубей: за два года она резко увеличилась. В ноябре 1957 г. члены юношеской секции Всероссийского общества охраны природы подсчитали, что в Москве обитает более 8 тысяч сизых голубей, а учет, проведенный ветеринарной службой в октябре 1958 г., показал, что их уже 35 тысяч. За 1958 г. в Москве было построено 25 сооружений для гнездования голубей — так называемых голубятен-вольниц.

Произошли изменения и в поведении голубей. Из пугливых птиц, обитающих и кормящихся в маленьких двориках, они превратились в социальных, образующих большие скопления на оживленных площадях в тесном соседстве с человеком. И еще одно важное изменение затронуло внешний вид птиц. В первые годы после фестиваля в стаях увеличился процент пестрых особей, появившихся от скрещивания с одичавшими декоративными голубями, выпущенными в дни мероприятия.

В 1960–1970-е годы для синантропного голубя начинается новая эра эволюционного становления — период территориальной экспансии. Городские власти уже не заботились о том, чтобы поддерживать численность голубей. Города стали слишком тесны для вида, научившегося рационально использовать условия, создаваемые чело-

веком. Голуби разлетались и захватывали новые пространства, осваивали сельский ландшафт. Развитие коллективного сельского хозяйства советского периода в сочетании с бесхозяйственностью (поздней уборкой зерна, плохой транспортировкой и хранением) создавали птицам условия для расселения. Вместе с первопроходцами-целинниками они очень успешно заселяли просторы Северного Казахстана: например, в 1989 г. в небольшом поселке Кургальджино с населением около 3 тыс. человек численность голубей превышала 10 тыс. особей. По железнодорожным путям и автомагистралям сизые голуби освоили все пространство бывшей территории Советского Союза. По Транссибирской магистрали они добрались до Владивостока, а потом попали и на Сахалин. В 1981 г. небольшая популяция обитала в Магадане, а в 1996–1997 гг. стая из десятка голубей уже вела борьбу за выживание в западносибирском городе Ноябрьск со всего 15-летней историей. По железнодорожным путям птицы расселились по территории Забайкалья и Дальнего Востока, а покориив город Улан-Удэ, двинулись в столицу Монголии — Улан-Батор. Оказавшись в ареале исконного обитания скалистого голубя (*Columba rupestris*), стали с ним скрещиваться, давая плодовитое потомство, которое легко адаптировалось к жизни в поселках и городах.

Одновременно с увеличением численности голубей происходил еще один процесс — формировался меланистический (черный) тип окраски. Светлоокрашенные и пестрые птицы из поколения в поколение вытеснялись из популяций, и в процентном отношении их становилось гораздо меньше, чем темноокрашенных. Явление меланизации носит адаптивный характер: темные особи оказывались более приспособленными к обитанию в среде, которая становилась переполненной. Казалось бы, голуби не очень плодовиты — всего два птенца в выводке, однако за год при оптимальных кормовых условиях пара способна давать четыре-пять выводков, а иногда и шесть. Так, например, за лето птиц обычно становится втрое-вчетверо больше, поскольку легко доступен корм из мусорных баков, вызревают семена трав. В конце 1980-х годов в крупных городах голуби если и не стали социальным бедствием, то, во всяком случае, начали создавать много хлопот.

Главное, что отличает популяции голубей, связанные с человеческим жильем, от диких, — более высокая плотность и возможность совместного гнездования большего количества птиц. Изобилие корма позволяет прокормиться на маленькой территории значительно большему числу особей, чем это возможно в дикой природе, а это влечет за собой переход к жизни в огромных скоплениях и к росту взаимодействий между птицами как в колонии, так и при добыче пищи. В этом случае меланистические особи оказываются более толерант-

ными к плотности. Было бы наивным полагать, что различия в поведении особей жестко связаны с окраской. Последняя, по-видимому, определяет только изменение порогов реакций, которые в сочетании с другими признаками обуславливают достижение оптимального поведенческого стереотипа.

## Голубиное население Москвы

Почти сорокалетнее (с 1977 по 2015 г.) исследование динамики количества и фенотипического состава городских голубей Москвы [5] показало, что наибольшая численность этих птиц в пределах Садового кольца приходилась на 1980–1988 гг. В конце 1970-х — начале 1980-х годов господствовали особи меланистической окраски. Уровень меланизации связан с плотностью населения птиц: чем больше их скопление, тем выше процент меланистов [6]. Полиморфизм окраски оперения у сизых голубей возник в результате длительного генетического смешения различных пород и приспособления их потомков к дикому образу жизни в городской среде. В отсутствие пернатых хищников окраска перестала определять выживаемость и вышла из-под влияния естественного отбора. А меланизм у городских голубей формируется как адаптация к высокой плотности на гнездовьях, в результате быстрого накопления физиолого-поведенческих различий, контролируемых ответственными за окраску генами.

Уровень меланизации в Москве увеличивался по мере продвижения от окраин к центру города, в то время как количество сизых особей, наоборот, уменьшалось (рис.5).

В популяциях голубей помимо особей основных фенотипов (сизые, переходные, меланисты) встречаются особи трех более редких, аберрантных, классов: красные, альбиносы и сиреневые. Особи аберрантных окрасок встречались в небольшом количестве, их совокупная частота встречаемости в 1978 г. не превышала 8%. Поскольку в первую очередь интересно было выяснить степень меланизации голубей в условиях их существования в городах, все редко встречающиеся формы объединялись в одну группу.

Существенное снижение доли меланистов в целом по Москве произошло в 1991 г. — с 50.4 до 36.1%, и в это же время значительно повысилась частота встречаемости сизых особей в ответ на уменьшение пресса меланизации (рис.6).

С 1991 по 1994 г. отмечено резкое снижение численности голубей: в центре города и в районе Садового кольца в 2-3 раза, в более удаленных от центра районах в 1.5-2 раза. Коренные изменения социальных и экономических условий в обществе той поры повлияли и на условия обитания птиц.

Исчезали очаги скоплений голубей прежде всего на площадях у станций метро, так как застраивались и сжимались необходимые свободные

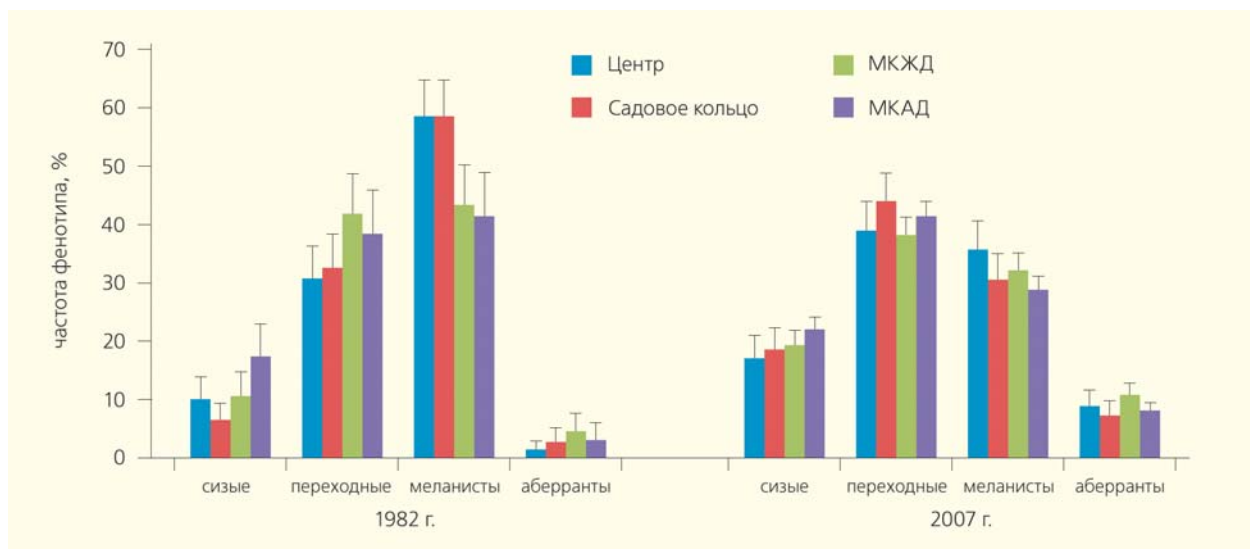


Рис.5. Средние значения частот (в %) фенотипов голубей в разных районах г.Москвы.

пространства для сбора корма из пищевого мусора. В центральных частях города стала меняться архитектура зданий, ограничивая количество мест, удобных для гнездования, — доступных чердачных помещений. Пищевые отходы в мусорные баки стали попадать в полиэтиленовых пакетах, что также ограничило для голубей добычу корма в зимний период.

Достаточно резкое падение численности сизого голубя в 1990-х годах характерно не только для Москвы. Похожая ситуация описана, например, для Новосибирска [7], где в 1999–2000 гг. численность голубей в среднем по городу достоверно снизилась в 4.5-4.7 раза по сравнению с 1978–1980 гг.

В 2005–2007 гг. были оценены частоты фенотипов голубей в 85 точках Москвы — и отмечены существенные изменения фенотипического облика популяций по сравнению с началом 1980-х годов. Исчезновение громадных скоплений и снижение плотности населения в колониях повлекло к уменьшению пресса меланизации. Меланисты перестали быть доминирующим фенотипом, их доля повсеместно упала: на 23 % в центре, на 11.2 % в районах, прилегающих к Московской кольцевой железной дороге (МКЖД), и на 12.7 % на окраинах. Заметно повысилась частота встречаемости сизых особей, голубей переходной окраски также стало немного больше в центре. Существенные изменения произошли в классе особей абберрантных окрасок. Доля птиц, несущих редкие гены окраски оперения, повсеместно повысилась, а в отдельных точках города достигла максимальной отметки (ул. 1905 года — 18.2 %, ул. Демьяна Бедного — 17.3 %, ст. м. «Академическая» — 17.7 %).

Высокая генетическая гетерогенность свойственна сравнительно молодым популяциям, особенно в тех городах, где население голубей возникает на основе разрозненного генетического

материала из особей одичавших домашних пород. Во всех недавно возникших популяциях голубей в городах Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого автономных округов высоки (26–35 %) частоты встречаемости особей абберрантных окрасок [8].

Для сизарей Москвы в последние 30 лет не характерна подпитка колоний особями домашних пород, разлетающимися из голубеводческих хозяйств. В зоне постоянных наблюдений не зарегистрированы случаи закрепления в стаях мигрантов домашних пород. Можно допустить, что повышение генетической гетерогенности произошло за счет расширения резерва комбинативной изменчивости. Однако это маловероятно, так как

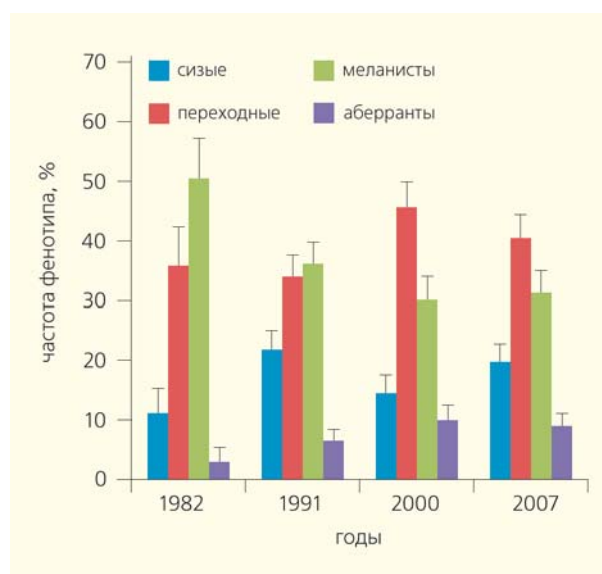


Рис.6. Средние значения частот (в %) фенотипов голубей в пределах г.Москвы в 1982–2007 гг.

в данный период наблюдалось общее сокращение численности голубей. Аберрантные фенотипы в колониях были всегда, произошло увеличение частоты их встречаемости. Голуби редких фенотипов испытывали давление со стороны преобладающих по численности особей. Уменьшение давления внутривидовой конкуренции позволило аберрантам повысить свою численность.

## Голуби в городах мира

В настоящее время такую картину, когда численное преимущество одного господствующего класса особей подавляет генетическое разнообразие других окрасочных фенотипов, можно наблюдать в ряде городов мира: в Венеции, Барселоне, Толедо, Севилье, Гранаде, Дели, Буэнос-Айресе.

Иногда искусственно создаваемые колонии голубей успешно существуют, размножаются и образуют локальные популяции, долгое время сохраняющие определенный фенотип. Так, в Испании в Севилье при подготовке к Всемирной выставке 1992 г. площадь Америки заселили белыми голубями. В октябре 2001 г. там обитала колония из более чем 500 особей, причем в подавляющем большинстве — белых.

Исследования, посвященные изменчивости окраски оперения сизых голубей в 192 городах и населенных пунктах Европы, показали, что наиболее меланизированы популяции голубей, обитающие в условиях повышенной плотности. Популяции сельских ландшафтов менее меланизированы, чем городские, а частота встречаемости птиц аберрантной окраски колеблется случайным образом, повышаясь лишь в некоторых локальных местообитаниях.

Отношение к голубям в разных странах в разные эпохи было очень противоречивым. Например, были времена, когда в Шотландии человеку, отловившему голубя, отрубали правую руку. Первые появившиеся в Северной Америке сизые голуби были завезены в Новую Шотландию в 1606 г.

В настоящее время они процветают от Аляски до Огненной Земли в Южной Америке. Важная причина процветания голубей заключается в том, что некоторые люди получают удовольствие, подкармливая их и наблюдая за ними. Одна голубиная благотельница в штате Коннектикут в США скармливала птицам до 90 кг зерна ежедневно, привлекая этим громадные стаи.

В крупнейших европейских городах голубей поставили на службу индустрии туризма. Наиболее впечатляющую картину можно наблюдать в Венеции, на главной площади Сан-Марко, где уличные сизари образуют многотысячные скопления. В рекламных проспектах голуби стали самостоятельной достопримечательностью этой площади. В то же время городские власти Венеции вынуждены бороться с голубиной напастью. Безусловно, замечательно, что голуби развлекают туристов, но при этом они нещадно загрязняют памятники архитектуры. Чтобы ограничить численность голубей, приняли специальные меры. Например, с лотков разрешалось продавать только зерно, прошедшее обработку гормональными препаратами, тормозящими у голубей функции размножения. Гормональная регуляция — мера эффективная, достаточно дорогая, но временная. Она тормозит размножение, но не стерилизует птиц. И как только проходит действие гормонов, возникает вспышка плодовитости. Кроме того, туристы подкармливают голубей не только зерном, покупаемым на лотках.

Применяются и другие методы охраны памятников. Например, все места на скульптурах, на которые могут садиться голуби, покрываются тонкими, остро торчащими вверх проволочками, незаметными с земли. Однако и это средство, конечно же, недостаточно универсально. Проблемы, создаваемые высокой численностью голубей, остаются.

Однако для человека, живущего в городской громаде зданий, ощущение присутствия другого живого существа просто необходимо. Поэтому у городских голубей на всей планете и во все времена найдутся защитники. ■

## Литература

1. Гладков Н.А., Дементьев Г.П., Птушенко Е.С., Судилова А.М. Определитель птиц СССР. М., 1964.
2. Vogel C. Bechtermünz Verlag // Tauben. Augsburg, 1997.
3. Shapiro M.D. et al. Genomic diversity and evolution of the head crest in the rock pigeon // Science. 2013. V.339. P.1063–1067. Doi:10.1126/science.1230422.
4. Kettlewell H.B.D. A resume of investigations on the evolution of melanism in the Lepidoptera // Proc. R. Soc. Lond. Ser. B. 1956. V.145. P.297–303. Doi:10.1098/rspb.1956.0037.
5. Обухова Н.Ю. Динамика морф сбализированного полиморфизма у сизых голубей (*Columba livia*) г.Москвы // Генетика. 2011. Т.47. №1. С.95–102.
6. Обухова Н.Ю., Креславский А.Г. Изменчивость и наследование окраски у сизых голубей // Зоол. журн. 1984. Т.63. №2. С.233–244.
7. Малкова А.Н. Многолетние изменения зимне-предвесеннего населения птиц Новосибирска // Животный мир юга Западной Сибири. Горно-Алтайск, 2002. С.31–36.
8. Салимов Р.М. Окрасочный полиморфизм синантропных сизых голубей Урала и сопредельных территорий: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 2008.

# Зарождение творчества: знаки на камне

Е.Н.Панов

Когда я впервые увидел фотографии камней со следами творчества пресapiенса, жившего не менее 70 тыс. лет назад, меня поразило их сходство с первыми рисунками современных детей (рис.1 и 2,*а*).

Желание чертить ничего не обозначающие каракули возникает у всех детей с нормальной психикой начиная с возраста 9–11 мес. Эту стадию рисования, которая продолжается еще полтора-два года, после чего оно становится более осмысленным, педагоги называют доизобразительной. Ребенок испытывает истинное удовольствие сначала от самих движений, а затем — от линий, которые появляются на бумаге в результате этих движений. Нанесение беспорядочных линий — это своего рода удовлетворение огромной потребности в движении, линии — первые «изображения», это своеобразные «прыжки по бумаге» [1].

При первых попытках рисовать ребенок, у которого кисть руки еще не приспособлена к тонким манипуляциям, а движения плохо контролируются глазами и мозгом, проводит, скорее всего, горизонтальные линии. Принимая во внимание, что пресapiенсу приходилось работать не карандашом или фломастером на бумаге, а кремневым острием по твердой поверхнос-

Окончание. Начало см.: Природа. 2016. №7. С.41–49; №8. С.30–39.

© Панов Е.Н., 2016



**Евгений Николаевич Панов**, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории сравнительной этологии и биокommunikации Института проблем экологии и эволюции имени А.Н.Северцова РАН. Лауреат Государственной премии РФ «За фундаментальные исследования в области коммуникации и биосоциальности животных» (1993). Научные интересы связаны с эволюцией поведения животных.

**Ключевые слова:** искусство эпохи палеолита, самые ранние артефакты изобразительного характера.

**Key words:** Paleolithic art, earliest art artefacts.

ти камня, вполне понятно, что «изображения» тоже не могли быть иными. Неудивительно и то, что все они невелики — размером всего лишь в несколько квадратных сантиметров. Подобный «узор» обнаружили археологи в пещере Горам на юге Пиренейского п-ова (рис.2,*б,в*) [2].

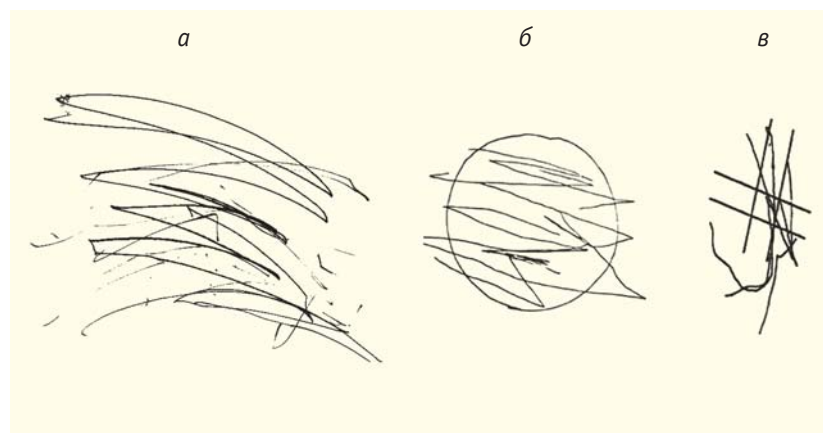


Рис.1. Каракули двухгодичного мальчика: *а* — спонтанный рисунок; *б, в* — в попытках подстроиться к заданным воспитателем шаблонам (кругу и линиям) [3].

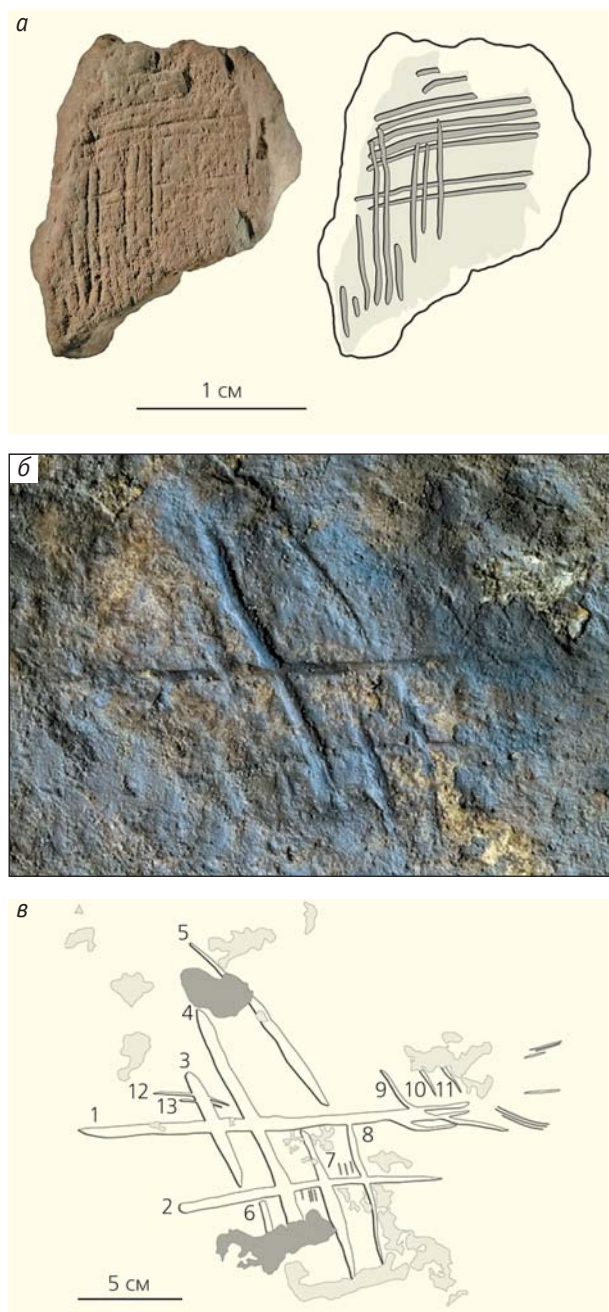


Рис.2. Фотографии и прорисовки изображений, оставленных на камне не менее 70 тыс. лет назад пресапиенсом в пещере Бломбос (а) [4] и неандертальцем, трудившимся 39 тыс. лет назад в пещере Горам (б, в) [2]. Цифрами показана последовательность нанесения линий.

Не вызывает сомнения, что в обеих пещерах местные умельцы, оставившие на камне следы своего пребывания, достигли определенных успехов в создании вполне упорядоченных графических композиций. Но вели они себя при этом примерно так же, как подросток, который от нечего делать царапает попавшимся под руку острым предметом стекло входной двери вагона в метро.

В обоих случаях следы на поверхности камня или стекла позволительно назвать знаками, но, следуя азам семиотики (науки о знаках), их придется считать знаками самого низшего разряда. Имя им — «знаки-признаки», или «знаки-индексы». В этом смысле они почти равноценны, например, дыму, который для заинтересованного наблюдателя означает лишь то, что где-то развели костер или, не дай бог, начался пожар. К той же категории относятся и следы, оставленные животными на мягком грунте. Однако те рисунки пресапиенсов и неандертальцев, о которых шла речь, представляют собой нечто большее. Это свидетельства осознанной деятельности субъекта, движимого творческой энергией, но не обладающего ни техническими средствами, ни интеллектуальными возможностями для того, чтобы изобразить нечто более содержательное, чем простейший орнамент.

### Первые иконические знаки

Кажется, нет ничего более естественного, чем желание ребенка изобразить в своих рисунках хоть что-то из всего того, что он каждый день видит вокруг себя. Этот импульс обычно возникает у детей в возрасте четырех-пяти лет, но у особо одаренных такое стремление может появиться и много раньше. На этом этапе потребность рисовать тесно связана с развитием речи. Уже к концу третьего года жизни ребенок начинает ассоциировать свои каракули с предметами внешней обстановки. Чаще это происходит в тех случаях, когда взрослый спрашивает у него, что здесь нарисовано. А через месяц-другой дитя уже заранее сообщает вам, что именно собирается нарисовать.

Таким образом, на этой стадии индивидуального развития ребенок начинает генерировать знаки двух категорий. Это, во-первых, знаки-символы — слова речи, во-вторых, иконические знаки — изображения элементов внешней реальности. Знаки второй категории создаются в человеческой культуре путем более или менее точного копирования реальных объектов или явлений. Можно сказать, что вся реалистическая живопись — это собрание иконических знаков. Пейзаж, написанный кистью художника-реалиста, служит для посетителя выставки знаком определенного ландшафта или определенной местности, причем таким знаком, иконические свойства которого выражены наиболее полно.

Другим иконическим знаком той же самой местности может быть ее топографический план, хотя этот комплексный знак обладает уже определенными элементами символической. Так, синий цвет здесь традиционно обозначает воду, коричневый — участки гористой местности, высота которой может быть отмечена концентрическими линиями горизонталей. Разумеется, тот же ландшафт можно изобразить еще более наглядно, чем

на топографическом плане, с помощью объемного макета из пластилина или папье-маше.

Ученые, пытавшиеся понять, как именно гоминиды пришли к идее первобытного искусства, задумывались над тем, какой способ изображения реальности мог быть наиболее доступен им в самом начале этого пути. Один из основоположников науки об искусстве палеолита, французский археолог Э.Пьетт (1827–1906), рассуждал следующим образом. Наблюдая и фиксируя в сознании происходящее вокруг него, первобытный человек должен был сначала прибегнуть к попыткам изобразить увиденное не на плоскости, а в скульптуре. Объемное изображение наиболее близко к реальности, оно может рассматриваться как более или менее близкая копия того, что служит его внешним образцом. Рисунок же, напротив, возможен как проявление гораздо более высокого уровня абстрагирования, поскольку требует передачи объема на плоскости. По мнению Пьетта, художнику требовалось поистине гениальное усилие, чтобы прийти к искусству рисунка, т.е. изобразить линиями на плоской поверхности объемные предметы. Поэтому, считает ученый, путь к графическим плоскостным изображениям мог лежать только через промежуточную стадию барельефа, соединяющего в себе принципы и скульптуры, и графики или живописи.

Отечественный знаток первобытного искусства профессор Я.А.Шер пишет, что «предложенная Пьеттом схема (скульптура—барельеф—гравировка), хотя и устарела, но для своего времени была важна, как первая попытка дифференцировать первобытное искусство, которое до этого считалось однородным» [5, с.16]. Впрочем, здесь с автором трудно согласиться. Вот что сказано, например, в статье видного немецкого археолога К.Цухнера, опубликованной в 2007 г.: «Примером того, что принято сегодня называть “примитивным искусством”, может служить скульптура, выполненная кем-то не имеющим специального художественного образования и потому не способным изобразить то же самое карандашом либо кистью. Последнее требует гораздо более развитой способности к абстрагированию. Пастух может вырезать перочинным ножом из дерева силуэт какого-либо из своих животных, придав изделию весьма большое сходство с натурой. Но он, скорее всего, будет не в состоянии изобразить ту же овцу или козу на бумаге. Приведу пример из археологии. В гроте Солютре его обитателям эпохи того же названия\* принадлежат статуэтки и рельефные изображения оленей и мамонтов, весьма натуралистически выполненные и богатые деталями, в то время как рисунки лошадей, процарапанные на стенах, выглядят гораздо менее эстетичными» (цит. по: [6, с.134]).

\* Сolutрейская культура датируется серединой позднего палеолита, 35–25 тыс. лет до н.э.

## Веские доказательства

Многое из того, что археологам удалось узнать в последние годы, подтверждает гипотезу Пьетта. На рубеже XIX и XX вв. были сделаны две находки, которые принято считать наиболее ранними примерами изобразительного творчества. Один из этих артефактов, возраст которого 250–280 тыс. лет, относится к ашельской культуре.

Галька, обработанная таким образом, что стала отдаленно напоминать фигуру женщины, была найдена в 1981 г. в пещере Берехат-Рам (рис.3,а) [7]. Первоначальная реакция археологов на заявление автора находки, заподозрившего, что перед ним скульптурное изображение, была отрицательной. Скептики пытались доказать, что датировка находки такова, что ни о каком творчестве гоминид в то время не может быть и речи и что камешек длиной 3,5 см есть не более чем каприз природы. На защиту предположения, что к гальке была приложена рука скульптора, встал один из крупнейших знатоков преистории человека, американский археолог А.Маршак (1918–2004). Он тщательно исследовал камень и пришел к выводу, что на нем несколько прорезов сделаны, судя по всему, каменным орудием [8].

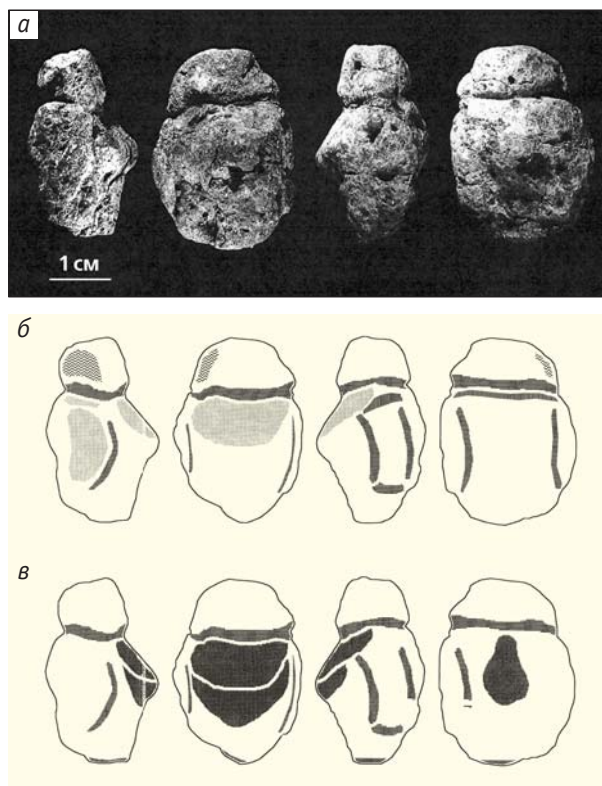


Рис.3. Скульптурное изображение, напоминающее женщину, из пещеры Берехат-Рам (а) [7] и две реконструкции способов обработки камня, выполненные А.Маршаком (б) и Ф.д'Эррико, Э.Новеллом (в) [9]. Разными штриховками показаны отбивка, скобление, шлифовка и т.д.

Окончательно точка над «i» была поставлена несколько лет спустя в статье Ф.д'Эррико и Э.Новелла [9]. Они вновь изучили объект с применением новейших методов микроскопии, а также проделали трудоемкую работу по имитации предполагаемых операций над камнем, проделанных создателем артефакта. Результат, поразительным образом, почти полностью совпал с выводами Маршака (рис.3, б, в).

В итоге с полной достоверностью было показано, что «венера из Берехат-Рама» была изготовлена индивидом, принадлежавшим, скорее всего, к одному из видов ранних гоминид (*Homo erectus*, *H.babilis* или *H.heidelbergensis*)! Здесь стоит отметить одно важное обстоятельство. Оказалось, что пятая часть каменных орудий (20.6%), найденных там же, где обнаружили статуэтку, выглядели похожими на более поздние изделия индустрии верхнего палеолита, чем на типично ашельские [6, с.125]. Возможно, таким образом, сообщество, в котором жил наш гениальный скульптор, отличалось от прочих популяций его соотечественников заметно более продвинутым уровнем материальной культуры.

Самый ранний, как предполагают, гравированный «рисунок» относится к эпохе, когда Ближний Восток населяли совместно неандертальцы и иммигранты-пресациенсы, пришедшие сюда из Африки за 50 тыс. лет до этого (рис.4) [8]. И те и другие находились тогда примерно на одинаковом уровне культурного развития, практиковали технологию мустье и вели сходный образ жизни. Как видно, гравюра отличается от найденных в Южной Африке тем, что запечатлела попытку ее создателя провести несколько концентрических полукружных линий. Понятно, насколько неблагодарна задача процарапать одним камнем на другом изогнутую линию с плавными очертаниями. Не имея возможности добиться этого, первобытный художник старательно воспроизводил контуры из коротких прямых линий. Поразительно, что при этом он не упускал из виду свой главный замысел: линии должны были отделены одна от другой одинаковыми по возможности интервалами.

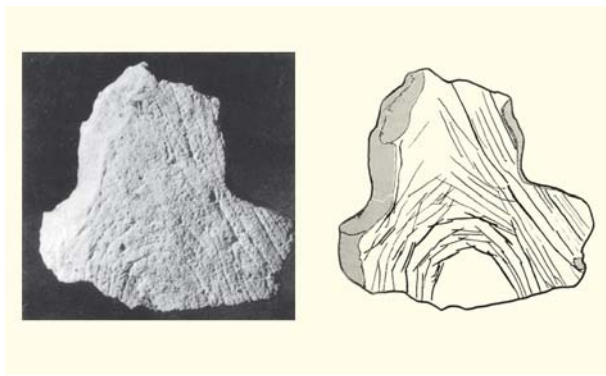


Рис.4. Самый ранний гравированный «рисунок» [8].

## Скульптура и графика в начале верхнего палеолита

Начну с того, о каком именно времени пойдет речь. Следует иметь в виду, что, в отличие от геохронологии, где мы имеем дело с вполне объективными датировками тех или иных событий, которые меняли лик нашей планеты, ее животный и растительный мир, периодизация изменений в культуре раннего человечества во многом субъективна и условна.

В ее основе лежит схема, разработанная в первой половине прошлого века французскими археологами Х.Брейлем (1877–1961) и Д.Пейрони (1869–1954), которые опирались на последовательность культурных слоев в одном конкретном регионе, а именно в юго-западной части Франции. Поэтому в той периодизации культур эпохи верхнего палеолита они до сих пор именуются по названиям мест, где проводились исследования. Критериями подразделения эволюции культур на периоды до сих пор остаются особенности каменной индустрии, характерные для каждого из них. Это ориньяк — 30–27 тыс. лет назад, граветт — 27–20 тыс. лет, солютре — 19–16 тыс. лет, мадлен (три этапа) 5–10 тыс. лет. Условность проведения границ между периодами проистекает из того обстоятельства, что технологии изготовления каменных орудий менялись, естественно, не на коротких промежутках времени, а в высшей степени постепенно\*. Кроме того, длительность существования той или иной технологии может быть различной и не вполне совпадать хронологически в разных регионах. Например, считают, что индустрия граветта была приурочена к периоду 28–20 тыс. лет назад во Франции, а в Восточной Европе практиковалась между 30 и 20 тыс. лет назад [10].

Сегодня становится очевидным, что периодизация, разработанная французскими археологами, хотя и сохраняет непреходящее значение для юго-западной части Европы, не может быть распространена на весь этот континент, не говоря уже о других громадных территориях Старого Света. Даже для соседней с Францией территории Германии схема оказывается во многом иной\*\*. Неодинаково в разных регионах проводится теперь и граница между средним и верхним палеолитом. По разным источникам ее оценки варьируют от 47 до 28 тыс. лет назад.

Впрочем, для нашей темы важнее другое: какие события происходили на территории Европы, откуда поступают основные сведения о зачатках изобразительного искусства в тот период, когда

\* Например, в трансформациях перехода от шатальперона (технологии неандертальцев) через ориньяк к граветту выделяют шесть стадий, плавно переходивших одна в другую [7].

\*\* Тамбургская культура — 14 тыс. лет назад, арнсбургская — 11 тыс. лет назад, свидерская культура — 10 тыс. лет назад.



они создавались. Я имею в виду самую раннюю фазу верхнего палеолита, именуемую ориньяком. Как раз на это время приходится наступление человека современного типа на территории, которые задолго до того заселили неандертальцы. Предполагается, что главный маршрут пролегал с востока на запад по широкой долине Дуная и что около 40 тыс. лет назад люди достигли низкогорной местности Швабская Юра (ныне юго-западная часть Германии) и обосновались здесь.

Подробные исследования свидетельств прошлого, проведенные в этом районе, позволили археологам представить себе в деталях процесс его освоения пришельцами. Культурные слои с мустерской индустрией, принадлежавшей неандертальцам, отделены от вышележащих пластами ориньякского типа, не содержащими никаких артефактов. Это значит, что люди современного типа («ориньякцы») пришли в эти места тогда, когда первых их обитателей здесь уже не было. Удалось установить, что плотность популяции пришельцев вскоре превысила на порядок или даже на два ту, которая характеризовала население неандертальцев [11].

Собрания артефактов из нижнего, неандертальского, слоя и верхнего, ориньякского, отличались друг от друга разительно. Здесь, в отличие от многих других мест раскопок, границу между культурами среднего и верхнего палеолита можно провести однозначно. Особенно яркое различие между ними — это присутствие в верхнем горизонте многочисленных скульптур из бивня мамонта, выполненных в весьма совершенной натурали-

стической манере. Первоначально возраст этих артефактов определили в 40–35 тыс. лет.

Большинство скульптур — это миниатюры размером не более пяти сантиметров. Исключение составляет фигура, получившая название «человеколев» (рис.5), которая была обнаружена совсем недавно в пещере Штадель. Сначала нашли верхний ее фрагмент, и было решено, что изображение представляет собой зооморфное существо женского рода. Позже удалось восстановить всю скульптуру из 575 кусочков слоновой кости. Тогда стало ясно, что фигура высотой почти 30 см символизирует образ мужчины. Она была спрятана в небольшой камере у подножия задней стены пещеры вместе с 17 артефактами типа амулетов. Большинство из них — клыки животных, снабженные отверстием, что позволяло использовать их в качестве персональных украшений-подвесок. Все это заставило предположить, что сама пещера служила не местом жительства, а святилищем, где отправлялись некие обряды, адресованные льву — покровителю общины. Артефакт обнаружен в самом нижнем горизонте ориньякского слоя и датирован 39–41 тыс. лет назад. Предполагается, что наиболее ранние скульптуры могут быть двумя-тремя тысячами лет старше [12].

Пример разительного контраста между воплощением таланта древних скульпторов, с одной стороны, и «графиков», с другой, дают артефакты, где оба изобразительных средства присутствуют одновременно. Наиболее показательна в этом отношении фигурка слона, выполненная во вполне реалистической манере, — один из артефактов,

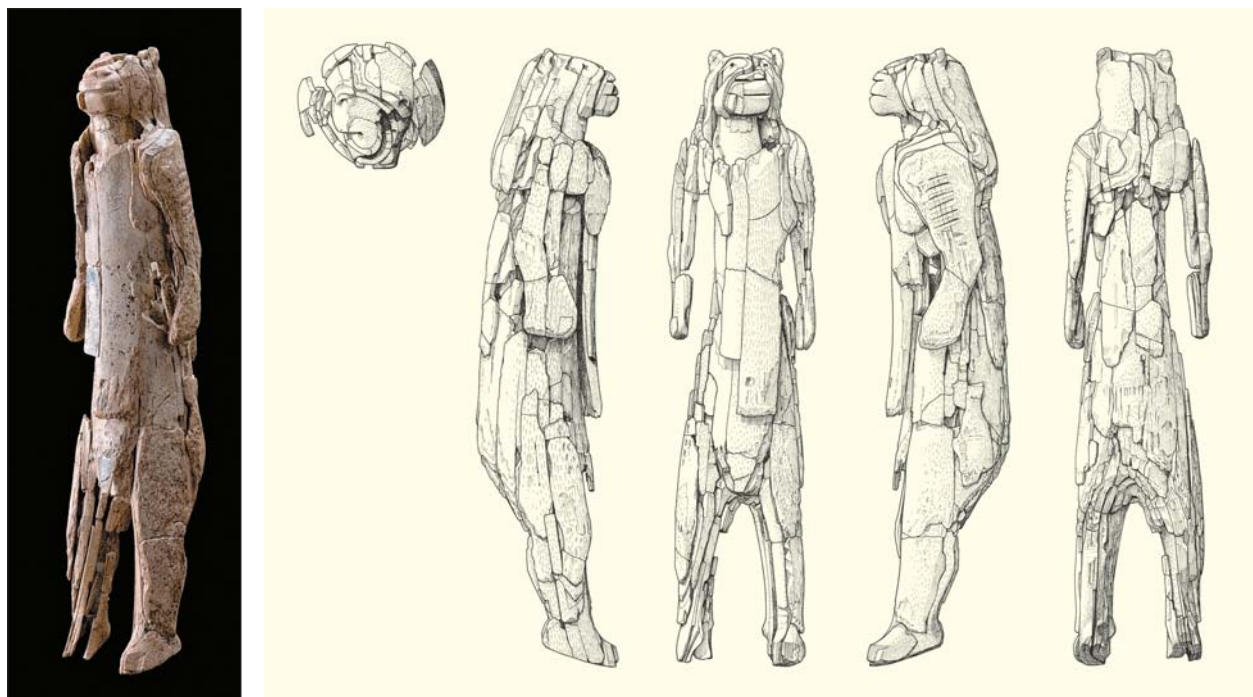


Рис.5. Фотография и рисунки восстановленной скульптуры «человекольва» из пещеры Штадель [12].

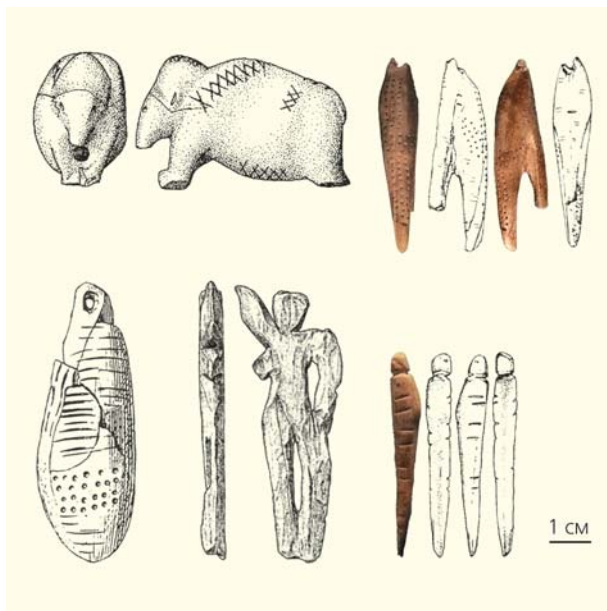


Рис.6. Персональные украшения периода ориньяк [13].

служивших в период ориньяка персональными украшениями (рис.6) [13]. Украшена она, однако, самым примитивным орнаментом — пересекающимися короткими прямыми линиями, — наподобие тех, что мы видели, разглядывая наиболее архаические гравюры, о которых речь шла выше. Другой стандартный, по-видимому, прием состоял в том, что на плоскость наносили ямки, равноотстоящие одна от другой.

### Пещерная живопись

Все сказанное в предыдущем разделе с очевидностью свидетельствует о справедливости гипотезы Э.Пьетта, выдвинутой еще в 1873 г. К его идеям археологи вернулись почти 140 лет спустя, когда завязалась дискуссия о возрасте гравированных изображений на стенах пещеры Шове на юге Франции.

Здесь перед нами пример нового этапа в эволюции первобытного искусства. Предыдущий — это артефакты, именуемые творчеством малых форм, куда относятся все те изображения, о которых речь шла до их пор (гравировки на каменных плитках и на кости, миниатюрные скульптуры, персональные украшения). Что касается этапа наскальной живописи, то он представлен петроглифами монументального характера. Попытки выяснить, когда именно они были созданы, представляют собой задачу много более сложную, чем установление возраста артефактов малых форм.

Пещера Шове была открыта в 1994 г., на 115 лет позже знаменитой Альтамиры и на 54 года — Ласко. Она оказалась грандиозным музеем первобыт-

ного искусства — 425 образцов графики и живописи, размещенных на высоченных (18 м) стенах залов и галерей общей длиной 800 м. Первые исследователи всего этого изобразительного богатства, изучив его сразу же после открытия пещеры, пришли к выводу, что оно создано в ориньякский период, примерно 32 тыс. лет назад [14].

Однако это заключение было встречено некоторыми археологами с явным неодобрением. Речь шла в первую очередь о возрасте гравированных изображений носорогов. Критики утверждали, что все известное к тому времени о способности наших предков создавать реалистические изображения объектов внешнего мира на плоскости вопиет против этих датировок. Здесь-то в качестве главного аргумента скептики обратились к концепции Пьетта.

Разумеется, эти возражения первоначально были чисто умозрительными, но именно они заставили ученых провести новое тщательное исследование с использованием всего арсенала новейших методов определения возраста артефактов. В итоге был сделан вывод, что гравированные изображения животных были нанесены на камень не ранее чем 26 тыс. лет назад, в эпоху граветт, сменившую ориньяк примерно 27 тыс. лет назад [6]. Иными словами, они оказались на 12 тыс. лет моложе, чем предполагалось сначала, а срок этот совсем не малый, он более чем вдвое превышает весь последний период истории человечества, зафиксированной в письменных источниках. Что же касается первобытных картин, раскрашенных красной и желтой охрой и черными пигментами, то они, по мнению этих авторов, наслаивались на первоначальные резные изображения на протяжении еще многих последующих тысячелетий.

Самым ранним рисованным памятником считают изображение животного-химеры в пещере Апполо-1 в Южной Африке. Туловище напоминает кошачье, две едва видные линии на голове похожи на рога антилопы орикс, отросток в задней части брюха выглядит как пенис животного из семейства бычьих. Задние ноги выглядят как человеческие и, видимо, пририсованы позже. Химера получила название «териантроп» и относилась, возможно, к числу объектов поклонения [15]. Рисунок выполнен «карандашом» (куском минерального красителя) на каменной плитке, которую нашли расколотой надвое (рис.7). Возраст артефакта, относящегося к категории малых форм, оценивают в 27 тыс. лет. Неудивительно, что именно отсюда, из колыбели вида *H.sapiens*, мы имеем наиболее древний образчик рисованного изображения.

Богатейшее собрание настенных фресок на редкость разнообразной стилистики представлено в пещере Кондоа (и в ряде других убежищ гоминид в центральной части Танзании). Долгое время считали, что они выполнены в глубокой древности, чуть ли не 40 тыс. лет назад, главным образом на

том основании, что здесь были обнаружены фрагменты охры (возрастом 29 тыс. лет) со следами их использования, возможно, для рисования. Но в последнее время датировки этих произведений выглядят далеко не столь внушительными: 10 тыс. лет или даже 3 тыс. лет назад. Исследователи почти уверены в том, что первая датировка наиболее близка к истине. Впрочем, как мы увидим позже, совершенно очевидно, что эти изображения принадлежат разным эпохам [16].

Сегодня принято считать, что в Северную Африку люди современного типа пришли сравнительно поздно, не ранее 30 тыс. лет назад. А монументальная живопись в этих местах (наскальные изображения в горном массиве Акакус в Ливии и в пещере Тасили в Алжире) вообще сравнительно молодая, датируемая временем 12 тыс. лет назад или немногим ранее [17].

В Европе расцвет монументального настенного изобразительного искусства начался ближе к концу позднего палеолита и продолжался в последующие эпохи мезолита и неолита. Так, наиболее ранние росписи в пещерах Нио и Коске во Франции датируются, соответственно, 19–16 тыс. (солютре) и 14–13 тыс. лет назад (средний мадлен), в пещере Альтамира в Испании — 15–14 тыс. лет назад (солютре—мадлен) [5]. В Нио и Коске монументальным изображениям предшествовали контуры кистей рук, сделанные путем набрызгивания черной краски на основе угля и датируемые 28–26 тыс. лет назад (граветт).

В регионах, где культура племен охотников-собирателей оставалась на уровне неолита до самого недавнего времени, их изобразительное искусство продолжало следовать традициям, сложившимся на заре его становления. Примером могут служить наскальные росписи бушменов Южной Африки.

### Что они изображали?

Эта тема затронута в самых разных аспектах в трудах одного из основателей научных исследований первобытного искусства, А.Леруа-Гурана (1911–1986). Результаты его изысканий показали, что на юго-западе Европы главной темой первобытного творчества были изображения животных. В его выборке из 1522 скульптур и гравюр, найденных во всех регионах этой части континента, на их долю приходится 1404, и только 118 (7.7%) из них изображают людей [18].

Вероятно, впрочем, что эти цифры не вполне отражают некую общую тенденцию, характерную для первобытного искусства в целом. Известно, например, что соотношение среди памятников палеолитического творчества на территории бывшего Советского Союза доли изображений животных и людей оценивают, соответственно, в 30 и 42% [19]. Бесспорно, образ человека достаточно широко представлен также в первобытном искус-

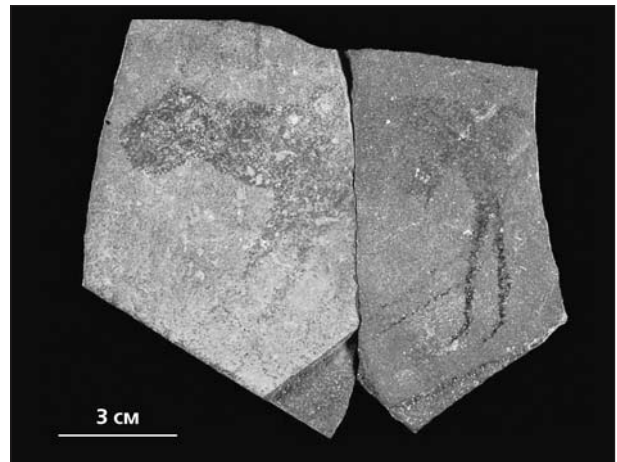


Рис.7. «Териантроп» — наиболее древний образчик рисованного изображения [15].

стве Африки, как это следует из иллюстраций к книге «Доисторическая Африка» выдающейся исследовательницы ее преистории А.Алиман [20].

Если обратиться теперь к образу человека, то здесь мы видим поразительную диспропорцию в количестве изображений мужчин и женщин. З.А.Абрамова, которая обобщила весь доступный ей материал с территории Евразии, получила следующие цифры. В выборке из 512 находок образ женщины запечатлен в 266 случаях, мужчины — в 24, человека без определенных признаков пола — в 128. Кроме того, 94 памятника дают образ человекоподобных (зооморфных или антропоморфных) созданий, вроде упомянутого выше человекольва. Итог этих подсчетов таков: около 52% общего количества памятников составляют изображения женщин, около 5% — мужчин, около 25% — человека без определенных признаков пола, около 18% — человекоподобных существ [21].

Надо сказать, что такие соотношения соблюдаются не везде. Например, на стенах пещеры Кондоа в центральной части Танзании изображения людей составляют 43% от числа всех изученных. Обычно это двое или более мужчин. Женщин здесь изображали очень редко, а детей — никогда. У некоторых фигур головы не людей, а животных [16]. В левантских росписях Пиренейского п-ова персонажи в сценах охоты и противостояний между группами рассматриваются как особи мужского пола, хотя и лишены вторичных половых признаков. А изображения женщин не столь многочисленны [22].

Ученые предприняли множество попыток объяснить, почему в палеолите Евразии женские изображения количественно преобладают над мужскими. При этом диспропорцию связывали с самыми разными аспектами социальной роли женщины, которые якобы ставили ее в особое, чуть ли не привилегированное положение в общине (например, как продолжательницу рода или храни-



Рис.8. Венера из пещеры Хёле-Фельс близ немецкого города Шельклингена [25].

тельную очага, поддерживающую огонь в нем; обзор этих гипотез см. в работах [19, 23]).

Мне кажется, что распространенная идея, согласно которой скульптуры женщины с массивными формами есть некий «символ плодородия», едва ли может претендовать на доверие. Уж слишком отдаленной кажется логическая связь между сиюминутной сущностью некоего конкретного субъекта и весьма широким понятием «плодородие» – представлением, возможным лишь на столь высоком уровне абстракции, которое едва ли было свойственно людям палеолита.

Я полагаю, что наиболее близок к истине американский археолог Д.Гутри, который считает, что женщин изображали мужчины, следуя тем же самым импульсам, которые на протяжении всей истории изобразительного искусства руководили художниками, работавшими в жанре ню [24]. Или, другими словами, подспудной основой акта твор-

чества были в данном случае мотивы эротические. Едва ли можно возразить этому, рассматривая, например, фигурку венеры из пещеры Хёле-Фельс (рис.8), у которой вторичные половые признаки явно гипертрофированы. Эротический подтекст содержится в одном графическом изображении женщины из пещеры Альтамира, созданном, вероятно, в более позднюю эпоху, когда воцарился формализм.

Аргументируя свою точку зрения, Гутри изучил 96 барельефов и скульптур так называемых палеолитических венер. На каждом памятнике он измерял такой показатель, как отношение обхвата талии к обхвату бедер (Т/Б). В современных культурах всего мира значение этой пропорции как индекса привлекательности женщин для мужчин равно 0.7. Считается, что такое соотношение или близкие к нему не только отражают представления об идеале женской красоты, но и свидетельствуют о физическом здоровье индивида и о его потенциях в сфере оптимального воспроизведения потомства (см., например, [26, с.183–189]). Анализ женских изображений, проведенный Гутри, показал, что в его выборке среднее значение этой пропорции равно 0.655, т.е. близко к современному идеалу. Из этого, по мнению автора, следует, что художники верхнего палеолита, как и современные, пытались запечатлеть в своих работах прелесть женского тела и ничего больше. Хочу заметить, что при несомненном правдоподобии самой идеи такая логика ее аргументации выглядит весьма слабой.

Выводы Гутри, однако, были недавно поставлены под сомнение [10]. Авторы пришли к выводу, что выборка Гутри была совершенно неоднородной как по времени изготовления артефактов, так и по регионам, где они были найдены, и что методы измерений, проделанных им, не заслуживают большого доверия. Измерив 26 статуэток, выполненных в эпоху граветт, противники его заключений получили результат, резко отличный от первоначального (рис.9).

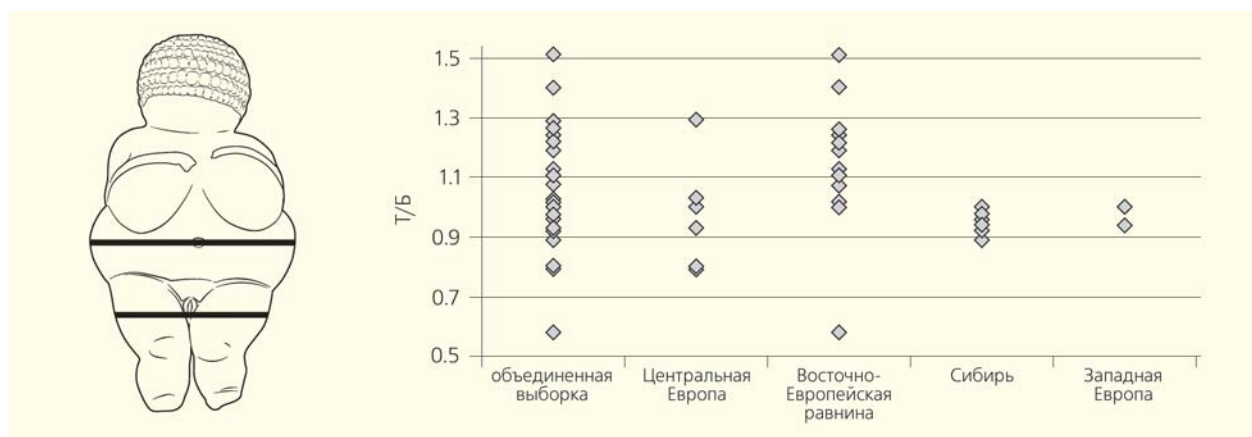


Рис.9. Соотношение обхвата талии и бедер (Т/Б) скульптурных изображений женщин в верхнем палеолите [10].

Посмотрим, какие же выводы были сделаны авторами этого интересного исследования. Во-первых, они не нашли достоверных статистических различий между показателями Т/Б в разных регионах, подчас удаленных один от другого на весьма значительные расстояния. Во-вторых, всюду эти цифры были значительно выше, чем 0.7. Для полноты картины приходится привести и следующие рассуждения, венчающие цитируемую статью: «Как сказано выше, женщины с высокими значениями Т/Б более уязвимы к серьезным заболеваниям, депрессии и подвержены трудностям в период беременности. Самцы, выбирающие таких партнерш, должны иметь пониженные шансы получить жизнеспособное потомство или рискуют вообще лишиться его. Некоторые статуэтки можно рассматривать как “палеозротику”, но это не общее правило. Другие изображают беременных, а третьи могут давать образ хранительницы домашнего очага. Кроме того, могли быть изображены женщины разного возраста, а значения Т/Б меняются на протяжении жизни» [10, с.59]. Совершенно очевидно, что здесь авторы смешали воедино две принципиально различные категории явлений: творческий акт изображения увиденного художником и критерии выбора полового партнера («Самцы, — сказано в работе, — могли быть совершенно не избирательны в этом отношении»). Поэтому, как мне кажется, опровергнув фактологию работы Гутри, авторы статьи не смогли привести убедительных возражений против основной его идеи.

## Об эволюции изобразительных стилей

Эта тема оказывается, пожалуй, наиболее сложной в попытках реконструировать последовательность событий прошлого. Вот что пишут по этому поводу в книге, где речь идет о первобытном искусстве Африки: «Определить возраст изображений, украшающих стены убежища или пещеры, относительно легко, если археологические наслоения заполняют убежище до высоты украшенных изображениями стен и если сами наслоения содержат каменные плитки или обломки костей, украшенные в том же стиле. Такова ситуация в ряде локалитетов Северной Африки. Но в большинстве случаев африканские гравюры и росписи нанесены на прибрежные скалы и на обломки породы у их подножия. Более того, во многих районах стоянки, богатые следами человеческой культуры, не совпадают с участками, где обнаружены наскальные рисунки. Из этого можно заключить, что украшали не сами поселения, а другие места, в которых, по-видимому, совершались религиозные церемонии. Там же, где гравированные или живописные изображения нанесены одно на другое, совсем нелегко выявить, не принадлежали ли они разным художни-

кам, жившим в разные эпохи. Все это очень осложняет проблему хронологии. Так что во многих случаях, приступая к ее разрешению, мы вынуждены ограничиваться лишь косвенными данными» [20, с.292–293]. Хорошим примером подобной неопределенности датировок может служить ситуация с пещерной живописью Танзании, о чем было сказано выше. Разброс оценок варьирует здесь от 40 до 3 тыс. лет назад.

В результате, обсуждая ход изменений в технике и стилях изображений, приходится довольствоваться весьма грубыми схемами. Общая картина такова, что первоначально художники палеолита пытались копировать те явления внешнего мира, которые представляли собой наибольший интерес для жизни общины. Это, разумеется, были животные, охота на которых составляла основу существования тогдашних охотников-собирателей. Изображения становились все более реалистичными по мере роста художественного мастерства немногих творцов, обладавших бесспорными признаками гениальности. Складывались традиции, передаваемые из поколения в поколение. Многое из того, что запечатлено на стенах Альтамиры и Ласко в Европе, Тассили в Африке и десятков других убежищ верхнего палеолита, — истинные шедевры анималистического искусства, остающиеся непревзойденными образцами этого жанра и по сию пору.

На стадии, о которой идет речь, художник полностью поглощен желанием изобразить животное некоего конкретного вида наилучшим образом. Четко выверенный контур глубоко прорезан в камне либо нанесен уверенной линией, как правило, черной. Все остальное неважно настолько, что изображение, за неимением свободного места на «холсте», наносится зачастую прямо на другие того же самого характера. В дальнейшем плоскость, ограниченную контуром, закрашивали красным, желтым либо черным. Такие изображения характерны для франко-кантабрийского стиля пещер, находившихся на территории современной Франции и серво-восточной части Испании. Выполнены они в период граветт, около 25 тыс. лет назад.

В Африке при изображении облика единичных животных помимо этого способа гравировки широко использовались два других. Это, во-первых, обозначение контура мелкими выбоинами и, во-вторых, заполнение ими всей поверхности изображения. Предполагается, что на юге континента они сменяли друг друга именно в такой последовательности [20, с.425].

Можно думать, что следующим шагом было создание многофигурных композиций. Для этого жанра, естественно, более подходит техника живописи, нежели трудоемкой резьбы по камню. Очертания персонажей выполняются теперь линией, обычно цветной, либо (чаще) плоскость фигуры сразу покрывается одним цветом. Контур-

ры, как кажется, имеют теперь для художника меньшее значение, они подчас проведены не столь уверенно, как на стадии гравировки. Происходит отход от реализма в сторону большей схематизации, что особенно касается образов людей. Примером могут служить наскальные рисунки горного массива Акакус в ливийской части Сахары. Предполагается, что это искусство моложе европейского — возраст его около 12 тыс. лет. Но поскольку не может быть какой-либо преемственности в эволюции стилей между изображениями этих двух регионов, невозможно утверждать, что преобразования в художественной манере шли непременно всегда и везде именно таким образом.

Теоретически, в грубой схеме, на третьем этапе должен происходить еще больший уход от реализма в сторону формализма, а затем — к изображению объектов уже не реальных, а виртуальных. Например, мифических персонажей, а также созревающих в сознании абстрактных представлений об устроитве Вселенной.

Посмотрим, насколько предложенная конструкция находит подтверждение в попытках восстановить последовательность хода событий не вообще, а на материалах специальных исследований в конкретных регионах. К сожалению, сделать в этом направлении археологам удалось совсем немного.

Алиман писала: «Наиболее древние росписи Северной Родезии относятся к искусству натуралистическому или полунатуралистическому... (стадии желтого и красного цветов). Затем следует довольно однородный комплекс, значительно полнее представленный в западных районах страны. ...Изображения здесь схематичны. Росписи и наиболее древние схематичные гравюры принадлежат примерно одному и тому же возрасту и, несомненно, одним и тем же художникам. Наконец, выделены весьма недавние, почти современные росписи. В восточной части Северной Родезии... эти росписи стилизованы: изображения лестниц, U-образных и I-образных знаков, полумесяцев, древовидных знаков, точек, окружностей... Более широкое

обобщение позволяет говорить, что распространение всех финальных стадий родезийских росписей (с геометрической схематизацией) совпадает с распространением культуры неолита в Северной Родезии» [20, с.430–431].

Единственное детальное исследование, специально посвященное этим вопросам, которое мне удалось найти, посвящено эволюции изобразительных стилей на Пиренейском п-ове [22]. Авторы статьи анализируют последовательность использования обитателями этого региона четырех стилей: линейного геометрического, макросхематического, левантийского и схематического (рис.10).

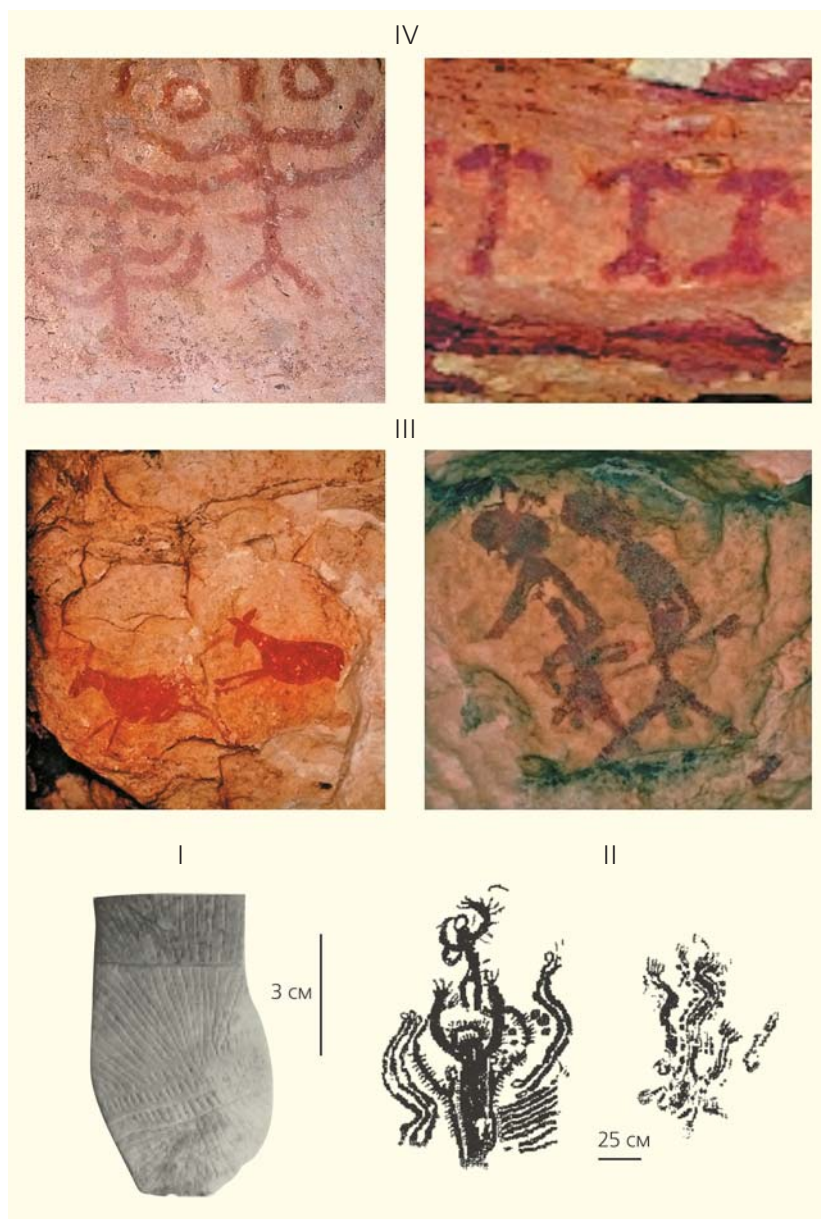


Рис.10. Эволюция изобразительных стилей в палеолите Пиренейского п-ова: I — линейный геометрический, II — макросхематический, III — левантийский и IV — схематический [22, 27].

Геометрический стиль во многом соответствует изображениям дофигуративного содержания, о которых уже шла речь, когда обсуждались самые первые попытки гоминид оставлять знаки-индексы на камне и кости. Однако в статье его относят к гораздо более позднему периоду (конец верхнего палеолита).

Стиль, названный авторами макросхематическим, описан ими следующим образом: «Характерные мотивы — это антропоморфные и геометрические фигуры большого размера, выполненные свободными мазками густого темно-красного пигмента. При изображении антропоморфных персонажей очевиден высокий уровень условности. Туловище показано либо сплошным удлинённым пятном, либо двумя параллельными мазками. Голова выглядит полуокружностью, руки обычно подняты с расставленными пальцами. Геометрические фигуры представляют собой длинные толстые линии, чаще извилистые, иногда параллельные. Изображения размером в метр, иногда крупнее. Нанесены они в центральных зонах обширных углублений скальных стенок, и тогда хорошо видны издали, или же под навесами каменных уступов» [22, с.683].

Левантский стиль назван по наименованию географического региона — Иберийского Леванта, охватывающего территорию вдоль восточного (средиземноморского) побережья Пиренейского п-ова, а также Балеарские о-ва. Этот стиль по технике и содержанию во многом близок к тому, о котором шла речь при описании наскальных изображений горного массива Акакус в ливийской части Сахары. В то же время, как подчеркивают авторы статьи, его нельзя считать единым для всей юго-восточной территории Пиренейского п-ова, поскольку налицо явные региональные особенности в отдельных ее участках.

Такая диверсификация в еще большей степени свойственна стилю схематическому. К тому же некоторые мотивы оказываются здесь общими с левантским стилем (например, фигура человека, вооруженного луком). Но техника изображения зачастую минималистическая — единственный штрих или несколько простых штрихов.

Авторы статьи склоняются к тому, чтобы выстроить хронологическую последовательность стилей так, как это показано на рис.10. Но, пишут они, отсутствие точных датировок зачастую заставляло их руководствоваться в выводах косвенными данными. Например, сопоставляя манеру выполнения росписей с изображениями на керамических изделиях, найденных тут же, возраст которых определяется достаточно точно. Это было сделано, в частности, в отношении макросхематического стиля, что позволило отнести его к раннему неолиту.

Там, где присутствуют изображения, относимые к разным стилям, замещение во времени одного другим удавалось заподозрить, изучая поря-

док перекрывания росписей. Но выводы, полученные этим методом, оказались не вполне надежными. Например, кое-где росписи схематического стиля выглядят нанесенными поверх левантских, а в других местах их соотношения противоположны. Тем не менее первый стиль признан наиболее молодым и отнесен к позднему неолиту или даже к медному веку.

Это и многое другое заставляет авторов с большой осторожностью отнести к идее линейной последовательности в эволюции изобразительного искусства вообще и в изученном ими регионе в частности. Они допускают, что левантский и схематический стили могли практиковаться одновременно на протяжении весьма длительного периода, охватывающего неолит и последующие эпохи. Не исключена, по их мнению, даже возможность того, что каждый из них был связан с неодинаковыми социальными функциями, например, с выполнением тех или иных обрядов разного символического характера.

В качестве нулевой гипотезы предлагается следующая. Смена стилей происходила параллельно с преобразованиями социальных отношений, а именно с переходом от образа жизни охотников-собирателей к становлению ранних сообществ земледельцев.

Что же касается нашей основной темы, то это исследование особенно важно тем, что иллюстрирует тенденцию в развитии стилистики первобытного искусства на поздних его стадиях от фотографического натурализма к схематизму. Этот тренд был замечен и прежде в других регионах, например Алиман — в Южной Африке. Но в данном случае идея получает достаточно надежное эмпирическое подтверждение. Вывод особенно замечателен тем, что тот же уход от реализма к формализму очевидным образом прослеживается в эволюции живописи последних двух столетий (импрессионизм — футуризм — кубизм — супрематизм и прочие течения).

Мне кажется, результаты исследований на Пиренейском п-ове дают новые ориентиры для понимания поступательных изменений стилистики там, где формальные методы датировки изображений оказываются бессильными. Полную растерянность археологов в попытках описать хронологию росписей мы видим, к примеру, в отношении пещерной живописи Танзании. Возраст изображений в пещере Кондоа оценивается с разбросом от 40 до 3 тыс. лет назад.

Разнообразие стилей, как и мастерство художников в этой сокровищнице первобытного творчества, таковы, что не могут оставить равнодушными никого, кто обладает хоть малейшей склонностью к тонкому эстетическому восприятию. В то же время здесь можно найти почти все варианты изобразительных манер, описанных для искусства палеолита и неолита Пиренейского п-ова, за тысячи километров от этого места. Если следо-

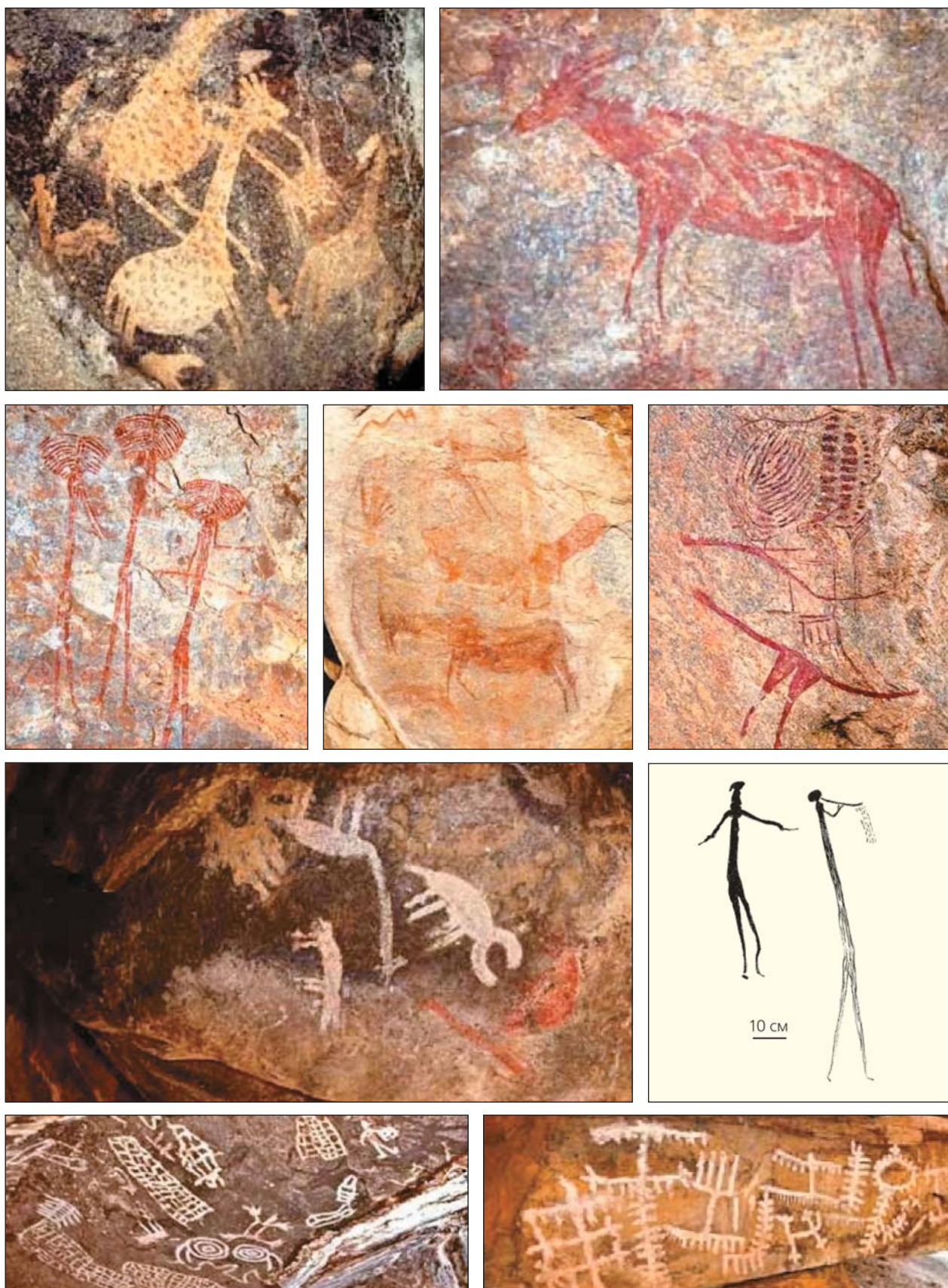


Рис.11. Разнообразие настенной живописи в пещере Кондоа (Танзания) [16].



вать привычным представлениям, согласно которым условные рисунки считаются наиболее «примитивными», следовало бы сказать, что те, которые помещены в нижней части рис.11, наиболее архаичны. В действительности же можно пола-

гать, что они относятся как раз к заключительным этапам эволюции местного творчества, а древнейшие представлены реалистическими фигурами животных, показанными в верхнем ряду этой иллюстрации. ■

## Литература

1. *Арнхейм П.* Искусство и визуальное восприятие. Благовещенск, 1999.
2. *Rodríguez-Vidal J., d'Errico F., Pacheco F.G. et al.* A rock engraving made by Neanderthals in Gibraltar // PNAS. 2014. V.111. P.13301–13306. Doi:10.1073/pnas.1411529111.
3. *Freeman N.* How young children try to plan drawings // The Child's Representation of the World. N.Y.; L., 1977. P.3–29.
4. *D'Errico F., Henshilwood C., Nilssen P.* An engraved bone fragment from c. 70,000 year old Middle Stone Age levels at Blombos Cave, South Africa: implications for the origin of symbolism and language // Antiquity. 2001 V.75. P.309–318. Doi:10.1017/S0003598X00060968.
5. *Шер ЯА.* Первобытное искусство. Кемерово, 2006.
6. *Combier J., Jouve G.* Chauvet cave's art is not Aurignacian: a new examination of the archaeological evidence and dating procedures // Quartar. 2012. V.59. P.131–152. Doi:10.7485/QU59\_5.
7. *Goren-Inbar N.* A figurine from the Acheulean site of Berekhat Ram // Mitekufat Haeven: Journal of the Israel Prehistoric Society. 1986. V.19. P.7–11.
8. *Marsback A.* A Middle Paleolithic symbolic composition from the Golan Heights: The earliest known depictive image // Current anthropology. 1996. V.37. P.357–365. Doi:10.1086/204499.
9. *D'Errico F., Nowell A.* A new look at the Berekhat Ram figurine: Implications for the origins of symbolism // Cambridge Archaeological Journal. 2000. V.10. P.123–167. Doi:10.1017/S0959774300000056.
10. *Tripp A.J., Schmidt N.E.* Analyzing fertility and attraction in the Paleolithic: The Venus figurines // Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia. 2013. V.41. P.54–60. Doi:10.1016/j.aeae.2013.11.005.
11. *Bolus M.* The late Middle Paleolithic and the Aurignacian of the Swabian Jura, southwestern Germany // Characteristic Features of the Middle to Upper Paleolithic Transition in Eurasia. Novosibirsk, 2011. P.3–10.
12. *Kind C.J., Ebinger-Rist N., Wolf S. et al.* The smile of the Lion Man. Recent excavations in Stadel Cave (Baden-Württemberg, southwestern Germany) and the restoration of the famous Upper Palaeolithic figurine // Quartär. 2014. V.61. P.129–145. Doi:10.7485/QU61\_07.
13. *Vanbaeren M., d'Errico F.* Aurignacian ethno-linguistic geography of Europe revealed by personal ornaments // J. Archaeol. Sci. 2006. V.33. P.1105–1128. Doi:10.1016/j.jas.2005.11.017.
14. *Clottes J., Chauvet J.-M., Brunel Deschamps E. et al.* Les dates radiocarbone pour la grotte Chauvet-Pont-d'Arc // INORA. 1995. V.11. P.1–2.
15. *Vogelsang R., Richter J., Jacobs Z. et al.* New excavations of Middle Stone Age deposits at Apollo 11 Rockshelter, Namibia: stratigraphy, archaeology, chronology and past environments // J. African Archaeol. 2010. V.8. P.185–218.
16. *Campbell A., Coulson D.* Kondoa: World Heritage Rock Painting Site. Adoranten, 2012. P.5–18.
17. *Anati E.* Introducing the world archives of rock art (WARA): 50,000 years of visual arts // Prehistoric and Tribal Art: New Discoveries, New Interpretations and New Methods of Research. XXI Valcamonica Symposium, Capo di Ponte, 2004. P.51–69.
18. *Leroi-Gourhan A.* Prehistoire de l'Art Occidental. Paris, 1965.
19. *Селиванов В.В.* К вопросу о становлении образа человека в искусстве палеолита (мужчина и женщина) // Пластика и рисунки древних культур. Новосибирск, 1983. С.8–26.
20. *Алиман А.* Доисторическая Африка. М., 1960.
21. *Абрамова З.А.* Изображения человека в палеолитическом искусстве Евразии. М.; Л., 1966.
22. *Berrocal M.C., Garcia J.V.* Rock art as an archaeological and social indicator: The neolithisation of the Iberian Peninsula // J. Anthropol. Archaeol. 2007. V.26. P.676–697. Doi:10.1016/j.jaa.2007.02.003.
23. *Smith C.L.* Interpreting Venus figurines — the ambiguity of descriptive terms and their impact on reasoned analysis of artifacts // The Libertian Enterpraise. 2011. №619.
24. *Guthrie R.D.* The Nature of Paleolithic Art. Chicago, 2005.
25. *Conard N.J.* A female figurine from the basal Aurignacian of Hohle Fels Cave in southwestern Germany // Nature. 2009. V. 459. P. 248–252.
26. *Бутовская М.Л.* Тайны пола. Мужчина и женщина в зеркале эволюции. Фрязино, 2004.
27. *Ruiz J.F., Hernanz A., Armitage R.A. et al.* Calcium oxalate AMS <sup>14</sup>C dating and chronology of post-Palaeolithic rock paintings in the Iberian Peninsula. Two dates from Abrigo de los Oculados (Henarejos, Cuenca, Spain) // J. Archaeol. Sci. 2012. V.39. P.2655–2667. Doi:10.1016/j.jas.2012.02.038.

# Илюхинит — новый член семейства фамильных минералов ИК РАН

Р.К.Расцветаева,

доктор геолого-минералогических наук

С.М.Аксенов,

кандидат геолого-минералогических наук

Институт кристаллографии имени А.В.Шубникова

ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН

Москва

**Н**овый минерал илюхинит с формулой  $(\text{H}_3\text{O}, \text{Na})_{14}\text{Ca}_6\text{Mn}_2\text{Zr}_3\text{Si}_{26}\text{O}_{72}(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  происходит из пегматитового тела горы Кукисвумчорр (Хибинский щелочной комплекс), где он присутствует в виде скоплений изометричных коричневато-оранжевых прозрачных зерен.

Илюхинит открыт с участием сотрудников Института кристаллографии имени А.В.Шубникова (ИК) РАН. История открытия минерала полна драматизма. Обломок горной породы, содержащий мурманит и эвдиалитоподобный минерал, в 1973 г. был получен от академика АН УССР А.С.Поваренных. Спустя несколько лет, когда работа с мурманитом успешно завершилась, фрагмент породы мы передали известному российскому минералогу А.П.Хомякову. Он-то и обратил внимание на эвдиалитоподобный минерал и обнаружил, что тот характеризуется аномально низкими значениями плотности и показателей преломления. Однако дальнейшие исследования этого минерала не проводились. Они возобновились лишь после того, как количественный микрозондовый анализ, выполненный в Геологическом музее Университета Осло, выявил необычный химический состав предполагаемого эвдиалита. Тогда образец вернулся к нам для проведения рентгеноструктурного анализа. Комплексное изучение (при участии ученых из других институтов) показало, что этот минерал — новый и представляет собой первый Mn-доминантный оксониевый член груп-

пы эвдиалита [1]. Заявка в Комиссию по новым минералам, номенклатуре и классификации Международной минералогической ассоциации была отправлена в середине 2015 г., и уже в конце того же года ее рассмотрели и одобрили. Но предложенное имя — манганоаквалит — вызвало нарекания некоторых членов комиссии. По их мнению, у нового минерала с таким названием должно быть больше сходства с аквалитом, также входящим в группу эвдиалита [2].

Нужно было в срочном порядке предложить новое название. По инициативе руководителя научной группы структурной минералогии (Р.К.Расцветаевой) минерал был назван в память о выдающемся советском кристаллографе Владимире Валентиновиче Илюхине (1934–1982), авторе более 450 научных публикаций. Среди них фундаментальные работы по методологии расшифровки кристаллических структур, кристаллохимии гидросиликатов кальция и цирконосиликатов.

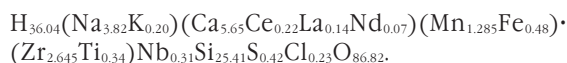
Илюхинит (ilyukhinite) был утвержден комиссией 20 октября 2015 г. (IMA №2015-065). К сожалению, среди авторов открытия нет Хомякова, который первым увидел «новизну» минерала. Не дождался он и торжества своего предсказания. В 2012 г. Александр Петрович ушел из жизни.

Эталонный образец минерала, найденного в России и получившего имя русского ученого, находится в другой стране и помещен в геологическую коллекцию Музея естествознания Университета Осло, где зарегистрирован под номером GM 43578.



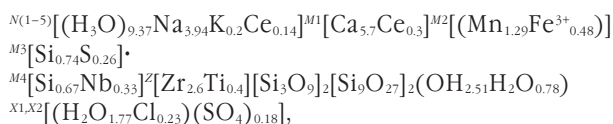
Владимир Валентинович Илюхин.

Наши предварительные исследования установили, что илюхинит обладает тригональной сингонией с пространственной группой  $R\bar{3}m$  и параметрами элементарной ячейки  $a = 14.1695(6) \text{ \AA}$ ,  $c = 31.026(1) \text{ \AA}$ ,  $V = 5394.7(7) \text{ \AA}^3$ , близкими к стандартным значениям минералов группы эвдиалита. Его химическая формула, по результатам электронно-зондовых анализов, чрезвычайно сложна, что также характерно для большинства эвдиалитовых минералов [3]:



Рентгеноструктурный анализ проводился на монокристалле, дифракционные данные от которого получили в полной сфере обратного пространства на современном дифрактометре Bruker Smart Apex2, оснащённом CCD-детектором (MoK $\alpha$ -излучение). Кристаллическая структура илюхинита решена с использованием комплекса программ AREN [4]. Модель структуры найдена на основе атомов каркаса структуры близкого по составу аквалита [2]. Положения внекаркасных атомов локализованы из серии разностных синтезов. Структура уточнена до  $R$ -фактора достоверности 0.046 по 1527 отражениям. В ряде позиций с изо- и гетеро-валентными замещениями катионов уточнение проводилось с применением смешанных кривых атомного рассеяния.

Таким образом, наше исследование подтвердило принадлежность минерала к группе эвдиалита. Основа структуры членов этой группы — гетерополиэдрический каркас  $\{M_6Z_3[T_{24}O_{72}]\}^{n-}$ , состоящий из слоев полиэдров  $M$ -,  $T$ - и  $Z$ -типов, чередующихся вдоль направления  $[001]$  в последовательности ... $ZTMT$ ... и формирующих в элементарной ячейке параметр  $c \sim 30 \text{ \AA}$ . Слои  $M$ -типа представлены шестичленными кольцами преимущественно из реберно-связанных  $\text{CaO}_6$ -октаэдров,  $T$ -слои — взаимно изолированными кольцами  $[\text{Si}_9\text{O}_{27}]$  и  $[\text{Si}_3\text{O}_9]$ , а  $Z$ -слои — одиночными  $\text{ZrO}_6$ -октаэдрами. Фрагмент из четырех слоев повторяется трижды вдоль оси  $z$  по закону  $R$ -решетки, образуя структуру из 12 слоев, в полостях которой находятся различные по заряду и ионному радиусу катионы, анионы, анионные и катионные группировки и молекулы воды. Особенности состава и строения нового минерала отражены в его кристаллохимической формуле (число формульных единиц в ячейке равно трем):

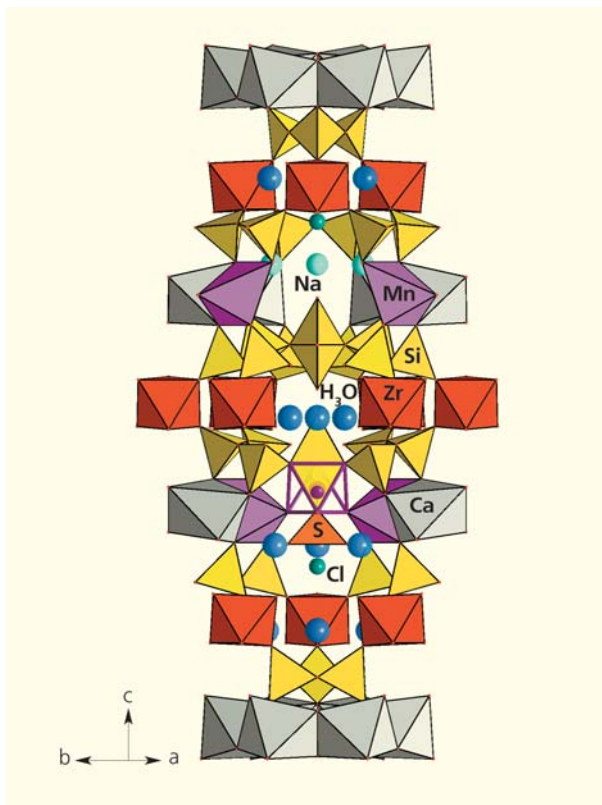


где квадратными скобками выделен состав ключевых позиций структуры, а надстрочными буквами и цифрами обозначены их номера. Как видно из первой скобки формулы, илюхинит сильно гидратирован и в крупнокатионных  $N$ -позициях оксо-



Кристаллы илюхинита размером до 1 мм в поперечнике.

ниевые группы преобладают над натрием. В третьей скобке отражено преобладание марганца в позиции пятивершинника над железом. Количество кремния в структуре превышает необходимое и достаточное для построения двух типов колец. Избыточный кремний располагается на оси  $z$  в центрах девятичленных колец, статистически занимая четыре позиции и ориентируя свободные вершины вверх и вниз от плоскости колец.



Кристаллическая структура илюхинита.

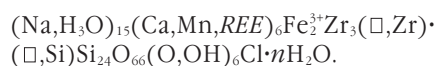
Таблица

## Сравнительные характеристики илюхинита и родственных ему минералов группы эвдиалита

Минерал	Илюхинит [1]	Аквалит [2, 7]	Манганоэвдиалит [6]
Формула	$(\text{H}_3\text{O,Na})_{14}\text{Ca}_6\text{Mn}_2\text{Zr}_3\text{Si}_{26}\text{O}_{72}(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	$(\text{H}_3\text{O})_8\text{Na}_4\text{SrCa}_6\text{Zr}_3\text{Si}_{26}\text{O}_{66}(\text{OH})_5\text{Cl}$	$\text{Na}_{14}\text{Ca}_6\text{Mn}_3\text{Zr}_3\text{Si}_{26}\text{O}_{72}(\text{OH})_2\text{Cl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Пространственная группа	$R\bar{3}m$	$R\bar{3}$	$R\bar{3}m$
$a$ , Å	14.1695	14.078	14.2418
$c$ , Å	31.026	31.24	30.1143
$V$ , Å <sup>3</sup>	5394.7	5362	5289.7

Интересная особенность изученного образца — присутствие атомов серы в позиции на оси  $z$ , где тетраэдр  $\text{SO}_4$  объединяется статистически через общую вершину с тетраэдром  $\text{SiO}_4$ .

По химическому составу илюхинит близок к изученной ранее серии гидратированных минералов группы эвдиалита. Для поздних стадий эволюции агапитовых пегматитов характерны спад активности щелочных элементов и возрастание активности воды [1], что, в частности, приводит к преобразованию титано- и цирконосиликатов в их натрийдефицитные аналоги. Примерами таких минералов, кроме илюхинита, служат аквалит и икранит [5]

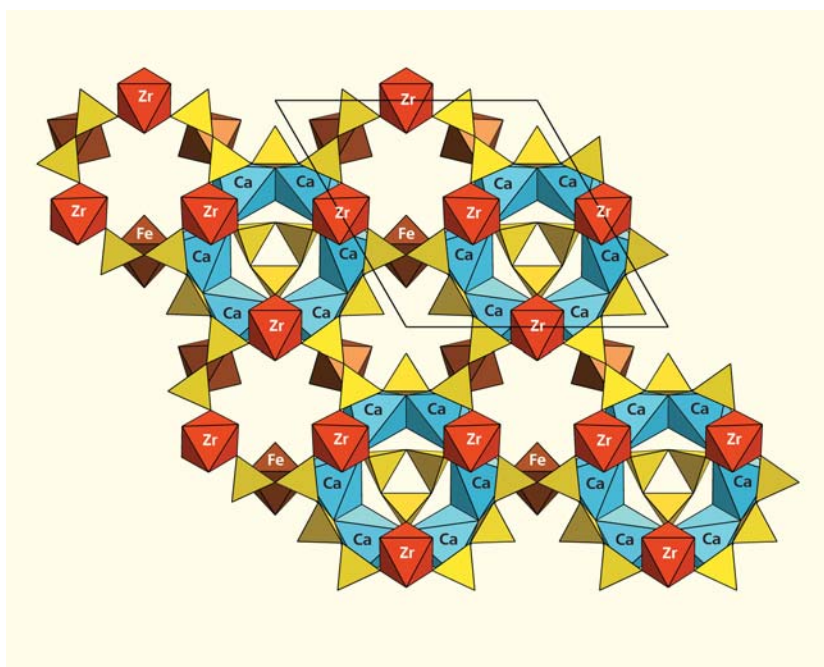


Химически илюхинит особенно близок к аквалиту из пегматита Инаглинского щелочно-ультраосновного массива в Якутии [2]. Характерные особенности данного аквалита — высокая степень гидратированности и низкое содержание Na, а так-

же присутствие ионов  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ , предположительно поглощенных из позднего гидротермального раствора в результате ионного обмена. Но, принимая во внимание особенности химического состава и кристаллической структуры илюхинита, можно предположить, что он образовался в результате гидротермального преобразования манганоэвдиалита [6]. Сравнительные характеристики илюхинита, аквалита и манганоэвдиалита приведены в таблице. В илюхините и аквалите установлено присутствие оксония в крупнокатионных позициях, но илюхинит отличается от аквалита присутствием марганца (в пятивершиннике), вместо натрия (в позиции квадрата). Манганоэвдиалит тоже содержит марганец, но вместе с тем он характеризуется высоким содержанием натрия и полным отсутствием оксония. Таким образом, все три минерала индивидуальны по сочетанию химических элементов.

Группа структурной минералогии ИК РАН давно и плодотворно участвует в открытии новых минералов, среди которых есть названные в честь института и его сотрудников [8]. Список из восьми минералов, связанных с историей ИК РАН (икранит, шубниковит, стишовит, беловит-(Ce) и беловит-(La), делонейт-(Ce), леммлейнит, расцветаевит), в 2008 г. пополнился андриановитом [9]. Он назван в честь Валерия Ивановича Андрианова, известного математика-кристаллографа, создателя системы программ AREN для структурного исследования минералов с большим числом позиций переменного состава. Илюхинит стал десятым «фамильным» минералом ИК РАН.

В 1956 г. тогда еще Володя Илюхин, только что окончивший Горьковский государственный университет, начал путь ученого как аспирант академика Н.В.Белова. Успешно защитив диссертацию, он остался работать в Институте кристаллогра-



Кристаллическая структура икранита в проекции на плоскость (001).

фии АН СССР вплоть до 1980 г. Талантливый ученый обладал неиссякаемой энергией. С его именем связано становление в СССР спелеологии и развитие спелеотуризма. Илюхин был председателем секции спелеологии Научного совета по инженерной геологии и гидрогеологии, представителем СССР в Международном союзе спелеологов. Яркая жизнь Владимира трагически оборвалась в возрасте 48 лет во время спасательной миссии в Абхазии. С тех пор система пещер на Гагрском хребте носит имя В.В.Илюхина. А теперь его имя присвоено и минералу.

Интересно, что среди «фамильных» минералов, открытых в разное время разными исследователями, четыре относятся к группе эвдиалита (икранит, расцветаевит, андриановит и илюхинит). Эвдиалиты — одни из наиболее удивительных минералов планеты. Они широко распространены в природе, но до сих пор никому не удалось синтезировать их в лаборатории. Яркие розовые ограненные кристаллы необычайно красивы. Химический состав их очень сложный: элементы половины таблицы Менделеева могут встраиваться в их кристаллическую структуру.

Эвдиалиты — уникальный пример кристаллохимического разнообразия, которое может быть реализовано при сохранении единого структурного мотива. Они концентрируют цирконий и титан, а также ряд других стратегически важных металлов, в том числе редкоземельных. Минералы этой группы (цирконо- и титаносиликаты), обладая микропористым строением, проявляют еще и ионообменные свойства. Для эвдиалитов характерны сложные механизмы упорядочения катионов и изоморфных замещений, сопровождающихся значительным изменением заряда, размера и координационного числа катиона (или группы катионов). Выделение минеральных видов в эвдиалитах актуально, в частности, и потому, что они служат индикаторами условий образования и указывают на эволюцию минералообразующей среды, которая выражается в изменениях химического состава, щелочности, окислительно-восстановительных характеристик, температуры и прочих параметров. Институт кристаллографии трудами своих сотрудников внес существенный вклад в изучение уникальных минералов группы эвдиалита. ■

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект №16-05-00739а).

## Литература

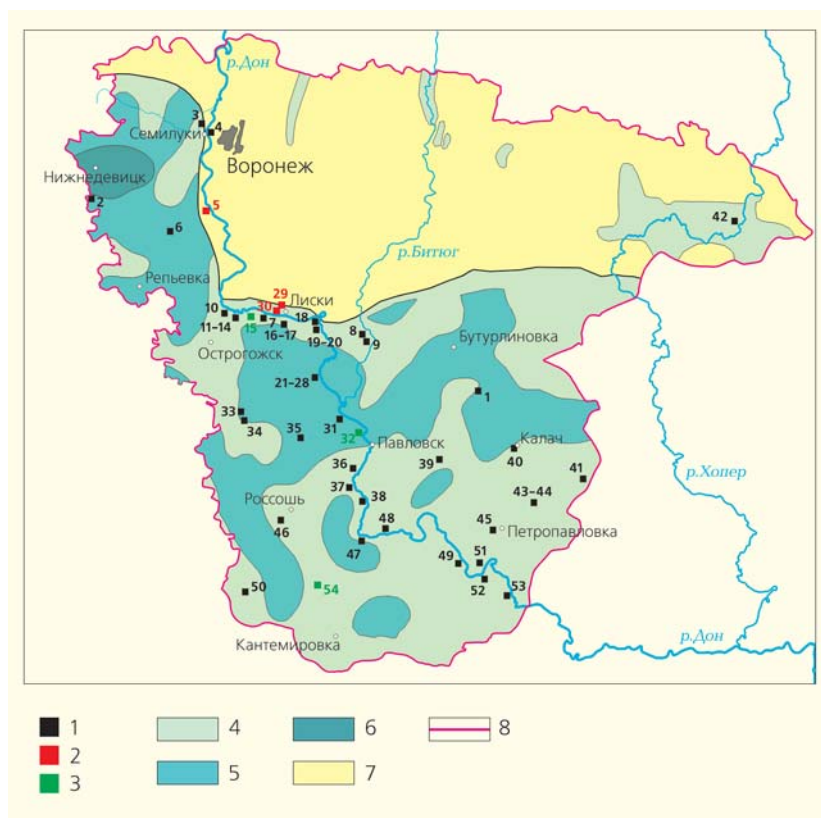
1. Чуканов Н.В., Расцветаева Р.К., Розенберг К.А. и др. Илюхинит  $(\text{H}_3\text{O}, \text{Na})_{14}\text{Ca}_6\text{Mn}_2\text{Zr}_3\text{Si}_{26}\text{O}_{72}(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  — новый минерал группы эвдиалита // ЗРМО. 2015. Ч.145. №2. С.44–57.
2. Хомяков А.П., Нечелюстов Г.Н., Расцветаева Р.К. Аквалит  $(\text{H}_3\text{O})_8(\text{Na}, \text{K}, \text{Sr})_3\text{Ca}_6\text{Zr}_3\text{Si}_{26}\text{O}_{66}(\text{OH})_9\text{Cl}$  — новый минерал группы эвдиалита из щелочного массива Инагли, Саха-Якутия, Россия, и проблема оксония в гидратированных эвдиалитах // ЗРМО. 2007. Ч.136. №2. С.39–55.
3. Расцветаева Р.К., Чуканов Н.В., Аксенов С.М. Минералы группы эвдиалита: кристаллохимия, свойства, генезис. Нижний Новгород, 2012.
4. Андрианов В.И. AREN-85 — система кристаллографических программ РЕНТГЕН на ЭВМ NORD, CM-4 и ЕС // Кристаллография. 1987. Т.32. №1. С.228–231.
5. Чуканов Н.В., Пеков И.В., Задов А.Е. и др. Икранит  $(\text{Na}, \text{H}_3\text{O})_{15}(\text{Ca}, \text{Mn}, \text{REE})_6\text{Fe}_2^{3+}\text{Zr}_3(\square, \text{Zr}) \cdot (\square, \text{Si})\text{Si}_{24}\text{O}_{66}(\text{O}, \text{OH})_6\text{Cl} \cdot n\text{H}_2\text{O}$  и раслакит  $\text{Na}_{15}\text{Ca}_3\text{F}_3(\text{Na}, \text{Zr})_3\text{Zr}_3(\text{Si}, \text{Nb})(\text{Si}_{25}\text{O}_{73})(\text{OH}, \text{H}_2\text{O})_3(\text{Cl}, \text{OH})$  — новые минералы группы эвдиалита из Ловозерского массива // ЗВМО. 2003. Ч.132. №5. С.22–33.
6. Nomura S.F., Atencio D., Chukanov N.V. et al. Manganoeudialyte — a new mineral from Poços de Caldas, Minas Gerais, Brazil // ЗРМО. 2010. Ч.139. №4. P.35–47.
7. Расцветаева Р.К., Хомяков А.П. Особенности структуры Na,Fe-деканионированного эвдиалита с симметрией R3 // Кристаллография. 2002. Т.47. №2. С.267–271.
8. Расцветаева Р.К. Фамильные минералы нашего института // Природа. 2003. №11. С.35–40.
9. Хомяков А.П., Нечелюстов Г.Н., Расцветаева Р.К., Розенберг К.А. Андриановит  $\text{Na}_{12}(\text{K}, \text{Sr}, \text{Ce})_3\text{Ca}_6\text{Zr}_3\text{NbSi}_{25}\text{O}_{73}(\text{O}, \text{H}_2\text{O}, \text{OH})_5$  — новый высококалийный минерал группы эвдиалита из Хибинского щелочного массива, Кольский полуостров, Россия // ЗРМО. 2008. Т.137. №2. С.43–52.

# Меловой карст: особенности современного спелеогенеза

Е.В.Трофимова,  
кандидат географических наук  
Институт географии РАН  
Москва

Заметки и наблюдения

Что такое карст? Это процесс преимущественно химического растворения горных пород, в результате которого на поверхности и под землей образуются характерные формы рельефа. Особенно часто карстовые процессы затрагивают такие породы, как известняки и доломиты. Однако на юге Русской равнины широко распространен своеобразный тип карста — меловой, развивающийся в мело-мергельных отложениях верхнемеловой системы, имеющих мощность более 100 м. Его называют специфическим, так как карстовые явления в меловых отложениях выражены не так четко и репрезентативно, как в других карбонатных породах, и именно поэтому многие ученые вообще не признают существование этого типа карста. К примеру, известный советский геоморфолог И.С.Щукин в своем фундаментальном труде «Общая морфология суши» писал, что «...к числу растворимых горных пород относятся известняки, доломиты, гипс, каменная соль» [1, с.327], абсолютно игнорируя карст в мелу. Районы его развития Щукин не упомянул и при составлении характеристики карстовых областей СССР. Противоположного мнения придерживался Н.А.Гвоздецкий, вплотную занимавшийся исследованием карста. Он отмечал, что «к карстовым следует относить явления, развивающиеся... в известняке, доломите... мелу и иногда в мелоподобном мергеле...» [2, с.7].



Меловой карст Воронежской обл. Условные обозначения: 1 — культовые пещеры, 2 — каменоломни, 3 — военно-оборонительные полости, 4–6 — количество карстовых форм на 100 км<sup>2</sup> (4 — от 1 до 5, 5 — от 5 до 10, 6 — от 10 до 25) [5], 7 — немеловая область, 8 — граница Воронежской обл. Искусственные пещеры и каменоломни в меловых породах пронумерованы: 1 — Каменка, 2 — Хвощеватовская, 3 — Губаревская, 4 — Семилукская, 5 — Костёнки, 6 — Новосолдатская, 7 — Селявинская, 8 — Мечеткинская-1, 9 — Мечеткинская-2, 10 — Коротоякская, 11 — Большие Дивы, 12 — Малые Дивы, 13 — Ульяны, 14 — Ухо, 15 — Каземат, 16 — Шатрищегорская, 17 — Малая Шатрищегорская, 18 — Богородицы, 19 — Колыбелкинская-1, 20 — Колыбелкинская-2, 21–28 — Костомаровские, 29 — Титчихинские каменоломни, 30 — Лискинские каменоломни, 31 — Верхнекарабутская, 32 — Белогорская, 33 — Караяшиновская, 34 — Новохарьковская, 35 — Подгорная, 36 — Семейская, 37 — Нижнекарабутская, 38 — Кулаковка, 39 — Журавкинская, 40 — Калачевская, 41 — Скрипниковская, 42 — Песковская, 43 — Старокриушанская-1, 44 — Старокриушанская-2, 45 — Червоно-Чехурская, 46 — Екатериновская, 47 — Новокалитвинская, 48 — Гороховская, 49 — Галиевская, 50 — Новобелянская, 51 — Старотолучевская, 52 — Красногоровская, 53 — Монастырщинская, 54 — Софиевка.



Панорама Костомаровского пещерного комплекса.

Факт существования карста в меловых отложениях был наглядно подтвержден работами Н.В. Родионова [3], Ф.Н. Милькова [4] и других ландшафтоведов и геоморфологов. Исследователи продемонстрировали и доказали существование в областях мелового карста типичных классических проявлений — карров, карстовых воронок, западин, карстовых останцов, карстовых источников и т.д. Были установлены особенности развития и распространения мелового карста.

В 2013 г. В.Б. Михно и А.С. Горбунов опубликовали детальную карту мелового карста Воронежской обл., где были представлены все «зафиксированные в последние 50 лет» карстовые образования [5]. Макет карты составлен с использованием материалов многолетних полевых наблюдений Михно, а также с привлечением картографических и литературных источников. Однако на карте не оказалось типичных для карстовых областей форм подземного карста: пещер, шахт, колодцев и т.п., отражающих существование зон вертикальной и горизонтальной циркуляции подземных вод внутри карстовых массивов. Основная причина отсутствия пещер и колодцев кроется в физико-механических свойствах мела — типичной карбонатной породы, содержащей до 90% карбоната кальция ( $\text{CaCO}_3$ ). Мел представляет собой

микропористую слабосцементированную горную породу. Согласно данным Г.И. Носова, пористость меловых отложений на территории Воронежской обл. достигает 51.5%, причем прочность мела значительно уменьшается при его водонасыщении. Происходит это из-за «ослабления цементации слагающих его мельчайших частиц кальцита», поэтому в меле механическое разрушение опережает химическое растворение горных пород, и пещеры просто не успевают формироваться [6].

Отсутствие естественных подземных полостей на территории Воронежской обл. с лихвой восполняется обилием искусственных гротов и шахт. Со второй половины XVII в. (по другим источникам — с середины XII в.) в регионе началось активное и повсеместное пещерокопательство [7]. Искусственно вырытые в мягком меле подземные полости использовались как культовые объекты, а также в строительных (добыча мела) и военно-оборонительных (убежища во время войн) целях. Подавляющее большинство искусственных пещер в меле были созданы христианами подвижниками и включают в себя протяженные коридоры-лабиринты, места для молитв, киоты для икон, различные хозяйственные сооружения. Интересно, что искусственные подземные системы часто имеют значительные размеры: так, общая длина Бело-



Лестница в Белогорской пещере.



Внутри пещеры Большие Дивы.

горской пещеры достигает 2 км, Калачеевской — около 1 км.

С давних времен мел из подземных шахт использовался для побелки крестьянских изб, поэтому его пилили и блоками вывозили для продажи — например, из Лискинских или Титчихинских каменоломен. Меловые блоки также применялись для обустройства погребов и подвалов, так как мел вследствие его значительной пористости обладает низкой теплопроводностью.

Искусственные пещеры в мелу служили в качестве убежищ во время Гражданской и Великой Отечественной войн (например, пещера Каземат и Титчихинские каменоломни).

## Литература

1. *Шукин И.С.* Общая морфология суши. Т.1. М.; Л.; Новосибирск, 1933.
2. *Гвоздецкий Н.А.* Карст. М., 1981.
3. *Родионов Н.В.* Карстовые явления в верхнемеловых отложениях Центрально-Черноземных областей // Общие вопросы карстоведения. М., 1962. С.203–221.
4. *Милюков Ф.Н.* Карстово-меловые ландшафты южных районов Черноземного центра // Научные записки Воронежского отдела Географического общества СССР. 1963. С.65–70.
5. *Михно В.Б., Горбунов А.С.* Меловой карст // Эколого-географический атлас-книга Воронежской области / Под ред. В.И.Федотова. Воронеж, 2013.
6. *Носов Г.И.* Состав некарбонатной примеси в песчанике мелу и ее влияние на физико-механические свойства породы // ДАН СССР. 1957. Т.113. №1. С.179–182.
7. *Степкин В.В.* Пещеростроительство как вид христианского подвижничества в лесостепном Подонье // Вестник церковной истории. 2008. №3 (11). С.141–150.

На карте Михно и Горбунова выделены ареалы с различным количеством карстовых, карстово-суффозионных и суффозионно-карстовых форм на 100 км<sup>2</sup>. Представляется целесообразным внести в эту характеристику сведения о размерах искусственных пещер, так как их суммарная протяженность только в пределах юга Воронежской обл. оценивается более чем в 8 км. Огромные искусственные подземные полости существуют в условиях антропогенно-преобразованного спелеорельефа и поэтому характеризуются своеобразным развитием подземного мелового карста. То, с чем не справилась в меловом карсте природа, создал в нем своим титаническим трудом человек. ■



# Эхо океана в московском музее

Научка и общество

Е.В.Сидорова,  
кандидат биологических наук  
Государственный Дарвиновский музей  
М.Г.Ушакова  
Институт океанологии имени П.П.Ширшова РАН  
Москва

История сотрудничества Дарвиновского музея и Института океанологии (ИО) восходит к 1960-м годам, когда основатель и первый директор музея Александр Федорович Котс пригласил войти в состав ученого совета академика Льва Александровича Зенкевича, который руководил в институте лабораторией бентоса. В архиве музея хранятся фотографии Зенкевича на заседании в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова, посвященном 100-летию выхода в свет книги Ч.Дарвина «Происхождение видов».

Содружество океанологов и специалистов музейного дела развивалось. И в течение 1970–80-х годов фондовые коллекции ракообразных, моллюсков, влажных препаратов существенно попол-

нились ценными образцами океанической фауны из рейсов знаменитых научно-исследовательских судов (НИС) «Витязь», «Дмитрий Менделеев», «Академик Мстислав Келдыш». Почти все предметы из коллекций кораллов, иглокожих и губок поступили из экспедиций Института океанологии. Такую формирование фондов музей во многом обязан человеку широчайшего кругозора, директору института в 1965–1987 гг., — А.С.Монину.

Около 300 экземпляров крабов, составивших основу коллекции ракообразных, привезены в 1971 г. из Тихоокеанской экспедиции НИС «Дмитрий Менделеев» (6-й рейс). Тогда же были добыты некоторые виды коралловых рыб, моллюсков, материал для создания экспозиций, посвященных эволюции поведения животных, экологическим и природоохранным вопросам. О раковине самого

© Сидорова Е.В., Ушакова М.Г., 2016



Выставка «Приготовиться к погружению!»: экспонаты естественнонаучной коллекции Института океанологии.

Здесь и далее фото из архива Государственного Дарвиновского музея



Из истории глубоководных погружений: макет батисферы Вильяма Биба, предшественницы современных глубоководных аппаратов, в натуральную величину.

крупного из ныне живущих двустворчатых моллюсков — гигантской тридакны (*Tridacna gigas*) — участница этого рейса, сотрудница Дарвиновского музея В.Н.Муцетони даже послала радиограмму с островов Океании: «Поймали ракушку. К судну буксировали катером, на борт поднимали краном». Ныне гигантская тридакна украшает экспозицию «Океан» в зале «Многообразие жизни на Земле».

Искренним другом Дарвиновского музея стал талантливый ученый и великолепный популяризатор науки, автор книги «Мэтры глубин» (2005), сотрудник Института океанологии (лаборатория

донной фауны океана) Лев Иванович Москалев, в течение многих лет консультировавший хранителей музейных фондов.

В 1990-х годах в новом здании Дарвиновского музея, в залах «Многообразие жизни на Земле» и «Зоогеография», открылись постоянные экспозиции, посвященные морским животным. Они были созданы благодаря многолетним контактам с крупнейшим отечественным исследовательским центром в области океанологии.

Консультации пилота глубоководных аппаратов А.М.Сагалевица и биолога А.В.Гёбрука и пере-



Океанические железомарганцевые конкреции.



Экзотические экспонаты выставки.

данные ими оригинальные фото- и видеоматериалы были исключительно важны для создания в 2000–2001 гг. экспозиционного комплекса «Гидротермы», посвященного удивительным экосистемам на дне океана, которые существуют за счет энергии хемосинтеза.

В XXI в. взаимодействие музея и института получило новый импульс к развитию. В 2015–2016 гг. в Дарвиновском музее была организована серия научно-популярных выставок, рассказавших об истории океанологии, об открытиях, изменивших взгляды на эволюцию Земли и развитие жизни в океане, о новейших российских исследованиях в арктических морях.

Выставка «Приготовиться к погружению!», которая была разработана при активном участии Героя РФ, заведующего лабораторией научной эксплуатации глубоководных обитаемых аппаратов А.М.Сагалевича и сотрудников лаборатории донной фауны океана ИО РАН Т.Н.Молодцовой, Л.И.Москалева и А.Н.Миронова, стала откровением для публики. Люди уже начали забывать о достижениях советских и российских ученых, и в канун 70-летнего юбилея Института океанологии многие москвичи и гости столицы впервые увидели редчайшие образцы океанической фауны (влажные препараты животных, добытых с глубин 5–9 тыс. м), хранившиеся в институтских запасниках много десятилетий.

Тема изучения Мирового океана оказалась настолько востребованной, что выставка переросла в просветительский проект. Шесть творческих встреч, проведенных учеными-океанологами (в том числе и специалистами из Геологического института РАН), собрали около 700 слушателей. За три месяца выставку посетили свыше 200 тыс. человек.

Повышенным вниманием публики пользовались влажные препараты глубоководных рыб. Эту коллекцию подготовили сотрудники лаборатории океанической ихтиофауны ИО РАН Я.В.Щеглова и С.Г.Кобылянский. «Поражает, что некоторые экспонаты хранились 60 лет!» — написал в книге отзывов один из посетителей музея.

Особенностью экспозиции «Приготовиться к погружению!» стала подача естественнонаучных коллекций в историческом контексте. Ощущение ушедшей эпохи возникало благодаря черно-белому любительскому фильму 1966 г., снятому участницей рейса О.Н.Зезиной. На пленке, увиденной тысячами взрослых и маленьких посетителей му-



Декорации «театра» музейной экспозиции.

зея, запечатлены мгновения первого специализированного биологического рейса легендарного НИС «Витязь» в район Курило-Камчатского желоба.

При подготовке к выставке геологическая коллекция Дарвиновского музея пополнилась образцами железомарганцевых конкреций, поднятых со дна Тихого, Атлантического, Индийского океанов, с глубины несколько тысяч метров. Эти ценные образцы были подарены сотрудниками института А.В.Дубининым и Т.Ю.Успенской.

Тему постижения тайн океана продолжила фотовыставка «Наука в высоких широтах» (об арктическом рейсе НИС «Академик Мстислав Келдыш» 2015 г.). Символично, что одним из авторов этой выставки в Дарвиновском музее, состоявшейся в феврале–апреле 2016 г., стал заместитель директора ИО РАН М.В.Флинт — внук академика Зенкевича.

Содружество Дарвиновского музея и Института океанологии во имя популяризации научных исследований продолжается. Реализация музейных проектов всецело зависит от энтузиазма его добровольных участников. И общие усилия оправдались — об этом свидетельствуют отзывы посетителей музея, проявленный ими интерес к работе океанологов.

В завершение этого очерка хочется привести строки из открытого письма благодарности, с которым авторы выставки «Приготовиться к погружению!» обратились к коллективу Института океанологии имени П.П.Ширшова: «Мы верим, что созданный общими усилиями маленький “театр” музейной экспозиции нужен людям». ■

# Письмо А.И.Лейпунского Л.Д.Ландау

Времена и люди

Дочь репрессированного физика М.А.Кореца получила от Службы безопасности Украины хранившееся в арестном деле отца неизвестное письмо А.И.Лейпунского, адресованное Л.Д.Ландау. Публикацию письма сопровождает рассказ М.А.Шифмана о его истории, а также малоизвестных сведениях из жизни Кореца, и статья Г.Е.Горелика о событиях, упоминающихся в письме и связанных с судьбами сотрудников Украинского физико-технического института.

## Из истории письма

М.А.Шифман,

доктор физико-математических наук  
Университет Миннесоты (США)

В марте 2016 г. я был в Иерусалиме на конференции в честь 75-летия нобелевского лауреата по физике Д.Гросса, чьи детские и юношеские годы прошли в этом городе. В Иерусалиме живет Наталья Моисеевна Корец-Гольфанд, дочь Моисея Абрамовича Кореца и вдова Ю.А.Гольфанда, одного из первооткрывателей суперсимметрии. При встрече Наташа передала мне письмо, написанное А.И.Лейпунским и отправленное им из английского Кембриджа в Харьков в 1935 г. Письмо это адресовано Л.Д.Ландау. Оно никогда не публиковалось и неизвестно биографам Ландау. Письмо (вместе с еще одним документом) было переслано Наташе Службой безопасности Украины. Оно хранилось в первом арестном деле Кореца (Харьков, 1935) на протяжении многих десятилетий.

Ландау бежал из Харькова в Москву в 1937 г. Считается, что толчком к этому были массовые аресты НКВД, начавшиеся в Украинском физико-техническом институте (УФТИ). В мае 1936 г. арестована Е.А.Штриккер\*, жена А.С.Вайсберга, в марте 1937 г. — сам Вайсберг, за ним последова-

ли аресты К.Б.Вайсельберга, Л.В.Розенкевича, Л.В.Шубникова\*\*...

Однако из найденного письма видно, что уже в 1935 г. Ландау и Шубников очень серьезно обдумывали отъезд из Харькова в Москву. Причины этого, как и события того времени в УФТИ, зримо отражены в письме Лейпунского.

От письма у меня осталось впечатление, что 32-летний Лейпунский и 28-летний Ландау были не просто друзьями. Два мечтателя-единомышленника, считавшие УФТИ своим ребенком и с романтическим азартом погруженные в планы сделать из института самый лучший физический центр того времени. Увы, их планам не суждено было сбыться...

Еще одно курьезное наблюдение. Оказывается, в то время почта работала лучше, чем сейчас. Письмо из Харькова в английский Кембридж шло меньше шести дней! А ведь почтовые самолеты тогда не летали...

Второй документ, переданный мне Натальей Моисеевной и датированный 24 июня 1935 г., —

\* По-венгерски ее фамилия писалась Striker, по-немецки и по-английски Stricker. — МШ.

\*\* См.: Гредескул С.А., Пастур Л.А., Фрейман Ю.А., Храмов Ю.А. Лев Васильевич Шубников (Природа. 1991. №1. С.89–97); Френкель В.Я. Четырнадцать лет из жизни Л.В.Шубникова (Природа. 1991. №4. С.124–126).

письмо от румынского физика-теоретика Александру Прока, который в то время был сотрудником Института Анри Пуанкаре в Париже. Это письмо — ответ на более раннее письмо Ландау, и речь в нем идет об организации семинара Ландау в Институте Анри Пуанкаре.

Прока (физики старшего поколения, наверное, еще помнят калибровку Прока) пишет, что обсудил письмо от Ландау с Луиде Бройлем, что они будут рады его видеть, выделяют на его визит в Париж 1000 французских франков и дают ему полную свободу в выборе темы семинара, но у них есть условие: семинар должен быть доступен для аспирантов, и изложение — ясным (последнее слово подчеркнуто). Насколько я знаю, этот визит Ландау в Париж не состоялся.



М.А.Корец. 1935 г.

Мне хотелось бы добавить несколько слов о действующих лицах этой давней истории. О Кореце (1908–1984), который в 1935 г. по приглашению Ландау приехал в Харьков и стал его ассистентом, много писали, в частности в журнале «Природа»\*. После ссылки, когда он вернулся в Москву в 1958 г., он стал сотрудником «Природы» — сначала внештатным, а с 1960 г. штатным редактором. О Лейпунском (1903–1972) тоже имеется обширная литература, например известные книги Б.С.Горобца\*\*. Я расскажу кое-что новое, еще не публиковавшееся.

Моисей Корец был женат трижды. В первый раз он женился в Москве в 1928 г. на Александре Симоновой. Вскоре после того как в 1929 г. у них родилась дочь Эсфирь (позднее Ирина), семья переехала в Ленинград. Этот брак распался в 1931 г. На допросах и при первом, и при втором аресте Корец не упомянул ни о бывшей жене, ни о дочери, без сомнения, желая оградить их от внимания Наркомата внутренних дел (НКВД). В то время их имена в документы НКВД не попали. Арест 1938 г. закончился отправкой Кореца в ГУЛАГ (Печора, Воркута) на 14 лет, с последующей ссылкой.

\* Ранюк Ю.Н. М.А.Корец и Л.Д.Ландау в кольце харьковских спецслужб (Природа. 1995. №12. С.86–92; 2008. №1. С.54–59).

\*\* Круг Ландау. Жизнь гения. М.; СПб., 2006; Круг Ландау. Физика войны и мира. М., 2009; Круг Ландау и Лившица. М., 2009.

Симонова оказалась благородной и отважной женщиной. Чтобы получить возможность писать Корецу в лагерь и отправлять ему продуктовые посылки, она пошла на большой риск, написав заявление в НКВД, что она была замужем за Корецем и у них общая дочь. Переписка с Симоновой и, позднее, с подростковой дочерью Эсфирь-Ириной помогла ему выжить, сохранив человеческое достоинство.

С их перепиской частично можно познакомиться в Интернете\*\*\*. Довольно подробно биография Кореца описана в эссе Бориса Эскина «Жизнь и судьба Юрия Гольфанда», а также в моем введении к сборнику «Physics in a Mad World» [1, p.1–85], где опубликован и английский вариант эссе Эскина [1, p.391–462].

Малоизвестные детали из жизни Лейпунского в первой половине 1930-х годов можно найти в книге А.Вайсберга-Цыбульского [2]. О его пребывании в Кембридже в 1934 г. вспоминает Шарлотта Хоутерманс, жена известного физика Ф.Хоутерманса, в своем дневнике она называет «Сашу Л.» симпатягой и душой любой компании. Часть дневников (но не та, что относится к 1934 г.) была опубликована В.Я.Френкелем [3]. Последняя (до того не опубликованная) часть была включена в сборник «Physics in a Mad World» с любезного согласия детей Ш.Хоутерманс. Кстати, и в книге Френкеля, и в сборнике заинтересованный читатель найдет много архивных материалов о УФТИ 1935–1937 гг., в том числе и дневники Хоутерманс.

Несколько слов о Наталье Корец-Гольфанд. Моисей Корец несколько раз находился на грани смерти. Однажды в лагерьном лазарете его спасла медсестра Серафима Иосифовна Рудова, из осужденных по 58-й статье УК РСФСР. Корец влюбился, и з/к Рудова впоследствии стала его женой. Наталья Корец-Гольфанд родилась в январе 1946 г. в затерянной среди лесов и болот северной деревушке. Понятное дело, роддома в лагере не было, он находился в соседнем селе, куда и отправляли зэчек-рожениц [1].

Оригиналы упомянутых писем хранятся в семейном архиве Н.Корец-Гольфанд.

\*\*\* [https://sites.google.com/site/michaelkjerusalem/pisma\\_main](https://sites.google.com/site/michaelkjerusalem/pisma_main)

## Литература

1. Physics in a Mad World / Ed. M.Shifman. Singapore, 2015.
2. Weissberg A. The Accused. N.Y., 1951.
3. Френкель В.Я. Профессор Фридрих Хоутерманс: работы, жизнь, судьба. СПб., 1997.

Cambridge, 5.7.1935

Милый Дау!

Только что получил от тебя письмо, понять которое довольно трудно (письмо написано тобой 29 июня). Во-первых, я не понимаю, о каком письме к Кире\* идет речь. Насколько я помню, я Кире уже месяца три не писал. Во-вторых, что значит ты, Шубников и Комаров\*\*? О Комарове я первый раз слышу. В-третьих, и тебе это могло быть очевидно, что я на институт затратил немало сил. По-видимому, я это сделал для того, чтобы создать условия для работы себе и другим, чтобы сделать хороший научный институт. Ясно, что я так легко из института не уйду, и меня несколько удивляет легкость вашего отношения. И ты, и Шубников тоже затратили немало на создание института, и подобное поспешное бегство малопонятно. Единственная попытка объяснения — это то, что вы считаете, что у вас сил для победы не хватает, но хватило бы, если бы я был с вами. Как же тогда вы подготавливаете уход из института, не дождавшись меня, не поговорив со мной? Что я хочу иметь от института, какой институт, по моему мнению, должен быть, вы это знаете. Не один раз с каждым из вас мы об этом говорили. То, что я не полный идиот, я надеюсь, вам известно. При всех моих недостатках я не очень глупый человек и прекрасно понимаю, что если институт превратится в заведение, в бюрократическую машину, то мне в нем также места не окажется, как и любому из вас.

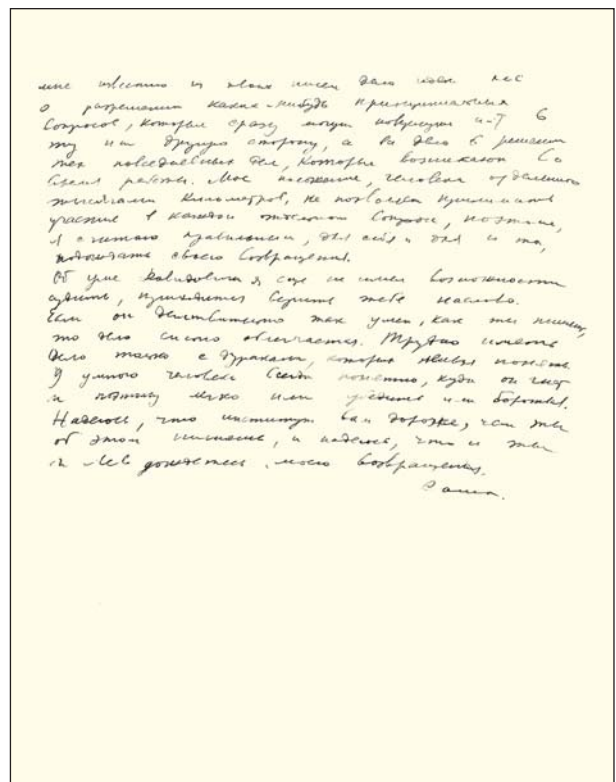
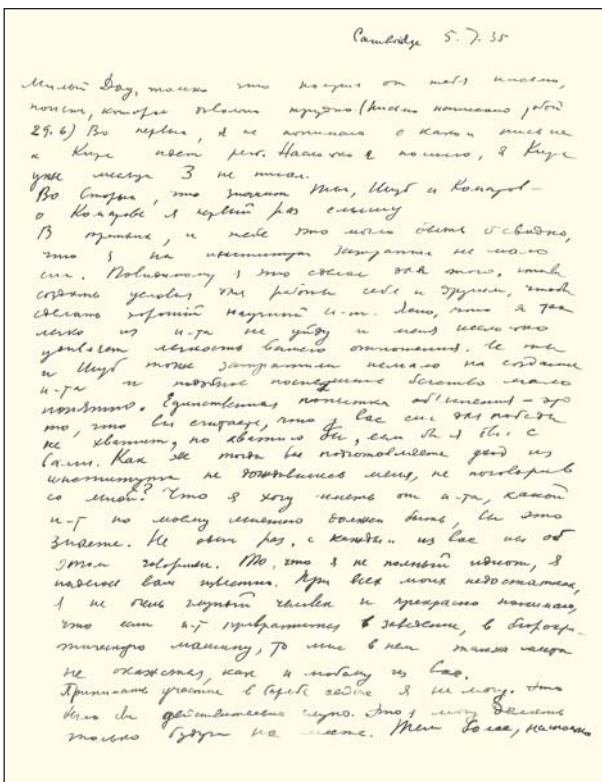
Принимать участие в борьбе сейчас я не могу. Это было бы действительно глупо. Это я могу делать только будучи на месте. Тем более, насколько мне известно из твоих писем, дело идет не о раз решении каких-нибудь принципиальных вопросов, которые сразу могут повернуть институт в ту или другую сторону, а все дело в решении тех повседневных дел, которые возникают во время работы. Мое положение человека, отделенного тысячами километров, не позволяет принимать участие в каждом отдельном вопросе. Поэтому я считаю правильным для себя и для института подождать своего возвращения.

Об уме Давидовича я еще не имел возможности судить, приходится верить тебе на слово. Если он действительно так умен, как ты пишешь, то дело сильно облегчается. Трудно иметь дело только с дураками, которых нельзя понять. У умного человека всегда понятно, куда он гнет, и поэтому легко или убедить, или бороться. Надеюсь, что институт вам дороже, чем ты об этом пишешь, и надеюсь, что и ты, и Лев дождетесь моего возвращения.

Саша [Лейпунский]

\* Кира — Кирилл Дмитриевич Синельников (1901–1966), в УФИ возглавлял отдел физики ядра в 1930–1942 гг.

\*\* Петр Николаевич Комаров, аспирант УФИ, работал на Опытной станции глубокого охлаждения, арестован в 1937 г., погиб в заключении.



Письмо из Кембриджа (первая и вторая страницы).

# Письмо из Кембриджа в Харьков

Лев Ландау и Александр Лейпунский

Г.Е.Горелик,

кандидат физико-математических наук

Центр философии и истории науки при Бостонском университете (США)

Опубликованное письмо — ответ на депешу с поля битвы в Украинском физико-техническом институте (УФТИ) в Харькове. Сражались там за советскую науку.

История началась в декабре 1934 г., когда директором был назначен некий С.А.Давидович, в институте никому не известный и к науке до того отношения не имевший. Преподы директор UFТИ — 30-летний А.И.Лейпунский, талантливый физик и «организатор науки» (как тогда было принято говорить), — еще с весны 1934-го находился на длительной стажировке в Англии.

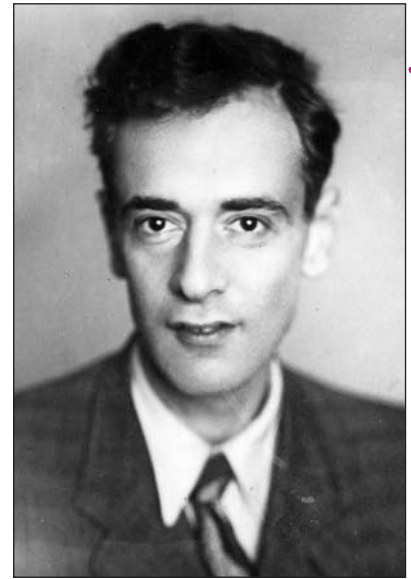
Новый директор начал с того, что соорудил себе кабинет с табличкой на дверях «Прием по понедельникам, средам и пятницам от 3 до 5 часов» и принялся руководить, внедряя не столько науку в жизнь, сколько советскую жизнь — в науку. Без консультаций с ведущими научными работниками он раздобыл для института задания военно-технического характера и ввел режим секретности с пропускной системой. Его инициативы вызвали открытый отпор ведущих физиков института, среди которых самыми заметными были 27-летний Л.Д.Ландау, руководивший теоретическим отделом, и 33-летний Л.В.Шубников, руководитель лаборатории низких температур. Все участники противостояния могли сказать, что стремятся сделать советскую науку лучшей в мире и наилучшим образом помогающей строительству социализма. Оставалось согласовать: что такое хорошо, что такое наука и что такое социализм.

Чтобы понять, почему согласие было невозможно и что двигало участниками разногласия, надо понимать обстоятельства времени и места, весьма необычные для нашего далекого настоящего.



А.И.Лейпунский. 1960-е годы.

[www.biblioatom.ru](http://www.biblioatom.ru)



Л.Д.Ландау. 1939 г.

Фото из архива Г.Е.Горелика

## Советско-социалистический идеализм

УФТИ был основан в 1928 г. группой сотрудников ленинградского Физтеха\*, а в 1935 г. уже претендовал на лидерство в нескольких важных областях физики. Одну из главных ролей в этом сыграл Ландау, прибывший в УФТИ из Ленинграда в 1932 г., не сойдясь характером с А.Ф.Иоффе, директором «материнского» института.

Посмотрим на тогдашнего 24-летнего Ландау глазами П.Эренфеста — человека, который был вдвое его старше, дружил с А.Эйнштейном и Н.Бором и сам был физиком с мировым именем. Эренфест, проживший в России пять лет (1907–1912) и друживший с Иоффе, знал, что Ландау уехал из Ленинграда в сущности из-за конфликта с Иоффе, который раздраженно объяснил Эренфесту, что считает Ландау *...чрезвычайно способным, но фи-*

\* В 1925–1933 гг. институт претерпевал кардинальные изменения, слияния и преобразования, в 1928 г. он назывался Ленинградский государственный физико-технический институт (ГФТИ) при ВСНХ РСФСР. — *Примеч. ред.*



П.С.Эренфест (в центре) в Ленинграде среди сотрудников Физико-технического института; справа от него — А.Ф.Иоффе.

Здесь и далее фото из архива «Природы»

зические суждения его — крайне односторонними и поэтому неверными. Так было во всех физических вопросах, в которых он участвовал в нашем институте. Все, что он утверждал, оказалось сплошной чепухой, не оправдавшейся на опыте. Верно, что в его взглядах есть внутренняя логика, но только нет связи с действительностью — это не логика природы. Физика не талмуд, и она не может заниматься толкованием великих изречений Ландау, хотя они несомненно интересны и, по-видимому, своей логикой гипнотизируют [1, с.299].

Чтобы разобраться в логике этого гипноза, Эренфест в декабре 1932 г. отправился в Харьков и прямо оттуда изложил свои впечатления обиженному другу:

*Что же касается Ландау, то в последнее время я стал ценить его как совершенно необычайно одаренную голову. В первую очередь за ясность и критическую остроту его мышления. Мне доставляло большое удовольствие спорить с ним о разных вещах. И совершенно независимо от того, был ли я при этом неправ (в большинстве случаев — в основных вопросах) или прав (как правило, во второстепенных деталях), я каждый раз очень многое узнавал и мог при этом оценивать по достоинству, насколько ясно он «видит» и насколько большим запасом ясно продуманных знаний он располагает... <...> ...Такой человек, как Ландау (разрешите мне не принимать во внимание его хулиганство, которое я лично*

*открыто осуждаю решительным образом), в равной степени для любой страны представляет собою абсолютно необходимый тип физика-теоретика. <...> После того, как я раз-другой с ним очень крепко поспорил из-за некоторых его неоправданно парадоксальных утверждений, я убедился, что он мыслит не только четко, но и очень наглядно — особенно в области классической физики. И в этот очень короткий промежуток времени я узнал от него удивительно много нового — почти каждый раз после фазы спора, в течение которой я был твердо убежден, что он неправ!!*

*Я люблю способ его мышления почти так же, как и способ мышления Паули.*

*И я очень хорошо понимаю, почему здесь все экспериментаторы так охотно советуются с Ландау (а не с Розенквичем или Подольским), — он очень живо всем интересуется и интересен сам. Из-за его мальчишеских манер то, что он говорит, часто кажется сначала абсолютно непонятным, но если с ним упорно поспорить, то всегда чувствуешь себя обогащенным. Ведь де-факто я делаю все, что вообще в моих силах, для того, чтобы мобилизовать против хулиганства [слово по-русски. — Г.Г.] Ландау, — конечно, при том, что он обо всем знает, — и разъяснить молодежи, как разрушающе влияет такое поведение. Ландау, в принципе, добрый человек!!! После незначительной внешней правки он мог бы стать одним из моих друзей (вопреки тому, что он меня как физика уважает мало) [1, с.246–249].*

Все это за считанные дни сумел разглядеть иностранец Эренфест. Тем более это видели молодые физики, которые учились работать рядом с Ландау. То, что Эренфест называл мальчишеским хулиганством Ландау, они считали честностью, пусть и прямолинейной. А честность так нужна при поиске истины, что можно обойтись и без всякой внешней правки. Главное, что их молодой учитель видит исключительно ясно, мыслит четко и наглядно, на основе огромного запаса продуманных знаний.

В 1935 г. самый юный из аспирантов Ландау — Е.М.Лифшиц — сказал новоприбывшему дипломнику: *До сих пор был Кембриджский период в развитии физики, а сейчас наступает Харьковский* [2, с.26]. И то была не шутка, а настрой теоретиков института. Не зря же в 1934 г. на конференцию



в УФТИ приехал сам Бор и написал в книге почетных посетителей:

*Я рад возможности выразить свои чувства величайшего восхищения и удовольствия, с которыми я осмотрел прекрасный новый Физико-технический институт в Харькове, где отличные условия для экспериментальной работы во всех областях современной физики используются с величайшим энтузиазмом и успехом под выдающимся руководством и в теснейшем сотрудничестве с блестящим физиком-теоретиком [2, с.161].*

Творческий энтузиазм блестящего теоретика соединялся с его советско-социалистическим идеализмом, который, в свою очередь, опирался и на вполне реальные обстоятельства. Во второй половине 1920-х годов, когда Ландау входил в науку, СССР поддерживал активные научные контакты с западной наукой, и в 1929 г. его отправили за «народные деньги» на стажировку в Европу. Когда эти деньги кончились, западные коллеги выхлопотали для него стипендию Рокфеллеровского фонда еще на год. В 1920-х годах таким же образом приобщались к мировой науке и делали свои первые работы мирового уровня многие советские физики. Шубников, в частности, начал работать в УФТИ, проведя четыре года в лучшей тогда лаборатории низких температур в Голландии.

Европейским физиком Ландау запомнился своим антибуржуазным пылом и верой в великое будущее как научного социализма, так и науки при социализме. Вернувшись на родину, он взялся это будущее приближать, готовя новых физиков и реализуя свое учительское призвание. В УФТИ Ландау консультировал экспериментаторов, занимался теоретическими проблемами и одновременно готовил новых теоретиков. В 1935 г. уже пятеро его аспирантов освоили разработанный им «теорминимум» и появилось «Руководство по теоретической физике»\* — первая версия «Курса теоретической физики», самой, вероятно, знаменитой книги в физике XX в.

Увлеченный наукой теоретик, похоже, не придавал особого значения новым веяниям в стране. Пока он гостил в лучших домах научной Европы, на родине объявили «великий перелом». Товарищ Сталин, подавив своих бывших товарищей по ленинскому политбюро, стал единоличным вождем, прекратил ленинскую новую экономическую политику и провозгласил новейшую — ускоренную индустриализацию.

При этом изменилось и отношение власти к науке. Прежняя почитительность сменилась требованием практической отдачи. Привычное ныне сочетание «наука и техника» тогда выглядело иначе: «техника и наука», и Сталин сказал, что «техника

решает все»\*\*. Наглядную демонстрацию его отношения к науке в 1930-х годах можно видеть в первом присуждении Сталинских премий. Эти премии он учредил в 1939 г. — к своему 60-летию. Академия наук, после обсуждений и голосования, представила список лучших работ по физике, но две первые работы вождь вычеркнул. Из вычеркнутых областей науки выросли радиолокация и ядерное оружие. Лишь взрывы атомных бомб в конце Второй мировой войны убедили вождя, что наука стала главным источником военно-технической мощи.

## Советская наука и нравственность

Советско-социалистический энтузиазм Ландау, сформировавшись в 1920-х годах, прекрасно сохранился к 1935-му, несмотря на то что к «Хозяину», как Ландау иронично именовал вождя, он никогда не испытывал теплых чувств. Слишком явным было «ханство» Сталина и слишком свободолюбив был физик-теоретик, утешавший себя тем, что, согласно марксизму, роль народных масс в истории гораздо важнее роли личности.

Так или иначе, на рвение директора-партназначенца в УФТИ свободолюбивые физики отвечали открыто и в самых разных формах. Возражали на собраниях, писали статьи в стенгазету.

В этой борьбе самым активным помощником Ландау стал М.А.Корец. Познакомились они еще в Ленинградском политехническом институте, где Ландау преподавал, а Корец учился. Оба родились в 1908 г., Гражданскую войну пережили детьми, а юность их пришлось на самое свободное в советской истории десятилетие. Оба влюбились в науку и в сказку научного социализма. Корец был покорен мощным интеллектом Ландау в науке и его теорфизическим подходом к жизни. И он с радостью отдавал свою энергию той цели, которую ставил перед собой Ландау, — вывести советскую физику на мировой уровень, пользуясь преимуществами социализма и заодно доказывая их реальность всему миру во имя светлого будущего всего человечества!

На такую плакатную декларацию пишущий эти строки решился лишь потому, что много лет раз-

\*\* Неточное цитирование. В действительности лозунг 1-й пятилетки (1928–1932) звучал так: «Техника в период реконструкции решает все», что нашло отражение даже в надписи на знаке Всесоюзного совета обществ ЗОТ («За овладение техникой»), которым награждались трудящиеся, овладевшие определенной суммой технических знаний и навыков и умевшие применять эти знания и навыки на деле. Лишь в речи И.В.Сталина перед выпускниками военных академий 4 мая 1935 г. этот лозунг был дан без уточнения: *Вот почему старый лозунг «техника решает все», являющийся отражением уже пройденного периода, когда у нас был голод в области техники, должен быть теперь заменен новым лозунгом, лозунгом о том, что «кадры решают все». В этом теперь главное. — Примеч. ред.*

\* См.: Горелик Г.Е. Как рождался «Курс теоретической физики» (Природа. 2005. №8. С.67–75).



У входа в лабораторный корпус УФТИ. Первый ряд: Л.В.Шубников, А.И.Лейпунский, Л.Д.Ландау, П.Л.Капица. Второй ряд: Б.Н.Финкельштейн, О.Н.Трапезникова, К.Д.Синельников, Ю.Н.Рябинин. 1934 г.

мышлял над биографией Ландау, над документальными свидетельствами и беседами со многими близко знавшими его людьми, включая самого Короца [3, 4].

Чтобы охарактеризовать других участников событий в УФТИ, требуются усилия других биографов. Обстоятельства советской жизни не способствовали открытости, и действовали весьма разные сочетания научных и социальных факторов. В 1930-х годах простых карьеристов среди физиков было немного, гораздо более престижной тогда была профессия инженера. Немного было и «ярко-красных» физиков, подобно Ландау считавших себя вправе самим решать, что помогает социализму, а что нет. Еще меньше было тех, которые вовсе не считали советский социализм шагом к светлому будущему: в окружении Ландау таким «белым-и-непушистым» был один лишь Лифшиц.

Основную часть политического спектра занимали те, кто смотрели на жизнь сквозь розовые очки, доверяя с разной степенью искренности партийным руководителям определять, что такое хорошо и что такое плохо. Легче было тем, кто, увлеченно занимаясь наукой и «личной жизнью», все общественно-политические явления воспринимали как погоду, к которой следует приспособляться, но которую невозможно изменить. При этом, разумеется, приходилось идти на ком-

промиссы разного масштаба с властями, уговаривая свою совесть — тем больше, чем выше административное положение в науке. И тем труднее было сохраниться морально.

Это, как ни странно, удалось высшему научному руководителю «Ядерного проекта» — И.В.Курчатову. Он защищал физику и конкретных физиков от партийно-полицейских надзирателей, объяснял правительству неизбежность мирного сосуществования в ядерный век, способствовал возрождению генетики. И поддерживал А.Д.Сахарова, когда тот расширил диапазон своих размышлений от ядерно-военной физики до политики ядерного века. О характере и политическом таланте Курчатова сказано в справке Министерства государственной безопасности СССР от 8 июля 1945 г.: «По характеру человек скрытный, осторожный, хитрый и большой дипломат»\*. У своих коллег он оставил всеобщую добрую память, заплатив, однако, высокую цену — умер в 57 лет, после нескольких инсультов.

Лейпунский, ровесник Курчатова, прожив дольше, оставил нелегкие вопросы о соотношении науки и морали в советское время. Избранный в АН УССР еще в 1934 г., тридцатилетним (са-

\* Подробнее об этом см. главу «Курчатов, большой дипломат» в книге: Горелик Г.Е. Андрей Сахаров: Наука и свобода. М., 2010 (Жизнь замечательных людей. Вып.1207).

мым молодым за всю историю этой академии), талантливый физик руководил важными научными проектами и институтами в рамках советского «Ядерного проекта», а значит, пользовался доверием советской власти. Но так и не был избран в АН СССР — самую автономную официальную организацию в Советском Союзе. Значит ли это, что большинство членов «большой» академии не считали его достойным по каким-то «общечеловеческим» причинам?

Что думали советские академики о Лейпунском в 1940–1960-х годах и что думал он сам о себе — вопрос для его биографов после того, как тайные драматические события 1930-х годов приоткрылись вместе с секретными архивами в свобододобываемые 1990-е. Вот несколько опорных фактов для размышлений, взятых из публикаций [5–7], а также из материалов, подготовленных П.Е.Рубининым для второго тома книги «Капица, Кремль и наука».

УФТИ официально открылся 7 ноября 1930 г. В том же году Лейпунский вступил в ВКП(б) и стал заместителем директора без отрыва от успешных исследований в физике ядра. В 1933-м был назначен директором вместо беспартийного И.В.Обреимова и быстро завоевал уважение и симпатии сотрудников.

Весной 1934 г. Лейпунский уехал в Англию, получив при содействии П.Л.Капицы возможность работать в Кембридже. Он очень способный молодой ученый и сразу себя хорошо зарекомендовал, — писал Капица матери. В августе Капица с женой, в сопровождении Лейпунского, отправились в отпуск в СССР. А 25 сентября зампреда Совнаркома В.И.Межлаук сообщил Капице, что он останется работать в СССР. Жена Петра Леонидовича возвратилась к детям в Англию, куда вскоре вернулся и Лейпунский. Выбитый из колеи Капица писал тогда жене: *Я несколько не сомневаюсь, что [Лейпунский] очень доброжелательно к нам относится и, безусловно, без задних мыслей. Ему можно вполне доверяться. <...> ..Я знаю, что могу на него положиться как на товарища\**.

Отношение Капицы резко изменилось весной 1935 г., когда Лейпунский вновь приехал в СССР и посетил его: *Вчера вечером был у меня Ал[ександр] Ильич, мы с ним беседовали часа полтора. Он был у В.И.[Межлаука] и пытался убедить меня в разных невозможных вещах и сам запутался в своих собственных аргументах, беспомощно барахтался и стыдился своего положения. <...> «Так считают, так, значит, и надо поступать» — единственный аргумент, который он выдвигал. Расстались мы сухо. Пришел ко мне он не как друг, а как эмиссар...\*\**

\* Материалы, подготовленные П.Е.Рубининым для второго тома книги «Капица, Кремль и наука».

\*\* Там же.

Так оно и было. Сохранились письма-отчеты Лейпунского, которые он снабжал грифом «С[ов]. секретно», о реакции западных коллег на удержание Капицы в России, о своей оценке его научных и инженерных способностей [7, с.72, 119].

## 1937 год — разгром УФТИ

Осенью 1935 г. Лейпунский возвратился в Харьков, и 29 ноября его вновь назначили директором УФТИ (вместо Давидовича). Днем раньше был арестован Корец по обвинению в том, что он «является участником контрреволюционной подпольной группы, проводит разложенческую работу среди сотрудников УФТИ и занимается контрреволюционной агитацией» [6, с.175].

Следственное дело Кореца содержит характеристику из УФТИ, утверждающую, что *работа Кореца была направлена на срыв тем[атически-]фин[ансового] плана и, в частности, заданий оборонного значения* [6, с.179]. Характеристика, по правилам советской демократии, подписана «треугольником»: директор Лейпунский и руководители парткома и месткома. Заметим, что Корец прибыл в УФТИ по приглашению Ландау уже после того, как Лейпунский уехал в Англию.

В защиту Кореца, как своего «ближайшего сотрудника и помощника», Ландау написал письмо главе НКВД Украины, где связал арест с *деятельностью бывшего директора Давидовича, который мог вводить в заблуждение органы НКВД* [6, с.184].

В декабре 1935 г. Ландау верил в советскую власть, а вскоре оснований для оптимизма стало еще больше: Кореца выпустили из тюрьмы под подписку о невыезде, а в июле 1936 г. дело прекратили с формулировкой: «материалов в достаточной мере по привлечению его в качестве обвиняемого не добыто». Как раз в июне 1936 г. опубликовали проект новой Конституции — «Конституции победившего социализма», под впечатлением чего Ландау предсказал, что на обещанных свободных выборах Сталин, конечно же, провалится и советский социализм расцветет.

*Именно потому, что я уже много отдал этому и многого достиг, я невольно, как всякий, вероятно, человек, создавал иллюзорный мир себе в оправдание...* — подытожил Сахаров, размышляя о своем оптимизме во время создания термоядерного оружия [8, т.1, с.229]. Общее свойство мыслящих людей, а физиков-теоретиков в особенности, — создавать иллюзорную картину своего мира, какую-никакую «теорию» реальности. Другой вопрос, насколько эта теория соответствует реальности и как соответствие устанавливается.

Иллюзорный мир Ландау треснул вскоре после торжества, казалось бы, справедливости в деле Кореца. В ноябре 1936 г. в Ленинграде начались аресты астрономов и физиков, в том числе хорошо знакомых ему\*. И он, вероятно, понял, что Ко-



Л.Д.Ландау на Николиной горе у П.Л.Капицы. 1948 г.

реца выпустили не потому, что советское правосудие выяснило истину, а в результате какого-то внесудебного вмешательства. Ведь в феврале 1936 г. суд уже приговорил Кореца к полутора годам заключения. Нетрудно было догадаться, кто помог правосудию исправить ошибку.

Поскольку директор УФТИ был персоной республиканского масштаба, резонно думать, что бывший директор, пользуясь своими партийными связями, «ввел в заблуждение органы НКВД». Еще резоннее предположить, что новый-старый директор Лейпунский, видя, как сильно судьба Кореца волнует главного теоретика УФТИ, посодействовал, чтобы органы НКВД «вышли из заблуждения». Такое предположение позволяет лучше понять состояние, в котором Лейпунский в начале февраля 1937 г. писал следующее письмо [7, с.412].

*Зам. Председателя Совнаркома СССР  
т. Межлаук  
Секретно  
Экз. №1*

*Глубокоуважаемый Валерий Иванович!*

*Насколько мне известно, Вы еще продолжаете интересоваться Капицей и его Институтом. По-*

*этому я позволяю себе обратиться к Вам со следующим делом. У нас в Институте работает молодой и очень талантливый физик-теоретик Л.Д.Ландау, который сейчас ведет переговоры о переходе в Ин[ститу]т Капицы. Он является, несомненно, одним из ведущих ученых в этой области. По своему масштабу это человек крупнее Капицы. К сожалению, его политическую физиономию нельзя назвать вполне советской. Он относится к советской общественности с внутренним (а иногда и наружным) пренебрежением. Мы его стараемся воспитывать, т.к. это человек не безнадежный. Процесс воспитания иногда является довольно болезненным для воспитуемого. Недавно мы его подвергли некоторым воспитательным ударам. Это принесло несомненную пользу, что он сам должен был признать, однако он,*

*конечно, не прочь освободиться от постоянного давления, под которым он находится, и перейти в положение, где он с Капицей станут признанными вождями определенной группы ученых.*

*При явно антиобщественных настроениях Ландау, при его большом уме, энергии и интересе к организационной работе он в комбинации с Капицей станет, несомненно, центром реакционной группы наших ученых, которых, к сожалению, еще очень много.*

*Поэтому я решил обратиться к Вам с этим письмом в надежде, что Вы примете меры к тому, чтобы не случилось соединение этих двух людей.*

*Кроме этого вопроса у меня есть еще ряд других вопросов, связанных с Академией Наук, не таких спешных.*

*Я был бы очень рад, если бы Вы нашли возможным принять меня и назначили мне день, в случае Вашего согласия.*

*Акад. Лейпунский*

Удержать главного теоретика в УФТИ не удалось. И не удалось предотвратить разгром института. В 1937 г. 11 сотрудников арестовали, пятерых расстреляли.

Лейпунского исключили из партии, сняли с должности директора, но арестовали (как «агента германской и английской разведок») лишь в июне 1938 г., под самый конец Большого террора, запущенного вместе с «Конституцией победившего социализма». Так что он уже знал о масштабе и об абсурде происходившего и был готов к аресту.

\* Об арестах астрономов см.: Успенская Н.В. Вредительство... в деле изучения солнечного затмения (Природа. 1989. №8. С.86–98); о геофизиках, осужденных по так называемой геофизической ветви «пулковского дела» см.: Костицын В.И. Судьба первых советских геофизиков (Природа. 2014. №3. С.61–70).

По свидетельству сокамерника, Лейпунского ...арестовали, когда он как раз вернулся после длительной поездки в Крым. Загорелый, свежий и помолодевший, он всю камеру заразил своей бодростью и спокойствием. С собой у него был большой мешок с сухарями. <...> Несмотря на скромность, он вскоре стал главным в камере. Как и на свободе, он привлекал к себе сердца людей. Ежедневно, в течение двух часов, вся камера, не дыша, слушала его лекции по физике [5, с.277].

А в кабинете следователя Лейпунский собственноручно написал, что принес ...громадный вред развитию советской науки <...> замазывал сигналы о враждебных физиономиях контрреволюционеров Ландау, Шубникова, всячески старался сохранить их в институте. Создал им в институте условия для вредительской и шпионской работы... [6, с.31]. К тому времени Шубников уже был расстрелян, а Ландау арестован в Москве.

Освободили Лейпунского через два месяца. Позволили вернуться в науку, занимать важные административные посты, восстановили в партии, наградили тремя орденами Ленина, Ленинской премией, присвоили ему звание Героя Социалистического Труда...

Нет свидетельств, что его отношение к науке и к жизни существенно изменилось после пережитого в 1930-х годах. И трудно сказать, как бы он воспринял диагноз, поставленный Ландау в апреле 1938 г. (...сталинская клика совершила фашистский переворот) и в январе 1957 г. (...наша система, как я ее знаю с 1937 года, совершенно определено есть фашистская система...)\*.

Лейпунский, возможно, поверил бы, что Ландау сказанул такое. И доля правды есть в его словах о Ландау из секретного письма: ...его политическую физиономию нельзя назвать вполне советской. Вполне советской была политическая установка самого Лейпунского в изложении Капицы: «Так считают» — Они, Там, Наверху — «так, зна-

\* Слова из листовки, приведшей к аресту Ландау и Кореца 28 апреля 1938 г. и из справки КГБ 1957 г. Подробнее см.: Горелик Г.Е. «Моя антисоветская деятельность...». Один год из жизни Л.Д.Ландау (Природа. 1991. №11. С.93–104), а также книги [3, 4].

чит, и надо поступать». Легко понять, почему огромное большинство советских людей считали так же. Труднее объяснить, почему эта установка была неприемлема для таких «научных социалистов», как Ландау, Капица и Сахаров. Но это были их проблемы — проблемы с советской властью. То, как они решали эти проблемы и переосмысливали свои социальные идеалы, — важная часть истории науки и истории страны.

Разгром УФТИ незаметно сыграл важную роль и в мировой истории. В группе Ландау работал Л.Тисса, приехавший из Венгрии и видевший все своими глазами, начиная с обыска у Кореца в ноябре 1935 г. (когда изъяли, в частности, и публикуемое письмо Лейпунского). Тисса приехал к Ландау по рекомендации своего друга Э.Теллера, который узнал и оценил Ландау в 1929 г. в Институте Бора в Копенгагене\*\*. В Харькове Тисса провел около трех лет, защитил диссертацию, выучил русский язык и начал читать лекции студентам, когда грянул 37-й год. На его глазах разорвали один из лучших в стране научных центров, арестовывали людей, поглощенных наукой и преданных социализму. Сам он чудом выскользнул из советской страны, оставив там свои розовые иллюзии\*\*\*. Обо всем увиденном он рассказал при встрече Теллеру, который, доверяя другу-очевидцу, еще до войны пришел к выводу, что сталинский коммунизм не намного лучше, чем нацистская диктатура Гитлера\*\*\*\*. Такое понимание, очень редкое тогда среди его американских коллег, стояло за его научными и политическими усилиями создать термоядерное оружие. Это, как многие сейчас думают, предотвратило третью мировую войну. ■

\*\* Основанный Н.Бором в 1920 г. при финансовой поддержке пивоваренной компании «Carlsberg» и открытый в 1921 г. Институт теоретической физики (подразделение Института астрономии, физики и геофизики при Копенгагенском университете) лишь 7 ноября 1965 г. (в восьмидесятую годовщину со дня рождения Бора) получил современное имя — Институт Нильса Бора. — Примеч. ред.

\*\*\* Тисса Л. Вспоминая молодого Эдварда Теллера (Природа. 2002. №3. С.67–72).

\*\*\*\* См.: Горелик Г.Г. Отцы водородной бомбы. К 85-летию Андрея Дмитриевича Сахарова (Природа. 2006. №5. С.3–14).

## Литература

1. Эренфест — Иоффе. Научная переписка. Л., 1990.
2. Профессор Владимир Семенович Шпигель. Физик-экспериментатор, изобретатель, педагог: Сборник статей / Ред.: Л.Д.Блохинцев, А.Н.Грум-Гржимайло, М.П.Панасюк, Е.А.Романовский. М., 2011.
3. Горелик Г.Е. Советская жизнь Льва Ландау. М., 2008.
4. Советская жизнь Льва Ландау глазами очевидцев / Сост.: Г.Е.Горелик, Н.А.Шальникова. М., 2009.
5. Лейпунский А.И. Избранные труды. Воспоминания. Киев, 1990.
6. Павленко Ю.В., Ранюк Ю.Н., Храмов Ю.А. «Дело» УФТИ. 1935–1938. Киев, 1998.
7. Есаков В.Д., Рубинин П.Е. Капица, Кремль и наука. Т.1: Создание Института физических проблем. 1934–1938. М., 2003.
8. Сахаров А.Д. Воспоминания: в 2 т. / Ред.-сост.: Е.Холмогорова, Ю.Шиханович. М., 1996.

# Новости науки

## Космические исследования

### Эксперимент «Конус-Винд»: новые данные о гамма-всплесках

Российско-американский эксперимент «Конус-Винд» («Konus-Wind»), который проводится непрерывно с ноября 1994 г. по настоящее время, занимает одно из лидирующих мест в изучении всплесков рентгеновского и гамма-излучения в широкой области энергий 20 кэВ — 10 МэВ. Его данные о кривых блеска, энергетических спектрах излучения и быстрой спектральной переменности широко востребованы в современных всеволновых исследованиях источников космических гамма-всплесков — высокоинтенсивных импульсных потоков фотонов, распространяющихся в межзвездном пространстве.

Их открыли в начале 1970-х годов на американских спутниках «Вела». Однако первый важный прорыв в исследованиях гамма-всплесков осуществили в 1979–1983 гг. сотрудники Физико-технического института (ФТИ) имени А.Ф.Иоффе РАН (г.Санкт-Петербург) в экспериментах «Конус» на автоматических межпланетных станциях «Венера-11, -12, -13 и -14». Тогда удалось определить основные наблюдательные характеристики гамма-всплесков, которые позднее подтвердились в других экспериментах, в первую очередь в американском BATSE (Burst and Transient Sources Experiment). В отечественных экспериментах на станциях «Венера» были получены первые свидетельства того, что их источники лежат за пределами нашей Галактики и равномерно распределены по небесной сфере. Интереснейшим и неожиданным результатом стало также открытие нового вида астрофизических объектов, позднее получивших название мягких гамма-репитеров.

Новый этап в изучении экстремальных взрывных явлений во Вселенной связан с установкой на борт американского космического спутника «Винд» высокочувствительной и информативной аппаратуры «Конус», разработанной и изготовленной в ФТИ имени А.Ф.Иоффе под научным руководством Е.П.Мазеца\*. Она состоит из двух

сцинтилляционных гамма-спектрометров и электронного блока для регистрации и предварительной обработки сигналов.

Спутник «Винд» был запущен 1 ноября 1994 г. на орбиту, расположенную в межпланетном пространстве между Землей и так называемой точкой либрации L1, примерно в 1.5 млн км от нашей планеты на линии Земля—Солнце, т.е. вне радиационных поясов Земли, которые представляют опасность для аппаратуры. Благодаря такому расположению детекторы постоянно осматривают всю небесную сферу в условиях, оптимальных для регистрации временных и спектральных характеристик гамма-всплесков.

Кроме измерения спектральных параметров всплесков, существенных для понимания физики процессов, которые происходят в источниках при генерации излучения, эксперимент «Конус-Винд» выполняет и другую важную миссию: он служит базовым сегментом в межпланетной сети спутников IPN (Interplanetary Network) с детекторами гамма-излучения на борту. С помощью IPN определяют локализацию источника всплесков так называемым триангуляционным методом. Он подразумевает одновременное наблюдение всплеска несколькими (не менее чем тремя) космическими аппаратами, находящимися на большом расстоянии друг от друга, и дальнейшее сравнение уровня сигнала в детекторах, которые «видят» этот всплеск. Метод триангуляции был первым и долгое время единственным инструментом, позволяющим оценить местоположение источника космического всплеска. В наиболее благоприятных случаях он определяет его координаты с точностью до единиц угловых минут.

Одновременно данные эксперимента «Конус-Винд» помогают понять механизм генерации самих гамма-всплесков. В принятых теоретических моделях космический гамма-всплеск рассматривается как результат взаимодействия ударных волн внутри релятивистского струйного выброса (джета) из центрального источника. Свечение в широком диапазоне длин волн, наблюдаемое от дней до нескольких месяцев после гамма-всплеска, обусловлено взаимодействием струйного выброса с межзвездной средой. С этими предположениями согласуются данные всеволновых наблюдений исключительного по яркости гамма-всплеска GRB 110918A, зафиксированного 18 сентября 2011 г. Помимо информации об излучении

\* Мазец Е.П., Аптекарь Р.Л., Голенецкий С.В. и др. Исследования космических гамма-всплесков и мягких гамма-репитеров в российско-американском эксперименте Конус-Винд // Письма в ЖЭТФ. 2012. Т.96. Вып.8. С.596–606.

источника в начальной фазе события, использовались наблюдения всплеска сетью IPN, рентгеновским и ультрафиолетовым телескопами миссии «Свифт» (НАСА) и специализированным детектором GROND, смонтированном на телескопе MPG/ESO в Чили (Европейская южная обсерватория). В результате удалось установить, что исключительная яркость всплеска обусловлена высокой степенью коллимации релятивистского джета с углом раскрытия  $1.7\text{--}3.4^\circ$ . Иными словами, огромная энергия оказалась собранной в очень узком пучке излучения. Полученные данные позволяют оценить в источнике GRB 110918A истинные значения энерговыделения и его пиковой светимости.

Другое интересное событие — гамма-всплеск GRB 130925A, произошедший 25 сентября 2013 г. и длившийся почти пять часов. Полный ход кривой его яркости получен только в эксперименте «Конус-Винд» в энергетическом интервале 21–1360 кэВ. Принадлежность различных эпизодов активности к одному и тому же источнику подтверждена триангуляционными измерениями по данным сети IPN. Сопоставление наблюдений этого необычного события в различных областях длин волн и его моделирование привело к заключению, что источником ультрадлинного гамма-всплеска стал коллапс массивной звезды. Наблюдаемая картина гамма-излучения всплеска и его послесвечения соответствует образованию узкого конуса ударной волны в среде с низкой плотностью.

GRB 130925A изучали также в оптическом и ближнем инфракрасном диапазоне с помощью спектрографа GROND на телескопе MPG/ESO, где была зарегистрирована вспышка оптического и ближнего инфракрасного излучения, задержанная на 300–400 с по отношению к основному пику гамма-излучения, наблюдавшемуся в эксперименте «Конус-Винд». Рассмотрены различные механизмы объяснения задержки между гамма- и оптическим излучением для этого всплеска. Результаты исследования GRB 130925A свидетельствуют в пользу широко обсуждаемого предположения, что сверхдлинные гамма-всплески образуют отдельный подкласс событий.

© Аптекарь Р.Л.,

кандидат физико-математических наук,  
Физико-технический институт имени А.Ф.Иоффе  
г.Санкт-Петербург

## Физика

### Магнитоэлектрический эффект в феррите висмута и его возможности

Специалисты Московского физико-технического института, Национального исследовательского университета «Московский институт электронной техники» и Института общей физики имени А.М.Прохорова РАН создали теоретическую модель, объясняющую неожиданно высокие значе-

ния магнитоэлектрического эффекта (МЭ) в феррите висмута ( $\text{BiFeO}_3$ ), наблюдаемые в экспериментах, и предложили способы его усиления\*\*.

$\text{BiFeO}_3$  относят к классу мультиферроиков — материалов, которые одновременно обладают признаками магнетиков, сегнетоэлектриков и/или сегнетоэластиков. Связь между магнитной и электрической подсистемами в мультиферроиках проявляется в виде магнитоэлектрических эффектов, при которых электрическое поле вызывает в веществе намагниченность, а магнитное поле — электрическую поляризацию. Необходимые условия для возникновения МЭ сформулировали еще в 1956 г. выдающиеся советские ученые Л.Д.Ландау и Е.М.Лившиц. В 1960 г. его экспериментально обнаружил в оксиде хрома ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) Д.Н.Астров. Позднее МЭ нашли и в других соединениях.

Долгое время мультиферроики были объектом изучения сравнительно узкого круга специалистов, так как малые величины МЭ и низкие температуры, при которых они проявлялись, не позволяли говорить о возможности их практического применения. Всплеск интереса к ним произошел в 1990–2000-х годах. Он связан, с одной стороны, с прогрессом в понимании механизмов магнитоэлектрического взаимодействия в мультиферроиках, а с другой — с обнаружением материалов, которые при определенных условиях проявляют магнитоэлектрические свойства, привлекательные для приложений в спиновой электронике, магнитной памяти, СВЧ- и сенсорной технике.

В новой работе ученые изучали феррит висмута — один из наиболее известных и перспективных искусственно синтезированных соединений с МЭ. Его необычные свойства, как отмечали исследователи, проявляются уже при комнатной температуре, в то время как у большинства магнитоэлектриков МЭ той же величины наблюдается только при экстремально низких температурах (ниже  $-160^\circ\text{C}$ ).

В 1980-е годы считалось, что у этого мультиферроика реализуется только квадратичный магнитоэлектрический эффект (поляризация зависит от приложенного магнитного поля квадратично). То, что линейный магнитоэлектрический эффект долгое время «не замечали», связано с так называемыми спиновыми циклоидами — пространственно модулированными спиновыми структурами, из-за которых некоторые характеристики феррита висмута (например, намагниченность и МЭ) усредняются и стремятся к нулю. Но если поместить образец  $\text{BiFeO}_3$  в сильное (больше некоторого критического) магнитное поле, то произойдет разрушение его спиновой структуры, сопровождаемое возникновением линейного магнитоэлектрического эффекта.

\*\* Popkov A.F., Davydova M.D., Zvezdin K.A. et al. Origin of the giant linear magnetoelectric effect in perovskitelike multiferroic  $\text{BiFeO}_3$  // Phys. Rev. 2016. Doi:dx.doi.org/10.1103/PhysRevB.93.094435.

При этом ранние эксперименты с ферритом висмута указывали на малое значение линейного МЭ (почти в тысячу раз меньше актуального для практического использования). Однако экспериментальные и теоретические исследования, выполненные за последние годы, показали, что МЭ в таких структурах имеет гигантскую величину, на порядки превосходящую в природных кристаллах. А это открывает реальную возможность их использования в электронике, в частности в новых видах магнитной памяти. Кроме того, на основе МЭ можно создавать высокоточную аппаратуру для работы с излучением в СВЧ-диапазоне и беспроводную передачу энергии миниатюрным электронным устройствам.

Заслуга авторов исследования в том, что они не только теоретически обосновали возникновение линейного МЭ в феррите висмута и объяснили его экспериментальное значение, но и показали в рамках своей теории возможность его усиления в присутствии электростатического поля. Теоретическую модель авторов можно применять и для других мультиферроиков, что позволит предсказывать значение их магнитоэлектрического эффекта и упростит поиск перспективных материалов для промышленного применения.

По материалам пресс-службы Московского физико-технического института

## Геология

### Фрагменты древних океанических островов в горах Тянь-Шаня

Споры о Туркестанском палеоокеане, существовавшем на месте современного Тянь-Шаня, ведутся среди геологов давно. Ученые считают, что когда-то этот палеоокеан находился между Казахстанским и Таримским древними материками, которые теперь входят в состав единого континента — Евразии. При этом одни исследователи утверждают, что Туркестанский палеоокеан существовал независимо, а другие предполагают, что вместо него было большое окраинное море типа Японского. Жаркие дискуссии о его размерах, возрасте и палеогеографическом положении продолжаются до сих пор. Недавно нам, сотрудникам Института геологии и минералогии (ИГМ) имени В.С.Соболева СО РАН, работающим в составе международного коллектива ученых из России, Германии, Великобритании и Японии, удалось внести ясность в эти споры. Мы обнаружили фрагменты древних океанических островов в горах Тянь-Шаня и, оценив размеры исчезнувшего океана, пришли к выводу, что по своей природе палеоострова близки к современным Гавайским\*.

\* *Safonova I., Biske G., Romer RL. et al. Middle Paleozoic mafic magmatism and ocean plate stratigraphy of the South Tianshan, Kyrgyzstan // Gondwana Research. 2016. V.30. P.236–256.*

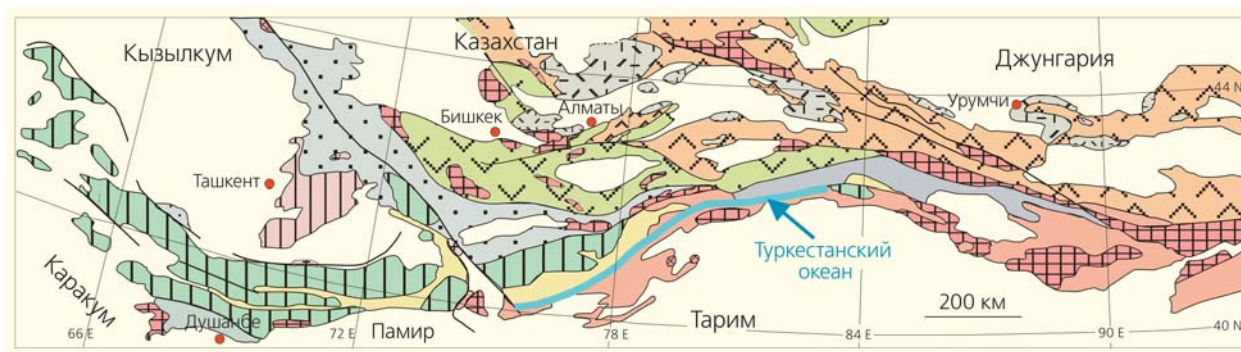
Исследования проходили в лаборатории магматизма и рудообразования ИГМ СО РАН в рамках Международной программы геологических корреляций «Образование континентальной коры Центрально-Азиатского складчатого пояса в сравнении с актуалистическими примерами из Западной Пацифики» (проект №592), поддерживаемой ЮНЕСКО и Международным союзом геологических наук (International Union of Geological Sciences — IUGS).

Как сегодня найти ответы на палеогеографические вопросы, если древние моря и океаны давно исчезли? В изучении истории и географии палеоокеанов важную роль играют их «остатки» — фрагменты океанической коры и океанических поднятий, в том числе островов. Если древние океанические литосферные плиты в процессе субдукции, как правило, со временем полностью погружаются в мантию, то океанические острова, представляющие собой топографические возвышения на океаническом дне, высота которых может достигать до нескольких километров, имеют больше шансов остаться на поверхности и войти в состав аккреционных комплексов — объектов изучения геологов.

Для обнаружения, правильной диагностики и изучения условий образования этих фрагментов в том или ином сегменте океана мы использовали разработанную в Японии модель стратиграфии океанической плиты (СОП), которая позволяет надежно диагностировать на континентах, в древних аккреционных комплексах, остатки палеоокеанов, устанавливать возраст, размер, направление движения и погружения давно исчезнувшей океанической плиты. В основе модели СОП лежит тщательное исследование устойчивых ассоциаций (совокупности) различных типов осадочных и магматических пород с учетом их геохимического состава и петрогенезиса. Для каждого участка океанического острова (подножья, склона, карбонатной «шапки» — рифогенных известняков на поверхности острова и на мелководье) характерны определенные совокупности осадочных пород. Фрагменты островов диагностируются в первую очередь по ним, а затем по составу магматических пород (как правило, базальтов).

Большая часть материала была отобрана в пределах Атбаши-Кокшаальского аккреционного пояса, на Атбашинском и Джаныджерском хребтах Южного Тянь-Шаня. Мы описали образцы базальтов, определили их стратиграфический возраст по результатам микропалеонтологических исследований ассоциирующихся с ними осадочных пород, изучили тектоническую историю региона, т.е. воспользовались всеми возможными видами данных — палеонтологическими, геохимическими, геофизическими, петрологическими и др. В результате пришли к выводу, что изученные породы образовались на древних островах в середине оке-





Геологическая схема Тянь-Шаня. Сутура, или «шов», Туркестанского океана (синяя линия), т.е. место, где он закрылся и где находятся его сохранившиеся фрагменты, в том числе палеоострова.

ана в девонское время (415–360 млн лет назад). Их происхождение многие ученые связывают с действием горячих точек типа Гавайской, т.е. с проявлением мантийных плюмов\*. Такой плюмовый магматизм, вероятно, действовал в Туркестанском океане с 415 до 360 млн лет назад, т.е. на протяжении почти 55 млн лет. Это очень много! Скорее всего, существовала протяженная цепочка островов, которые



Модель аккреции океанических островов к активной окраине тихоокеанского типа и образования аккреционного комплекса.

© Сафонова И.Ю.,  
кандидат геолого-минералогических наук  
Институт геологии и минералогии  
имени В.С.Соболева СО РАН  
г. Новосибирск

**Ботаника**

**Почему карельская береза не растет на плодородных землях?**

Известно, что у березы повислой (*Betula pendula*) есть форма с узорчатой древесиной, названная в 1857 г. русским ботаником К.Е.Мерклиным карельской березой (*B.pendula* var. *carelica*)\*\*. На по-

перечном спиле ее ствола виден рисунок, который образуется за счет сочетания темноокрашенных включений в виде точек, «птичек» и запятых, а также перламутрового блеска, обусловленного свилеватостью (извилистостью и беспорядочным расположением) осевых элементов.

Ареал карельской березы в отличие от широко распространенной обычной формы (*B.pendula* var. *pendula*), к сожалению, довольно ограничен. Недавно нам удалось понять, с чем это может быть связано. Выяснилось, например, что формированию узорчатой древесины мешает высокое содержание азота в плодородных почвах, поэтому на таких землях вырастают «рядовые» березки вместо карельских\*\*\*.

Любое дерево увеличивается в толщину за счет деления клеток образовательной ткани — камбия. В результате дифференцировки ее производных формируются ткани, по которым осуществляется транспорт веществ: по флоэме из листьев в корни поступают органические вещества, по ксилеме от корней в надземные части растения — вода и минеральные соли. Именно ксилема составляет основную массу ствола, корней и ветвей.

У карельской березы образование ксилемы нарушено, в некоторых участках ствола вместо сосудов и волокон древесины производные камбия

\* Safonova I., Litavov K., Maruyama S. Generation of hydrous-carbonated plumes in the mantle transition zone linked to tectonic erosion and subduction // Tectonophysics. 2015. Doi:10.1016/j.tecto.2015.08.005.

\*\* См.: Новицкая Л.Л., Кушнир Ф.И. Узорчатая древесина карельской березы // Природа. 2005. №3. С.23–29. — Примеч. ред.

\*\*\* Галибина Н.А., Новицкая Л.Л., Никерова К.М. Избыток экзогенных нитратов подавляет формирование аномальной древесины у карельской березы // Онтогенез. 2016. Т.47. №2. С.83–91.



Окоренная поверхность ствола обычной (слева) и карельской березы.

массово дифференцируются в клетки запасующей ткани (паренхимы). Нормальное строение древесины при этом нарушается, и ее текстура приобретает декоративные и выразительные разводы, за что и ценят карельскую березу.

Исходным строительным материалом для древесины служит сахароза. Мы определили активность расщепляющих сахарозу ферментов и обнаружили, что в тканях обычной и карельской березы они работают по-разному. У обычной в зоне формирования древесины фермент сахарозосинтаза расщепляет сахарозу на фруктозу и уридиндифосфатглюкозу, которая участвует в синтезе целлюлозы. У карельской березы активность сахарозосинтазы снижена, и значительную часть сахарозы расщепляет другой фермент — апопластная инвертаза, при этом образуются фруктоза и глюкоза. Появление большого количества этих моносахаров способствует возникновению отклонений от нормального роста и развитию клеток камбиальной зоны, в результате чего вместо механических и водопроводящих элементов ксилемы образуются клетки паренхимы.

Карельская береза не образует густых лесов — и это еще одна ее особенность. Обычно она растет одиночно или небольшими группами, причем очень требовательна к внешним условиям. В первую очередь, ей нужна высокая освещенность. Кроме того, температура воздуха должна обеспечивать хороший отток сахарозы из листьев, что возможно

при температуре не ниже 15°C. Необходима также умеренная влажность почвы. Любопытен и другой факт: на очень бедных почвах эти редкие и ценные деревья не встречаются, на богатых — тоже.

Мы предположили, что узорчатая древесина формируется при некотором дефиците азота. Для проверки этой гипотезы провели наблюдения за шестилетними деревцами обычной и карельской березы, разделив их на две группы: опытную и контрольную. Опытные растения в период роста удобряли нитратом калия, а контрольные — нет. Спустя несколько дней анализировали пробы древесины у разных деревьев.

Оказалось, что в тканях обычной березы высокий уровень нитратов стимулировал активность сахарозосинтазы, т.е. способствовал увеличению прироста древесины. Карельская береза реагировала на азотные удобрения по-другому. Нитраты приводили к снижению активности сахарозосинтазы и апопластной инвертазы в зоне формирования ксилемы, вследствие чего уменьшался прирост древесины и количество паренхимы. Таким образом, вместо узоров (отклонений от нормы) древесина приобретала нормальное строение. Причем снижение утилизации сахарозы в ксилеме происходило на фоне увеличения ее использования во флоэме, где возросла активность обоих ферментов. Из этого можно заключить, что у деревьев, произрастающих на плодородных почвах, вместо узорчатой древесины должна появляться



Тангентальный (продольный) спил обычной (слева) и карельской березы.

очень толстая, грубая кора. Это соответствует наблюдениям, сделанным в природе: на почвах с повышенным уровнем плодородия часто встречается грубокорая форма березы повислой.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института леса КарНЦ РАН

© Новицкая Л.Л.,

доктор биологических наук

Галибина Н.А.,

кандидат биологических наук

Никерова К.М.

Институт леса Карельского научного центра РАН

г.Петрозаводск

## Палеонтология

### Новые данные о птерозаврах Поволжья

Группа российских палеонтологов, изучающих мезозойскую биоту Поволжья, описала остатки необычного птерозавра, жившего в конце мелового периода (72–83 млн лет назад) на территории современной Саратовской области\*. Ящер принадлежал к семейству аждархид (*Azhdarchidae*) — наиболее поздней и продвинутой группе летающих рептилий, распространенной почти по всему миру.

Окаменелости представляют собой обломки плечевых костей, найденных в мелководных морских отложениях среди остатков рыб, морских черепах, плезиозавров и мозазавров. Ученые полагают, что аждархиды гнездились на островах Поволжского архипелага, располагавшегося в Рус-

\* Аверьянов А.О., Архангельский М.С., Меркулов С.М. Плечевая кость аждархида (*Pterosauria*, *Azhdarchidae*) из верхнего мела Саратовской области // Палеонтологический журнал. 2016. №4. С.93–97.



Птерозавр *Volgadraco bogolubovi* на одном из островных пляжей Поволжского архипелага. Реконструкция А.Атучина.

ском море в позднемеловое время. Очевидно, птерозавры обитали на пляжах островов у кромки воды и собирали пищу — рачков и мелкую падаль.

Наиболее полно сохранившаяся плечевая кость, несмотря на небольшие размеры (всего несколько сантиметров), оказалась весьма информативной, поскольку сохранила почти все детали строения проксимального сустава. Изучавший окаменелость ведущий российский специалист по птерозаврам А.О.Аверьянов (Зоологический институт РАН, Санкт-Петербургский университет) легко установил ее принадлежность к аждархидам.

Анатомия скелета *Azhdarchidae* весьма консервативна: различия между таксонами касаются главным образом строения челюстей и шейных позвонков. Однако описанная кость заметно отличается от ранее известных плеч аждархид, например американского *Quetzalcoatlus*. Для большинства представителей этого семейства характерна седловидная форма проксимального конца плечевой кости, вогнутая во фронтальной плоскости и выпуклая в поперечной. У аждархида из Саратовской обл. эта поверхность не вогнутая, а плоская или даже немного выпуклая. Кроме того, крупное отверстие пневматизации расположено на передней стороне плечевой кости ниже основания дельтопекторального гребня (места прикрепления плечевых мышц), близко от проксимальной поверхности. У других аждархид это отверстие расположено в основании дельтопекторального гребня и на большем расстоянии от проксимального сустава. Еще один уникальный признак — малый угол наклона головки плечевой кости к диафизу (центральной части кости). Эти анатомические особенности свидетельствуют о значительном морфологическом отличии аждархида из Саратовской обл. Подобное строение прежде встречалось лишь у найденных в Казахстане птерозавров *Aralazhdarcho bostobensis*. Описанные остатки с большой долей вероятности принадлежат птерозавру *Volgadraco bogolubovi*, обнаруженному в 2008 г. в верхнемеловых (кампанских) отложениях Саратовской обл. Сходство в строении плечевых костей аждархид из Казахстана и Поволжья может свидетельствовать о существовании особой линии птерозавров, обитавших в позднем мелу на берегах Тургайского пролива и островах Поволжского архипелага.

© Архангельский М.С.,

кандидат

геолого-минералогических наук

Саратовский государственный

технический университет имени

А.Ю.Гагарина

Саратовский государственный университет имени Н.Г.Чернышевского

# Внешние воздействия и наше здоровье

А.В.Пономарев,

*доктор физико-математических наук  
Институт физики Земли имени О.Ю.Шмидта РАН*

С.И.Степанова,

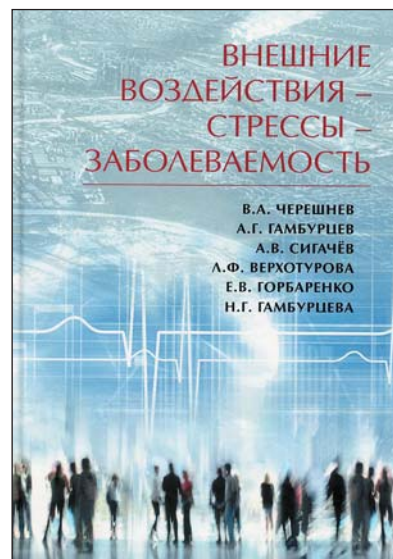
*доктор медицинских наук  
Институт медико-биологических проблем РАН  
Москва*

Данная работа — один из итогов исследований, большая часть которых была представлена в пятитомном «Атласе временных вариаций природных, антропогенных и социальных процессов», фундаментальном труде более чем 300 ученых, отражающем развитие междисциплинарных исследований, начатых еще в конце 1980-х годов.

После выхода в свет пятого тома авторы терзались вопросом, издавать ли шестой? И решили, что правильней будет не делать шестой том, а остановиться на одном из важнейших направлений «Атласа»: анализе взаимодействия внешних воздействий и стрессов биосферы и заболеваемости людей (четвертый и пятый тома носили название «Человек и три окружающие его среды»). Хотя это направление и уже первоначального, оно все же достаточно широко и требует междисциплинарного подхода. Для его развития потребовались добыча, освоение, обработка, сопоставление, интерпретация и обобщение громадного и разнородного материала, хранящегося в архивах различных министерств, ведомств, институтов.

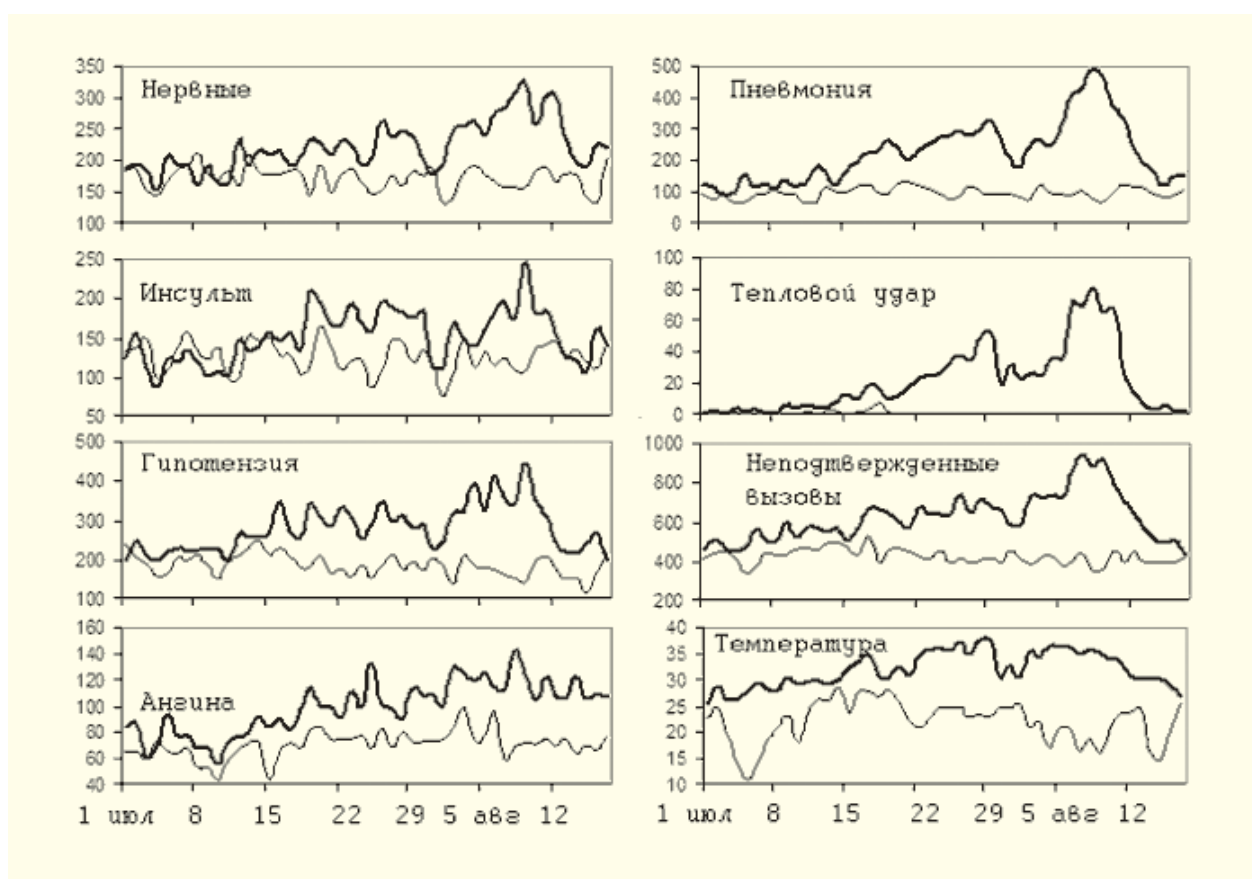
Предмет исследований — заболеваемость человека в окружении трех стрессобразующих сред: природной, социальной и антропогенной. В числе авторов книги три медика (один из Института иммунологии и физиологии УрО РАН и двое сотрудников Станции скорой и неотложной помощи имени А.С.Пучкова г.Москвы), два геофизика (из Института физики Земли имени О.Ю.Шмидта РАН) и один географ (из Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова). В работе использованы подробные фактические данные по динамике метеорологических и некоторых других параметров и сведения о числе вызовов скорой медицинской помощи в Москве по нескольким десяткам заболеваний. Основные массивы данных представлены временными рядами за шесть (а в некоторых случаях и до девяти) лет с суточным опросом. Представлен богатый графический материал, в частности временные ряды метеорологических параметров, число вызовов скорой медицинской помощи для всей Москвы в целом и отдельно для административных округов, а также для разных половозрастных групп (с нормировкой на 100 тыс. жителей). Все материалы обработаны по единой методике, позволяющей проводить сопоставительный анализ данных. Использовались методы корреляционного, спектрального и спектрально-временного анализа, построения фазовых портретов, наложенных эпох.

Проведенный анализ показал, что ряды вызовов по отдельным заболеваниям имеют свой индивидуальный почерк. Получил объяснение рост числа вызовов скорой помощи в зимнее время по сравне-

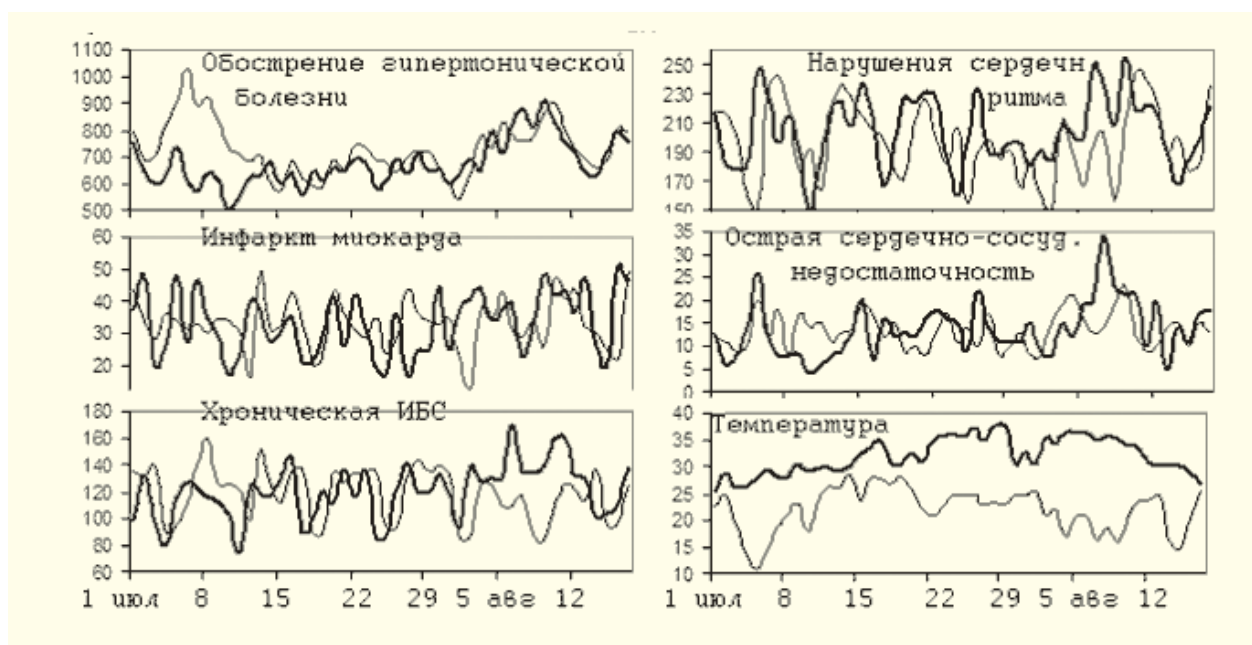


**В.А.Черешнев, А.Г.Гамбургцев, А.В.Сигачёв, Л.Ф.Верхотурова, Е.В.Горбаренко, Н.Г.Гамбургцева.** ВНЕШНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ — СТРЕССЫ — ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ / Отв. ред. В.А.Черешнев.

*М.: Наука, 2016. 168 с.*



Фрагменты временных рядов числа вызовов скорой медицинской помощи (ЧВСМП) для некоторых заболеваний, оказавшихся чувствительными к жаре 2010 г. Интервал времени: 1 июля — 17 августа. Жирные кривые относятся к 2010 г., а бледные — к 2009-му (рис.18).



Фрагменты временных рядов ЧВСМП для некоторых заболеваний, оказавшихся малочувствительными к жаре 2010 г. Взятые интервалы времени: 1 июля — 17 августа. Жирные кривые относятся к 2010 г., а бледные — к 2009-му (рис.19).

нию с летним: он связан с более контрастными колебаниями атмосферного давления и температуры воздуха. Получены неожиданные выводы по влиянию на здоровье людей аномальной и длительной жары 2010 г. Она не вызвала всплеска вызовов для пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями и гипертонической болезнью, а вот для некоторых категорий больных (среди них гипотоники и пациенты с заболеваниями дыхательной системы) наблюдался взлет вызовов, продолжавшийся несколько недель. Рассмотрены случаи всплесков числа вызовов скорой помощи по некоторым заболеваниям (в частности по обострению гипертонической болезни) из-за урагана в Москве в 1998 г., а также связанных с празднованием Нового года. Обозначено влияние введения длительных рождественских каникул.

В книге рассмотрен интересный и показательный случай, имеющий косвенное отношение к медицине. До 2000 г. в Москве на протяжении нескольких лет наблюдалось некоторое увеличение числа криминальных событий в сентябре. В 2000 г. произошел пожар на Останкинской башне, и число таких ситуаций в сентябре того года не увеличилось. Этому предложено следующее объяснение: люди в этом месяце меньше смотрели агрессивные передачи по телевидению и сами стали менее агрессивными. Авторы не нашли признаков и намеков на существование корреляционной связи числа вызовов скорой помощи с динамикой гео- и/или гелиомагнитной активности, хотя заметили, что признаки такой связи имеются для вызовов неотложной медицинской помощи Центральной клинической больницы РАН (возможно, контингент больных этой больницы более «хрупкий», чем в целом по Москве).

Авторы считают важным вернуться к решению Совета безопасности РФ о необходимости проведения медико-экологического мониторинга в наиболее неблагоприятных регионах страны. Такое предложение было внесено еще в 1997 г. и, как показали авторы, до сих пор остается актуальным.

Мы разделяем мнение, что с данной работой следует ознакомиться социальным и медицинским работникам, экологам, а также геологам, геофизикам, географам, астрономам — всем тем, кто занимается исследованием процессов, которые влияют на биосферу и человека. Это позволит учесть результаты, полученные по анализу временных рядов числа вызовов скорой медицинской помощи для разных категорий населения в разное время года, в том числе в критические периоды. Проведенное исследование дает ориентировку для подготовки приема больных в больницы и для своевременного планирования обеспечения лечебных учреждений лекарственными средствами, помогает выявить слабые места в организации социальной и медицинской помощи населению. Но главное — оно показывает необходимость междисциплинарных исследований для возможности грамот-

но выстраивать свои отношения с природой и более эффективно прогнозировать будущие процессы и явления.

Книга написана энергично и убедительно. Она обильно иллюстрирована, некоторые причинно-следственные связи между окружающими средами и числом вызовов скорой помощи установлены с достаточной степенью достоверности.

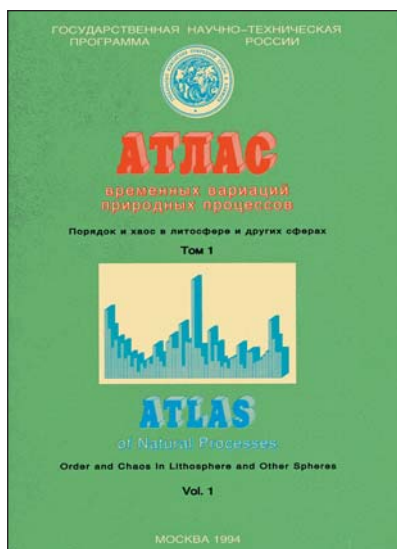
Авторы сознательно ограничились рассмотрением сравнительно доступного материала: по метеорологическим данным и по вызовам скорой помощи. В книге только упомянуты, но не рассмотрены конкретные данные о влиянии на здоровье населения тектонических разломов, загрязнения воды и почв и некоторых других параметров. Будем надеяться, что у ученых хватит сил и энтузиазма для того, чтобы продолжить эту работу: привлечь и обработать новые материалы по воздействиям со стороны литосферы, гидросферы, техносферы и т.д., а главное — найти единомышленников. Это труд на многие годы, и он потребует больших усилий.

Данная работа не имеет прецедентов, она дает ориентиры для дальнейших исследований с привлечением организаций, связанных с медико-экологическими проблемами мегаполиса (и не только его). Представляется, что подобные исследования следует проводить и в других городах и регионах.

Но, рассказав об этой книге, мы считаем важным пусть кратко, но дать информацию о предшествовавшем ей пятитомном «Атласе». Это издание объединило труды нескольких сот ученых разных направлений — геологов, геофизиков, географов, медиков, математиков, физиков, гуманитариев. Научный синтез основан на двух общих чертах всех материальных объектов: во-первых, на свойстве быть частью окружающей среды, влияющей на объект, и быть объектом, на который влияет окружающая среда, и, во-вторых, на свойстве изменять свои динамические характеристики во времени в широчайшем временном диапазоне (от миллисекунд до сотен миллионов лет). Среди авторов «Атласа» отметим В.В.Адушкина, О.Г.Газенко, А.О.Глико, А.И.Григорьева, С.П.Капицу, Ф.И.Комарова, В.М.Котлякова, Н.П.Лаверова, Ф.А.Летникова, Е.Е.Милановского, Н.Н.Моисеева, Б.А.Рыбакова, В.А.Садовниченко, М.А.Садовского, В.А.Черешнева, В.Е.Хаина, С.Э.Шноля и А.Л.Яншина. Тома «Атласа» были посвящены памяти выдающихся ученых А.А.Богданова, В.И.Вернадского, Г.А.Гамбурцева, О.Г.Газенко, С.П.Капицы, А.А.Ляпунова, Н.Н.Моисеева, А.Л.Чижевского, А.Л.Яншина.

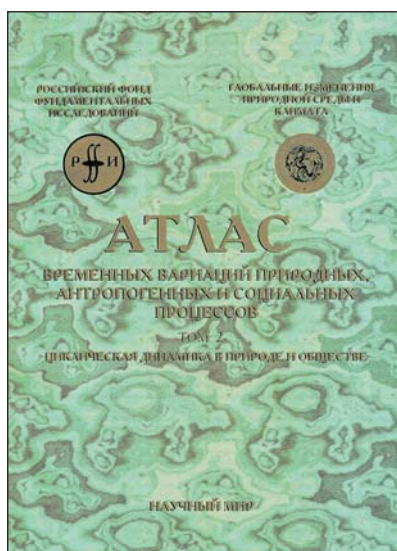
Приведем суждения наших известных ученых о ценности конкретных томов «Атласа».

*Книга затрагивает важнейшие вопросы эволюции литосферы и других земных сфер. Это актуально в связи, прежде всего, с тем, что человечество производит, с одной стороны, объекты — источники наведенных процессов, в том числе катастроф, а с другой, объекты легко уязвимые, экологически хрупкие. Очень важным представляет*



АТЛАС ВРЕМЕННЫХ ВАРИАЦИЙ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ.  
Т.1: Порядок и хаос в литосфере и других сферах

М.: ОИФЗ РАН, 1994. 196 с.



АТЛАС ВРЕМЕННЫХ ВАРИАЦИЙ ПРИРОДНЫХ, АНТРОПОГЕННЫХ И СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ.  
Т.2: Циклическая динамика в природе и обществе

М.: Научный мир, 1998. 432 с.

ся вывод авторов о необходимости изучения особенностей протекания фоновых естественных процессов для того, чтобы можно было строить режимы природопользования с их учетом. «Атлас» позволяет сравнить характеры вариаций различных процессов между собой, определить степень упорядоченности разных процессов и возможности прогнозирования. В книге дается богатый фактический материал об особенностях протекания процессов в земных сферах во времени. Материал обработан по единой методике и представлен в виде наглядных диаграмм. Авторы дают интерпретацию результатов и приходят к очень интересным выводам, которые важны как для развития фундаментальной науки, так и для практических нужд, прежде всего экологических, связанных с вопросами природопользования. Я нахожу атлас очень интересным не только для геофизиков, но и для каждого геолога. Каждому тектонисту важно знать про существующие вариации напряжений в земной коре и про вероятные периодичности различных процессов. Был создан коллектив, причем охвачено все — от космоса до любых природных явлений, любых социальных явлений, до медицинских показателей. Собран громадный по объему фактический материал. Создан труд, на основании которого будут писаться монографии, защищаться кандидатские и докторские диссертации, труд, который послужит основой множества научных исследований (академик А.Л.Яншин о т.1).

В книге рассмотрен ряд интереснейших процессов в объектах, свойства которых меняются по собственным сценариям. Из них в первую очередь следует назвать сейсмичность Луны, уровень воды в Каспийском море и Байкале, извержения вулканов, вариации сейсмических параметров в Средней Азии... Читатель получит представление о сходстве и различии процессов, протекающих в различных природных объектах. При определенной адаптации к изобращаемым результатам читатель, несомненно, получит большое эстетическое удовольствие (доктор физико-математических наук О.Г.Сорохтин о т.1).

Ученые выявили стабильную повторяемость в режиме приливных лунотрясений в большом диапазоне ритмов, некоторые из которых установлены впервые. Оказалось, что все ритмы так или иначе изменяются во времени и пространстве, а спектрально-временная структура сейсмического процесса в разных областях Луны неодинакова. Исследованы ритмы процессов, протекавших в фанерозое [на Земле]. Четко выделены длиннопериодная и короткопериодная составляющие (циклы Бертрана ~150—200 млн лет и циклы Штилле ~ 40—60 млн лет). Авторы выяснили, что эти циклы закономерно изменяются с течением времени по своей интенсивности. Приводятся интересные результаты анализа ритмов палеонапряженности магнитного поля Земли за последние 300 тыс. лет. Установлена переменная реакция среды на внешние воздействия (по вариациям геоэлектрических параметров, по уровню эндогенного шума, по наклономерным и деформационным измерениям и др.). Интересны результаты мониторинга литосферы по данным ядерных взрывов. Ключевым вопросом современной геодинамики является прогнозирование будущих процессов. Основным препятствием к этому является нестационарность многих процессов и недостаточное знание причинно-следственных связей. В этом отношении представляется интересным один результат. Долгие годы бухтообразные изменения сейсмических параметров на временных графиках считались надежными предвестниками землетрясений. В «Атласе» показано, что «бухты» часто являются не предвестниками, а всего лишь фрагментами фона, обусловленными конструктивной суперпозицией временных вариаций различной периодичности. Многие процессы связаны друг с другом, по-

этому изолированное изучение отдельных процессов не может привести к прогнозированию явлений и событий, уменьшению количества катастроф и ущерба от них, улучшению здоровья людей, к эффективному и безопасному природопользованию. Авторы считают целесообразным постепенно переходить к созданию единой Государственной системы комплексного экологического мониторинга (академик Д.В.Рундквист о т.1 и о т.2).

«Атлас» представляет собой, во-первых, фундаментальный труд, содержащий новые результаты и формулирующий новые проблемы, во-вторых, справочное пособие, в-третьих, книгу, в которой далеко не все данные уже поняты и объяснены. Читателю предоставлена возможность творческого прочтения этих книг и дается повод для размышлений (доктор биологических наук А.А.Замятнин о т.1 и о т.2).

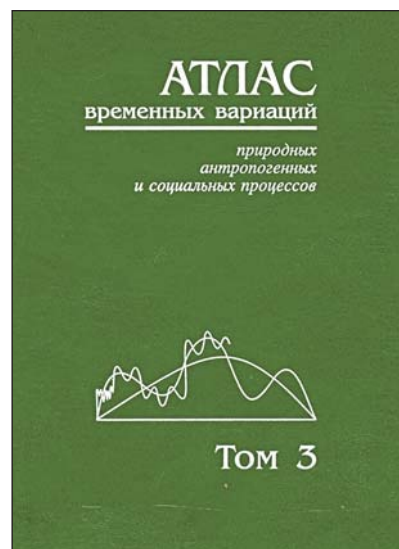
«Атласы», несомненно, нужны не только научным работникам разных специальностей, но и практикам. Важным представляется предложение авторов о проведении системного комплексного мониторинга с целью более глубокого раскрытия взаимосвязей между процессами в Солнечной системе, на разных оболочках нашей планеты и в социальной сфере. Его реализация поможет выявить до сих пор неизвестные, пока еще предположительные связи между космическими процессами, природными явлениями и здоровьем человека. Представляемая работа — важный шаг на этом пути (академик Н.П.Лаверов о т.2).

При измерении частоты сердечных сокращений и некоторых других показателей у здоровых людей выявлены различия в циклических вариациях у разных испытуемых. У одних испытуемых кроме суточных ритмов имеются четкие и достаточно интенсивные полусуточные ритмы, а у других — нет. Большой интерес представляют данные по посещаемости больными детьми врачей-специалистов Детского республиканского консультативно-диагностического центра. Выявлены различные тенденции медицинских показателей для различных заболеваний, определены ритмические компоненты процессов (академик Ф.И.Комаров о т.2).

Большое внимание уделено вопросам изменчивости в земной коре, как в открытой нелинейной геодинамической системе. Большой интерес представляют процессы осадконакопления, вариации уровня Мирового океана в фанерозое, современные процессы. Авторы наглядно демонстрируют смены одного порядка другим, смены порядка и хаоса. Авторы находят общие и частные черты динамики процессов, а там, где возможно, исследуют причинно-следственные связи между процессами. Единое, в одном ключе рассмотрение фактических данных о разнородных процессах, на мой взгляд, не имеет прецедентов (академик Ю.М.Пушаровский о т.2).

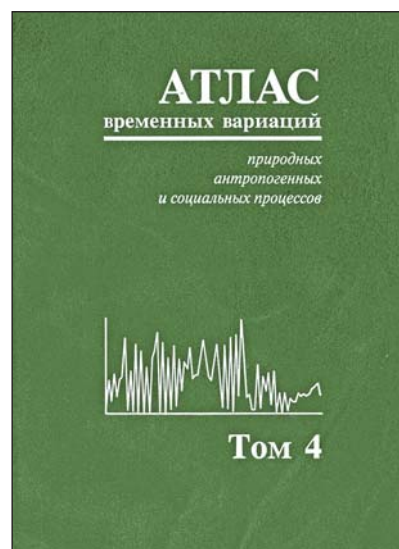
Предметные части информативны, содержат интересный, уникальный и красивый материал и его анализ. К таким данным относятся, в частности, материалы по палеоклимату, восстановленному по скважинным кернам в Антарктиде и на оз.Байкал, сейсмичности на Кавказе, изменению скорости вращения Земли... их сопоставлениям между собой. Установлен ряд фундаментальных закономерностей протекания процессов в разных объектах, как в открытых динамических системах. Атлас — это крупное сравнительное исследование и обобщение данных о временных вариациях в разных сферах (академик Д.В.Рундквист о т.3).

Третий том представляет беспрецедентный опыт научного обобщения огромного объема разнохарактерных данных, касающихся самых различных аспектов динамики нашей родной планеты. В томе помещены статьи, касающиеся временных вариаций процессов, протекающих в твердой Земле. Эти вариации находят свое отражение в различных геофизических полях — магнитном,



АТЛАС ВРЕМЕННЫХ ВАРИАЦИЙ ПРИРОДНЫХ, АНТРОПОГЕННЫХ И СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ. Т.3: Природные и социальные сферы как части окружающей среды и как объекты воздействий

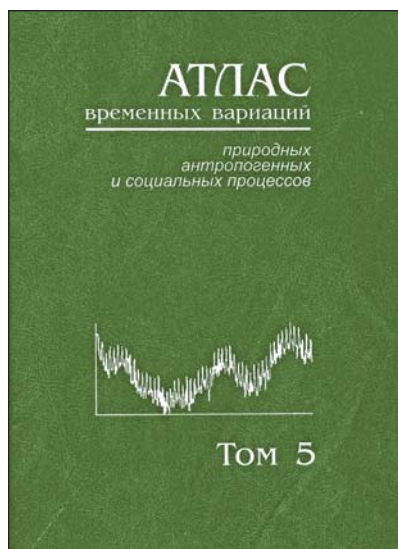
М.: Янус-К, 2002. 652 с.



АТЛАС ВРЕМЕННЫХ ВАРИАЦИЙ ПРИРОДНЫХ, АНТРОПОГЕННЫХ И СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ. Т.4: Человек и три окружающие его среды

М.: Светоч-Плюс, 2009. 336 с.





АТЛАС ВРЕМЕННЫХ ВАРИАЦИЙ ПРИРОДНЫХ, АНТРОПОГЕННЫХ И СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ. Т.5: Человек и три окружающие его среды.

М.: Янус-К, 2013. 720 с.

тепловом, в сейсмичности, вулканизме, флюидном режиме, изменениях напряженного состояния земной коры. Часть статей носит общий характер, другая часть рассматривает либо определенные интервалы геологического времени, либо отдельные регионы, такие как Урал, Байкал, Кавказ, Камчатка — Курилы, а также Москва — Московский регион (академик В.Е.Хаин о т.3).

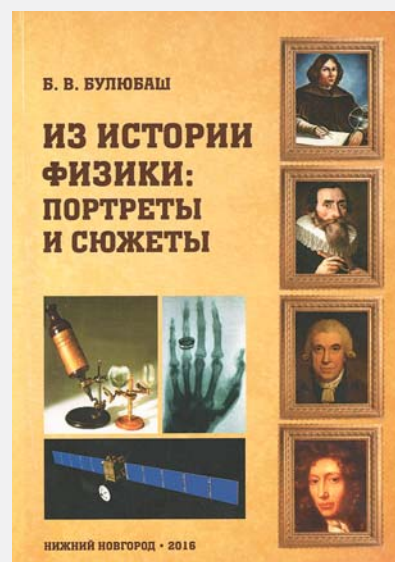
В первой части рассматривается динамика процессов, протекающих в трех окружающих нас средах, во второй части — динамика физиологических и других медицинских параметров. Авторы касаются вопросов, связанных с вариациями геофизических параметров в сейсмоактивных и в сейсмически спокойных регионах, с динамикой техногенной сейсмичности в горнодобывающих регионах Урала. Рассмотрены сейсмические и гидрогеологические данные по работам на Гармском прогностическом полигоне, материалы по долговременным сейсмическим просвечиваниям, по данным Гиндукушских глубокофокусных землетрясений. Результаты сопоставляются с данными по скорости вращения Земли, гео- и гелиомагнитной активности и т.д. (доктор физико-математических наук Н.Г.Клейменова о т.4).

Следует отметить интереснейшую главу, описывающую динамику временных ритмов по данным о разрезе Кольской сверхглубокой скважины. Проведены различные сопоставления, делаются попытки установить причинно-следственные связи между процессами в трех окружающих нас средах и медицинскими показателями. Сделаны выводы, касающиеся роли сравнительно сильных воздействий типа резкого спада атмосферного давления, которые могут вызвать такую реакцию у людей, как десинхронизация физиологических показателей (доктор биологических наук Е.А.Ляпунова о т.5). ■

### История науки. Физика

**Б.В.Буллбаш.** ИЗ ИСТОРИИ ФИЗИКИ: ПОРТРЕТЫ И СЮЖЕТЫ. Нижний Новгород: ФИЦ ИПФ РАН, 2016. 188 с.

Книга состоит из 18 коротких, но информативных рассказов о жизни известных людей науки (Н.Коперника, И.Кеплера, Р.Бойля, Дж.Уатта, Т.Юнга, К.Доплера, В.Вебера, В.К.Рентгена, А.А.Беккереля, Б.Б.Голицына, Г.В.Вульфа, П.Ланжевена, Д.Хевеши, Э.Шрёдингера, М.А.Леонтовича, П.А.Черенкова, Б.Понтекорво и Я.Б.Зельдовича) и четырех рассказов об открытиях и об эволюции идей, вдохновлявших ученых («История лейденской банки — первого электрического конденсатора», «История измерения механического эквивалента теплоты», «История микроскопа от Роджера Бекона до Роберта Коха» и «О зеркальных молекулах, оптической активности и загадке происхождения жизни»). «Портреты» и «сюжеты», как их назвал автор, ненавязчиво, но весьма познавательно позволяют читателю прикоснуться к той деятельности, благодаря которой создается естественнонаучная часть культуры человечества. Тексты написаны живым языком, в них чувствуется как восхищение автора учеными и их идеями, так и его желание поделиться узанным с окружающими. Очерки, вошедшие в книгу, были опубликованы в течение ряда последних лет в журналах «Потенциал: Физика. Математика. Информатика» и «Потенциал: Химия. Биология. Медицина».





## Конкурс научно-популярных статей

### Номинации

- Свободная тема по биологии
- Своя работа
- Бионанотехнология
- Наглядно о ненаглядном: нарисуй науку!
- «Места»: где работать в биологии?



Прием работ до 1 октября 2016 года!

[www.biomolecula.ru/content/1947](http://www.biomolecula.ru/content/1947)



### Партнеры конкурса



# ПРИРОДА

Ответственный секретарь  
**Е.А.КУДРЯШОВА**

Литературный редактор  
**Е.Е.ЖУКОВА**

Научные редакторы  
**О.О.АСТАХОВА**  
**М.Б.БУРЗИН**  
**Т.С.КЛЮВИТКИНА**  
**К.Л.СОРОКИНА**  
**Н.В.УЛЬЯНОВА**  
**М.Е.ХАЛИЗЕВА**  
**О.И.ШУТОВА**  
**А.О.ЯКИМЕНКО**

Художественный редактор  
**Т.К.ТАКТАШОВА**

Заведующая редакцией  
**И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА**

Перевод  
**А.О.ЯКИМЕНКО**

Графика, верстка:  
**С.В.УСКОВ**

Свидетельство о регистрации  
№1202 от 13.12.90

Учредитель:  
Президиум Российской академии наук

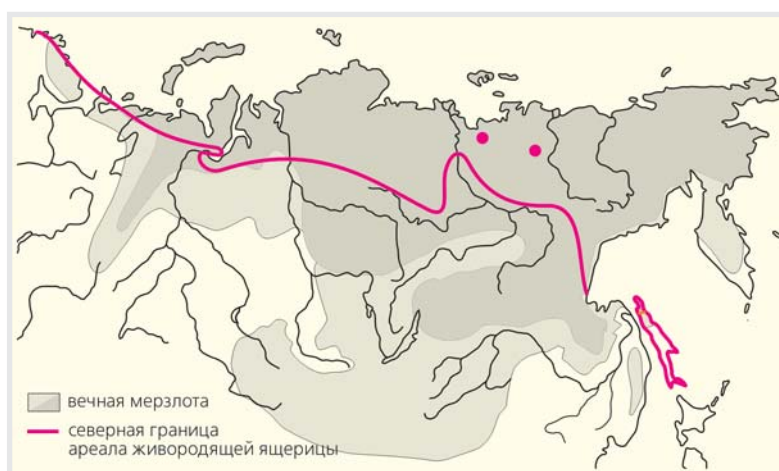
Издатель: ФГУП «Издательство «Наука»  
117997, Москва, Профсоюзная ул., 90

Адрес редакции: 117997,  
Москва, ул.Профсоюзная, 90 (к.417)  
Тел.: (495) 276-70-36 (доб. 4171, 4172)  
E-mail: priroda@naukaran.com

Подписано в печать 19.08.2016  
Формат 60×88 1/8  
Бумага офсетная. Офсетная печать  
Усл. печ. л. 11,16. Уч. изд. л. 12,2  
Тираж 310 экз.  
Заказ 543  
Цена свободная

Отпечатано ФГУП «Издательство «Наука»  
(типография «Наука»)  
121099, Москва, Шубинский пер., 6

в следующем номере



Казалось бы, пресмыкающиеся и вечная мерзлота — несочетаемые понятия. Живородящая ящерица (*Zootoca vivipara*), ареал которой занимает лесную и лесостепную зону Европы и большую часть Азии, совмещает несовместимое. Эта мелкая (редко превышающая 5 г) ящерица — единственный представитель класса рептилий, проникающий в область сплошного распространения вечной мерзлоты почти до 71° с.ш., т.е. в регионы с люто холодной зимой. Оставалось неизвестным, где, при каких температурах и в каком состоянии зимует живородящая ящерица в Сибири. Отправным пунктом в работе авторов было разрешение альтернативы: или ящерица, подобно рекордсмену по холодоустойчивости среди пойкилотермных позвоночных животных — сибирскому углозубу, обладает выдающимися способностями переносить низкие температуры, либо она зимует в особо теплых местах — например, под снежными надувами, в таликовых зонах (на утепляемых грунтовыми водами участках) и т.д.

**Берман Д.И., Булахова Н.А., Алфимов А.В., Мещерякова Е.Н.**  
ЖИВОРОДЯЩАЯ ЯЩЕРИЦА ЗИМОЙ В СИБИРИ

