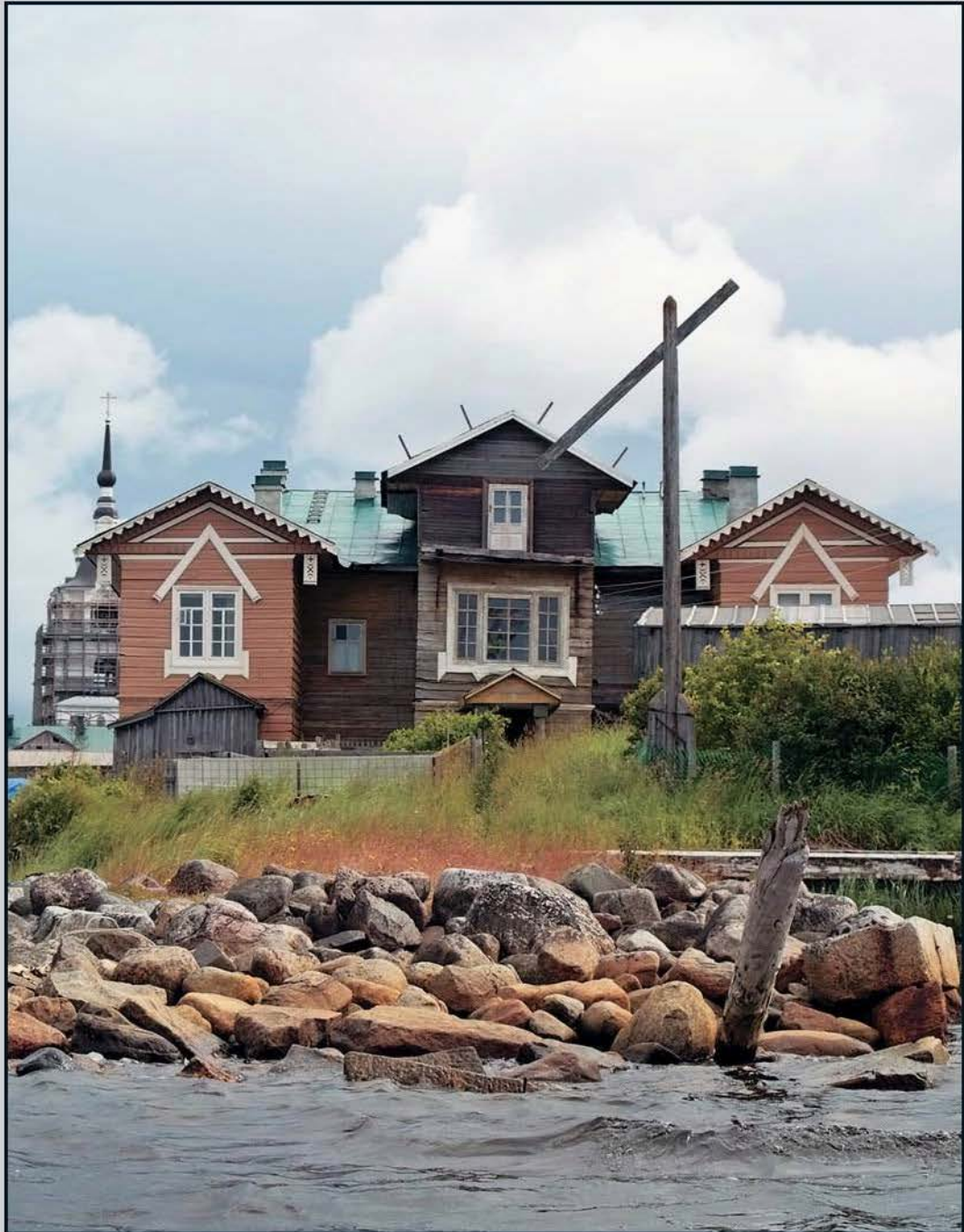


ISSN 0032-874X

ПРИРОДА

7 17



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

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

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

См. в номере: **Алексеева Я.И., Махров А.А.** *О происхождении ряпушки на Соловецких островах: архивные документы в исследовании микроэволюции.*
Фото Н.Э.Багирова

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Первый геолог на Луне Харисон Шмитт собирает лунный грунт. Миссия «Аполлон-17».

См. в номере: **Базилевский А.Т.** *Были ли американцы на Луне?*

Фото НАСА



В НОМЕРЕ:

3 А.В.Бялко
**Подводное торнадо:
 микроюбилей открытия**
Подводное газовое торнадо — гидродинамическое явление, обратное хорошо известной всасывающей воронке. Может ли подводное торнадо возникать в естественных условиях и можно ли использовать его для добычи метана из метангидратных месторождений?

9 А.А.Киселев, И.Л.Кароль
**Чередa погодных аномалий —
 случайность или закономерность?**
В последние десятилетия наблюдается значительный рост числа аномальных погодных явлений (волн тепла и холода, ураганов, гроз, ливней и засух и пр.). Результаты современных исследований помогут разобраться, стал ли этот рост следствием изменений климата или же он обусловлен хаотической природой климатической системы.

17 Н.М.Чумаков
Оледенения Земли
Оледенения — одни из самых экстремальных климатических событий в истории Земли. С ними связаны многие катастрофические изменения на нашей планете, вызывавшие драматически быстрые количественные и качественные перестройки в биосфере и биоте.

30 Л.И.Глазовская, Т.И.Щекина
**Витрифицированные форты —
 что это такое?**
Витрифицированные (стекловатые) породы известны в Европе уже 220 лет. Это остатки укреплений, появившихся в результате деятельности человека во времена бронзового века. В России обнаружены подобные породы в виде пемз, образовавшихся в результате деятельности монахов Свято-Духова Боровичского монастыря (Новгородская обл.).

37 Я.И.Алексеева, А.А.Махров
**О происхождении ряпушки
 на Соловецких островах:
 архивные документы в исследовании
 микроэволюции**

Дискуссия о происхождении ряпушки в озерах Большого Соловецкого острова ведется уже почти столетие. Даже молекулярно-генетические исследования не позволили до конца понять, аборигенный это вид или чужеродный. Пролить свет на эту проблему помогли литературные и историко-архивные документы.

Научные сообщения

47 А.Т.Базилевский
Были ли американцы на Луне?
Ш.Г.Самедов, Т.И.Абдулганиева
**Подземные воды Дагестана:
 рациональное использование (52)**

56 Ю.И.Лашкевич
**Трудности научного перевода:
 примеры стилистических дефектов
 с указанием возможных способов
 их устранения и попутными комментариями**

Времена и люди

69 Ю.В.Наточин
Жизнь наукой

81 **Новости науки**
Последняя миссия космического аппарата «Кассини» (81). Центр галактики NGC 2617: занавес остается открытым. В.Л.Окнянский, Н.А.Гусейнов, Х.М.Микаилов, К.М.Гаскелл (82). Игольчатые алмазные кристаллы: необычная обычность. А.Н.Образцов (83). Ультратвердый углеродный нанокompозит на основе фуллерита. Ю.А.Квашнина, А.Т.Квашнин, Л.А.Чернозатонский, П.Б.Сорокин (85). Новый плиозавр из Ульяновского Поволжья. М.С.Архангельский, Н.Г.Зверьков (86).

Рецензии

88 А.М.Черепашук
Замечательная книга о Космосе
 (на кн.: М.Я.Маров. Космос.
 От Солнечной системы вглубь Вселенной)

92 **Новые книги**

93 **Объявления**

В конце номера

94 В.Ю.Архипов
**«Старички»
 из повести Чехова «Степь»**

CONTENTS:

- 3 A.V.Byalko**
Underwater Tornado: Micro-jubilee of the Discovery
An underwater gas tornado is a hydrodynamic phenomenon inverse to the well-known sucking whirlpool. Can it occur under natural conditions? And is it possible to use the underwater tornado phenomenon for practical extraction of methane-hydrate deposits?

- 9 A.A.Kiselev, I.L.Karol**
The Sequence of Weather Anomalies – an Accident or a Pattern?
The number of weather anomalies (heat and cold waves, hurricanes, thunderstorms, heavy rainfalls, droughts, etc.) has been increasing significantly in the last decades. The results of modern studies will help to find out what is the cause of this increase: climate change or chaotic nature of the climate system.

- 17 N.M.Chumakov**
Glaciations of the Earth
Glaciations are one of the most extreme climate events in Earth's history. Many catastrophic changes on our planet inducing dramatically rapid quantitative and qualitative restructurings in the biosphere and biota are linked to glaciations.

- 30 L.I.Glazovskaya, T.I.Shchekina**
Vitrified Forts – What Is It?
Vitrified (glassy) rocks have already been known in Europe for 220 years. These are remnants of vitrified forts that resulted from human activities in the Bronze Age. In Russia such rocks were found as pumice produced as a consequence of monks' activities at Svyato-Dukhov (Holy Spirit) Borovichsky Monastery (Novgorod oblast).

- 37 Ya.I.Alekseeva, A.A.Makhrov**
On the Origin of Vendace on the Solovetsky Islands: the Use of Archival Documents in the Microevolution Study

The question of the origin of vendace in the lakes of Bolsboy Solovetsky Island has been discussed for almost a century. Even molecular genetic studies did not give a clear answer whether it is native or alien species. Historic literature and archival materials helped us to address this question.

Scientific Communications

- 47 A.T.Basilevsky**
Have Americans Been on the Moon?

- Sh.G.Samedov, T.I.Abdulganieva**
Groundwater of Dagestan: Rational Usage (52)

- 56 Yu.I.Lashkevich**
The Difficulties of Scientific Translation: the List of Stylistic Defects with the Examples of Their Plausible Corrections and Incidental Comments

Times and People

- 69 Yu.V.Natochin**
Life for Science

- 81 Science News**
 The Last Mission of «Cassini» Spacecraft (81). The Center of NGC 2617 Galaxy: the Curtain Remains Open. **V.L.Oknyansky, N.A.Huseynov, Kh.M.Mikhailov, C.M.Gaskell** (82). Lathlike Diamond Crystals: Unusual Usualness. **A.N.Obraztsov** (83). Fullerite-based Carbon Nanocomposite with Ultra-high Stiffness. **Yu.A.Kvashnina, A.G.Kvashnin, L.A.Chernozatonskii, P.B.Sorokin** (85). New Pliosaur from Ulyanovsk Volga Region. **M.S.Arkhangel'sky, N.G.Zverkov** (86).

Book Reviews

- 88 A.M.Cherepashchuk**
A Remarkable Book about Space (M.Ya.Marov. Space. From the Solar System into the Depth of the Universe)

New Books

Advertisements

End of the Issue

- 94 V.Yu.Arkipov**
«Petrels» from Chekhov's Novella «The Steppe»

Подводное торнадо: микроюбилей открытия

А.В.Бялко^{1,2}

¹Журнал «Природа» РАН (Москва, Россия)

²Институт теоретической физики имени ЛДЛандау РАН (Московская обл., Россия)

Подводное газовое торнадо — гидродинамическое явление, обратное хорошо известной всасывающей воронке. Поскольку этот вид торнадо возникает в особых условиях, он не привлекал достаточного внимания и ранее не был изучен теоретически. Описав простой эксперимент, рассмотрим гидродинамические решения для потока газа в ядре торнадо, окруженного вращающейся турбулентной жидкостью. При заданном потоке газа радиус ствола торнадо определяется турбулентной вязкостью. Затем сравним измерения потоков газа с их теоретической зависимостью от размера ядра торнадо. Далее попытаемся ответить на вопрос, может ли возникать это явление в естественных условиях. Мощным источником газа способны служить подводные месторождения метангидратов. Существуют несколько геологических исследований так называемых покмарков (оспин) — углублений, расположенных над метангидратными месторождениями. Заметим, что их последовательности иногда напоминают следы атмосферных торнадо на поверхности земли. Наконец, обсудим вопрос, можно ли практически использовать явление подводного торнадо для добычи метана из метангидратных месторождений. Предлагается схема разработки с использованием искусственно созданного вихря над месторождением метангидрата в морской воде. Такой интенсивный вихрь может быть создан в течение нескольких часов шестью мощными катерами, укрепленными на якорях. После образования подводного торнадо поднимающийся метан собирается в тент, натягиваемый этими же катерами.

Ключевые слова: вихрь, воронка, метан, метангидрат, покмарки (оспины).

Underwater tornado: micro-jubilee of the discovery

A.V.Byalko^{1,2}

¹Journal «Priroda», RAS (Moscow, Russia)

²Landau Institute for Theoretical Physics, RAS (Moscow region, Russia)

An underwater gas tornado is a hydrodynamic phenomenon inverse to the well-known sucking whirlpool. Because it occurs only under special conditions, it has not received sufficient attention and has not been studied theoretically. After describing a simple experiment, we study hydrodynamic solutions for the gas flow in the tornado core surrounded by the rotating turbulent liquid. For fixed gas flow, the tornado core radius is defined by turbulent viscosity. Then we compare measurements of the gas flux with its theoretical dependence on the tornado core size. We try to find out whether this phenomenon can occur under natural conditions. We assume that methane-hydrate deposits under the sea bottom can be a mighty underwater gas source. There are a few geological studies of so called pockmarks located over methane-hydrate deposits. By the way, these pockmark traces are sometimes similar to atmospheric tornado traces on land. Finally, we discuss if it is possible to use the underwater tornado phenomenon for practical extraction of methane-hydrate deposits. We suggest a simple development scheme with an artificially created vortex over a methane-hydrate deposit in the sea water. Such an intensive vortex can be formed in a few hours by six powerboats fixed by anchors. When an underwater tornado is formed the uprising methane is collected in a tent stretched over the water by the same powerboats.

Key words: vortex, whirlpool, methane, methane-hydrate, pockmarks.

Прошло пять лет с конференции «Турбулентное перемешивание» (ТМВ-3) в Триесте, на которой мне довелось рассказать о новом гидродинамическом явлении — подводном газовом торнадо. Слова «новое» я до сих пор избегал, поскольку не существовало полной уверенности в том, что подобный феномен не был открыт и описан лет 100 или 150 назад — все предпосылки для этого тогда уже были. За прошедшие пять лет эти же результаты докладывались на международной конференции «Symposium on Waves in Fluids» в Москве (2013), а также на нескольких семинарах, вышли и соответствующие статьи [1, 2]. В социальной научной сети «Academia.edu» данные работы скачивались более 200 раз, но ниоткуда не поступал комментарий с упоминанием более ранних публикаций. Фактически подводное торнадо прежде наблюдалось экспериментально как взаимодействие двух вихрей [3], но оно не было квалифицировано и изучено как оригинальное гидродинамическое явление. Поэтому, кажется, уже вполне можно говорить именно о состоявшемся открытии.

Идея эксперимента

Обоснование подводного торнадо физически просто. Представьте себе всплывающий пузырек газа во вращающейся жидкости. Центробежное ускорение оттесняет тяжелую жидкость на периферию, а легкий пузырек, всплывая, перемещается ближе к оси вращения и сжимается силами поверхностного натяжения, вытягиваясь по вертикали. Если скорость вращения и поток газа достаточно велики, вытянутые по вертикали пузырьки образуют непрерывный столб, открытый для свободного потока газа.

Подводное газовое торнадо подобно другим известным вихревым проявлениям: атмосферному торнадо и воронке, всасывающей воздух. Все они имеют зависимость скорости вращения от радиуса, близкую к вихрю Рэнкина*, который представляет собой устойчивое вращательное движение в газообразной или жидкой среде.

Рэнкин нашел [4] простое, но замечательное решение уравнений Навье—Стокса:

$$v_{\varphi}(r) = \begin{cases} Gr/a & \text{при } r < a, \\ Ga/r & \text{при } r > a. \end{cases} \quad (1)$$

* Вильям Рэнкин (1820–1872) — выдающийся английский инженер и гидромеханик.



Алексей Владимирович Бялко, доктор физико-математических наук, ассоциированный сотрудник Института теоретической физики имени Л.Д.Ландау РАН, заместитель главного редактора журнала «Природа». Область научных интересов — теоретическая физика, науки о Земле.

Здесь величина $a\Gamma$ имеет размерность m^2/c , она называется циркуляцией, или завихренностью, потока. За этим решением стоит любопытное «двойное» поведение: ядро вихря Рэнкина вращается как твердое тело с угловой скоростью $\omega = \Gamma/a$, а скорость вращения во внешней по отношению к ядру среде убывает гиперболически (рис.1). Уникальность данного решения заключается в его бездиссипативности — оно не предусматривает поглощения энергии вихря E . Эта энергия пропорциональна глубине L , но от внешнего радиуса вихря R она зависит логарифмически медленно:

$$E = \pi \rho L \int_a^R v_{\varphi}^2(r) r dr = \pi (a\Gamma)^2 \rho L \ln R/a. \quad (2)$$

Замедление вращения вязкостью происходит только в узкой области перехода вблизи границы ядра a , поэтому вихри Рэнкина, образовавшись, могут существовать достаточно долго. Наглядный пример — водоворот, возникший в бухте Оараи после Великого японского землетрясения 11 марта 2011 г., — он наблюдался в течение нескольких часов.

Атмосферное торнадо — самое сложное из вихревых явлений, поскольку его ядро, заполненное теплым и влажным воздухом, никакой перегород-

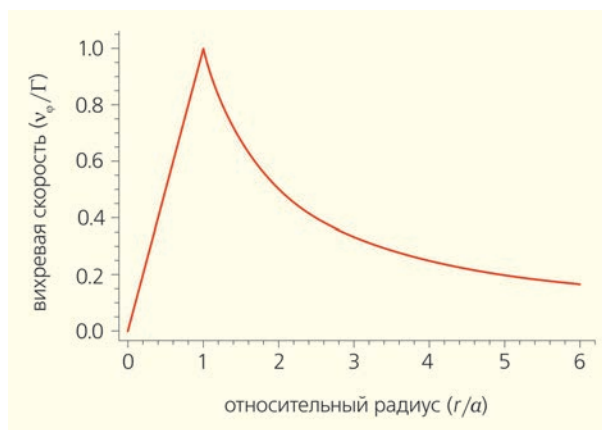


Рис.1. Вихрь Рэнкина.

кой не отделено от окружающего холодного воздуха, а в тонком переходном слое происходит вязкое трение. Поэтому радиус ядра торнадо зависит от внешних условий неочевидным образом. Для всасывающей воронки и подводного газового торнадо эта проблема решается автоматически: радиус ядра совпадает с границей газ—жидкость. Всасывающий водоворот может быть долгоживущим и даже стационарным. Он легко образуется, например, при сливе воды из ванны или с верхнего бьефа плотин. Если пренебречь трением воздуха, водоворот можно описать уравнением Бернулли, решение дает форму его воронки в виде $z(r) \sim r^2$.

Подводное торнадо и засасывающая воронка имеют общую цилиндрическую симметрию, они, казалось бы, и представляют собой одно и то же явление, лишь с изменением направления вертикального движения. Однако первое впечатление ошибочно. В засасывающем водовороте движущая сила — это течение воды вниз, воздух же увлекает-

ся трением на границе раздела. Напротив, при подводном торнадо движущей силой служит восходящий поток газа, а окружающая жидкость поднимается за ним. Теории этих явлений оказываются различными. Но любые теоретические соображения должны выдерживать экспериментальную проверку, для чего и были поставлены соответствующие эксперименты.

Постановка опытов

Возбуждение торнадо проводилось в прозрачном цилиндрическом сосуде с внешним диаметром 15 см и высотой 1 м; внутренний радиус R_0 составлял 7 см (рис.2). Емкость наполнялась водой до высоты в пределах от 60 до 90 см. Ввод газа проводился через отверстие радиусом 0.5 см в центре дна, которое было покрыто металлической сеткой с размером ячеек 0.1 мм. Вариантов прокачки воз-



Рис.2. Кадры видеосъемок подводного торнадо: при постоянном возбуждении вращения миксером (а); при возбуждении раскачиванием в начале процесса (б); незадолго до распада торнадо на поток пузырьков (в).

byalko.com/alexey

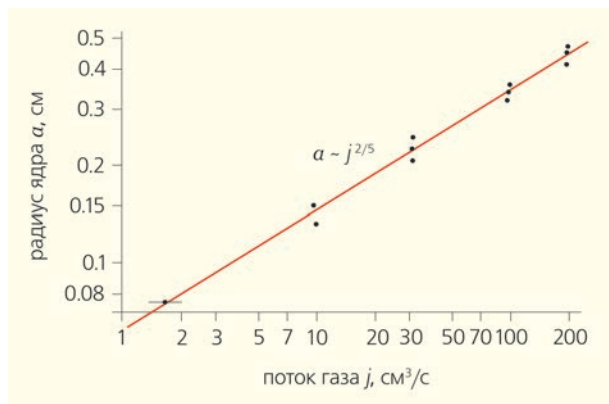


Рис.3. Зависимость радиуса ядра a подводного торнадо от потока газа j . Точки — эксперимент, прямая — степенная зависимость с показателем 0.36. Теоретический показатель равен 0.4.

духа реализовывалось два: в первом давление газа в закрытой верхней части сосуда, измеряемое манометром, понижалось до 0.2 атм, а через отверстие воздух поступал при нормальном давлении. Во втором газ поступал в отверстие при повышенном давлении, а верхняя часть сосуда была открыта. Поток газа изменялся с помощью винта, что позволяло варьировать расход воздуха от нуля до максимального потока $j_{\text{max}} = 25 \text{ см}^3/\text{с}$. Величина потока измерялась газовым счетчиком NRM-G4 (Италия). Как же развивались события в нашей водяной колонне? Картина сложилась следующая.

В неподвижной жидкости с открытым клапаном на дне цилиндра газ поднимался как поток отдельных пузырьков различных размеров. Их доминирующий диаметр — около 1 см, скорость подъема — примерно 30 см/с. Затем вращение жидкости инициировалось круговым резонансным раскачиванием сосуда. Прогиб мениска жидкости достигал 5 см, что соответствует начальной угловой скорости 10 с^{-1} . Через несколько секунд в сосуде развивалось подводное торнадо, т.е. возникал быстро вращающийся цилиндрический столб поднимающегося газа. В случае подачи газа снизу при повышенном давлении вращение инициировалось в верхней части сосуда миксером. Эксперименты фиксировались видеосъемкой*. При отсутствии внешнего возбуждения вращение замедлялось, и через доли минуты столб торнадо распадался на отдельные пузырьки. Измерения размеров ствола торнадо проводились по фотографиям с учетом

* Несколько видеозаписей торнадо размещены на сайте byalko.com/alexey.

цилиндрической кривизны сосуда. Зависимость радиуса торнадо от величины газового потока представлена на рис.3.

Известны соотношения между потоком жидкости в трубе с твердыми стенками и радиусом трубы. Теоретические зависимости для ламинарного и турбулентного течений существенно различаются [5]. В случае ламинарного течения средняя скорость пропорциональна квадрату радиуса трубы, а поток — его четвертой степени. При турбулентном течении скорость оказывается существенно большей, но растет она примерно как квадратный корень радиуса, поток же, соответственно, увеличивается пропорционально радиусу в степени $5/2$. Применимы ли эти зависимости в случае течения сжимаемого газа не в жесткой трубе, а окруженного вращающейся жидкостью? Этот вопрос исследовался в работах [1, 2]. В результате этого анализа был сделан вывод, что радиус торнадо a увеличивается пропорционально потоку j турбулентного газа в степени $2/5$. Эта степенная зависимость приближенно соответствует эксперименту. Измеренное значение показателя степени d в соотношении $j \sim a^d$ оказалось равным $d = 0.36$, что достаточно близко теоретическому приближению 0.4. Таким образом, теоретические построения экспериментом подтверждаются. Но самый интересный вопрос: возможно ли образование подводного газового торнадо в естественных условиях?

Природные улики

Прямых наблюдений этого явления пока не отмечено. Не было вулканических извержений с вращающимися выбросами. Неизвестны и геологические структуры винтовой симметрии. Но вот на какую возможность следует обратить внимание. Посмотрим на результаты работы [6] по сканированию морского дна вблизи побережья Ирландии (рис.4).

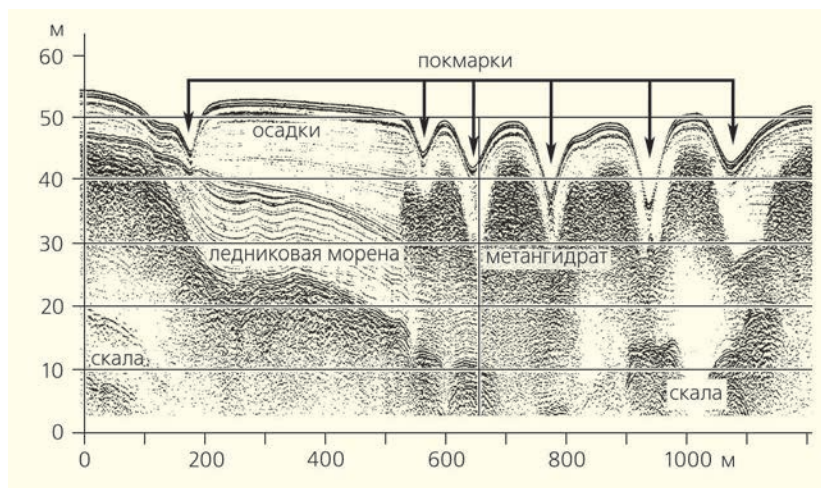


Рис.4. Покмарки в Белфастском заливе (Северная Ирландия) [6].

Наблюдающиеся углубления — не случайные отклонения рельефа, а морфологические особенности, систематически расположенные около мощных месторождений метангидрата. При температурах ниже 10°C и давлениях выше 30 атм метан образует с водой это твердое соединение, похожее на лед; его плотность, однако, больше, чем у воды. Метангидрат накапливается в морских отложениях в больших количествах благодаря тому, что бактерии, генерирующие метан, перерабатывают все органические осадки. Эти месторождения медленно выделяют метан в виде столба пузырьков, как правило, не достигающих поверхности вследствие растворения в воде. Такие столбы пузырьков многократно фиксировались акустической локацией.

Оспины-покмарки изучались также на дне Атлантического океана у побережья Нигерии [7]. Последовательность оспин-углублений на рис.5 напоминает меандры разрушений, которые оставляют на поверхности земли атмосферные торнадо.

Можно предположить, что нигерийские покмарки остались на дне Атлантики со времен окончания последнего ледникового периода. Уровень океана понизился тогда более чем на



Рис.5. Меандрирующие покмарки (оспины) на дне Атлантического океана вблизи Нигерии [7]. Размер наибольшей оспины в левом верхнем углу рисунка 650 м; она расположена на глубине 1265 м.

100 метров, случайное завихрение вод породило серию подводных торнадо, а выделившийся в атмосферу метан (мощный парниковый газ) послужил инициатором быстрого потепления климата. Разумеется, воспринимать эту мысль как серьезную гипотезу завершения оледенений не следует, привожу ее только потому, что она была одним из побудительных мотивов, заставившим теоретика взяться за постановку эксперимента без особой надежды на успех.

Как добыть газ из подводных месторождений?

Оценки глобальных запасов метана в месторождениях метангидратов превышают 10^{16} кг [8], что по энергетическому потенциалу оставляет позади мировые запасы нефти, равные $2 \cdot 10^{14}$ кг. Однако их разработка пока не проводится. По-видимому, трудности их освоения и добычи связаны с тем, что обычное бурение провоцирует обильное неконтролируемое пузырьковое выделение метана, затрудняющее его отбор. Попробуем предложить схему эксплуатации подводных залежей метангидрата с использованием эффекта подводного торнадо.

Представим себе небольшое уединенное месторождение на глубине 500 м размером, скажем, около 100 м, из которого изначально происходит слабое истечение пузырьков метана. Возбуждение вращения с циркуляцией порядка $1 \text{ м}^2\text{с}^{-1}$ можно достичь с помощью шести катеров или гидроциклов с полезной мощностью каждого 200 л.с., прочно укрепленных на якорях, которые расположены вне месторождения. Их суммарная мощность равна примерно 100 кВт, при этом вихревая воронка с энергией порядка 300 МДж может быть раскручена, как показывают оценки и формула (2), за несколько часов. Водоворот с такими размерами и циркуляцией вызовет локальное понижение уровня — воронку глубиной около 10 м. Направление вращения может быть выбрано, вообще говоря, любое, но предпочтительно учитывать местную систему течений и связанную с ней естественную циркуляцию.

Вследствие высокой опасности самопроизвольного возгорания метана управление гидроциклами должно осуществляться дистанционно с судна, расположенного на удалении от вихревой воронки. Гидроциклы, фиксированные якорями, одновременно с генерацией вихря растягивают над ним шестиугольный тент из несгораемого материала (рис.6). В его центре находится отверстие регулируемого сечения, к которому присоединена газоотводная труба, соединенная с судном управления. На стадии раскручивания вихря это отверстие закрыто, а тент поддувается выхлопными газами гидроциклов. После образования подводного торнадо интенсивная работа гидроциклов приос-

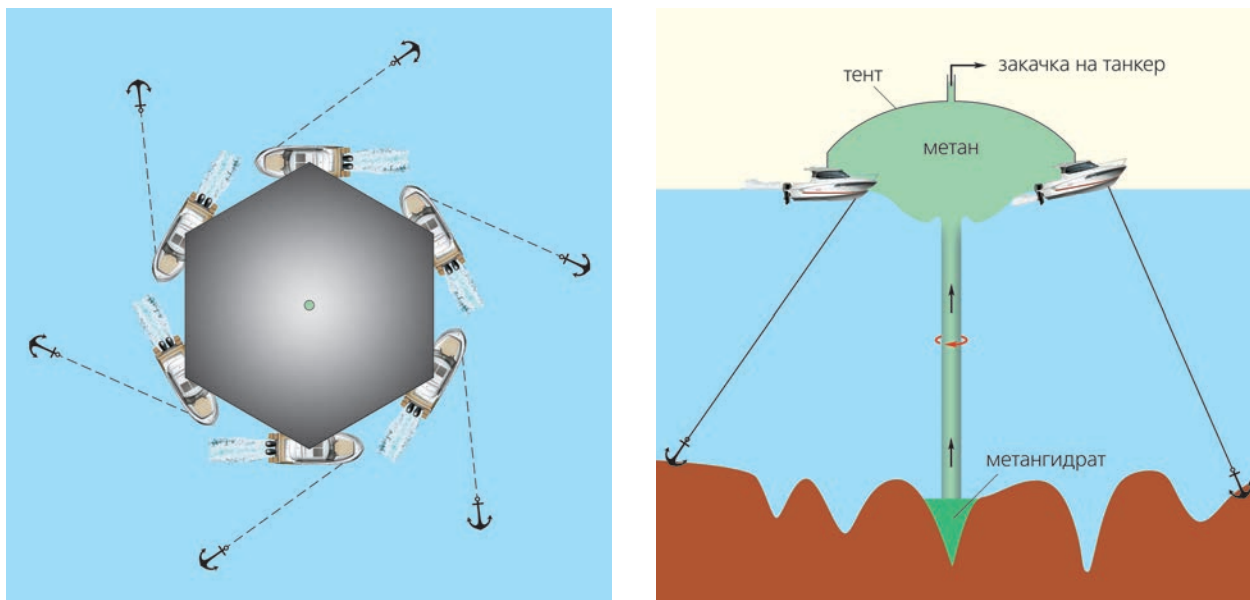


Рис.7. Схема разработки месторождения метангидрата способом подводного торнадо. Слева вид сверху.

танавливается, они могут быть удалены на некоторое расстояние от тента, ближе к якорям, продолжая натягивать тент тросами регулируемой длины. Это обеспечит возможность ограниченного перемещения тента в случае меандрирующего смещения ядра торнадо. В рабочем режиме отводное отверстие в тенте открывается, а накопившийся в нем метан начинает поступать в газоотвод.

На судне управления газ очищается от водной взвеси и концентрируется под давлением.

Безусловно, предложенная схема добычи метана далека от воплощения, ему должны предшествовать экспериментальные исследования и натурные испытания. Но какие из реализованных теперь технических решений не представлялись поначалу фантастическими? ■

Литература

1. *Byalko A.V.* Underwater gas tornado // *Physica Scripta*. 2013. V.155. P.14030–14033.
2. *Byalko A.V.* Underwater Gas Tornado and Its Possible Occurrence in Nature // *Procedia IUTAM*. 2013. V.8. P.51–57.
3. *Alekseenko S.V., Shtork S.I.* Experimental observation of an interaction of vortex filaments // *JETP Letters*. 1994. V.59. P.775–780.
4. *Rankine W.J.M.* Manual of Applied Mechanics. London, 1858.
5. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Гидродинамика. М., 1988.
6. *Kelley J.T., Dickson S.M., Belknap D.F., Barnhardt W.A., Henderson M.* Giant sea-bed pockmarks: Evidence for gas escape from Belfast Bay, Maine // *Geology*. 1994. V.22. P.59–62.
7. *Cauquil E., Stephane L., George R.A., Shyu J.-P.* High-resolution autonomous underwater vehicle (AUV) geophysical survey of a large, deep water pockmark offshore Nigeria // *European Association of Geoscientists & Engineers, 65th Conference*. 2003. P.56–59.
8. *Buffett B., Archer D.* Global inventory of methane clathrate: Sensitivity to changes in the deep ocean // *Earth and Planetary Science Letters*. 2004. V.227. P.185–199.

Череда погодных аномалий — случайность или закономерность?

А.А.Киселев¹, И.Л.Кароль¹

¹Главная геофизическая обсерватория имени А.И.Воейкова (Санкт-Петербург, Россия)

В последние десятилетия наблюдается значительный рост числа аномальных погодных явлений (волн тепла и холода, ураганов, гроз, ливней и засух и пр.). Стал ли этот рост следствием современных изменений климата или он обусловлен хаотической природой климатической системы? В статье представлен обзор используемых для ответа на этот вопрос методов, а также результатов современных исследований. В частности, отмечается, что каждая связь между различными видами погодных аномалий и изменениями климата обладает своими особенностями и, как следствие, должна рассматриваться отдельно. Объем имеющихся сегодня данных мониторинга недостаточен для окончательных выводов. Поэтому связь между частотой погодных экстремумов и антропогенным воздействием на климат пока не может считаться надежно установленным научным фактом. Однако есть основания полагать, что такая связь будет доказана в ближайшем будущем.

Ключевые слова: климат, погодные аномалии, изменение климата.

The sequence of weather anomalies — an accident or a pattern?

A.A.Kiselev¹, I.L.Karol¹

¹Voeikov Main Geophysical Observatory (Saint Petersburg, Russia)

The significant increase of weather anomalies (heat and cold waves, hurricanes, thunderstorms, heavy rain-falls, droughts and other) number occurs in the last decades. What is cause of this increase: current climate change or chaotic nature of the climate system? The paper presents a review of both relevant methods and recent studies results. In particular various connections between the weather extreme events and climate change have their own features and therefore must be studied separately. The modern monitoring data are not enough for most of final conclusions. Thus the connection between weather extremes frequency and anthropogenic impact on climate is not reliable scientific fact now. But we are warranted in believing this connection as an argued one in the near future.

Key words: climate, weather anomalies, climate change.

«В Токио впервые за 54 года в ноябре выпал снег», «Впервые за 37 лет снег выпал на севере Сахары», «На Северный полюс пришла аномальная жара»*, «Глобальное потепление рушит “крышу мира”»**, «За минувшую ночь на Москву вылилось почти 40% месячной нормы осадков»***, «В Санкт-Петербурге ожидаются новые снегопады»****. Это выбранные случайным образом сообщения СМИ об аномальных погодных явлениях, имевших место во второй половине 2016 г., точнее — их малая часть. Практически всякий раз, столкнувшись с известием об очередном подобном катаклизме, журналисты обращаются к специалистам за комментариями и разъяснениями. Так случилось, что многие такие запросы были адресованы авторам этой статьи. Разумеется, каждый случай имеет свою специфику, однако в ходе беседы неизбежно звучал вопрос: «Обусловлен ли данный конкретный эпизод стечением обстоятельств или это закономерное следствие современных глобальных изменений климата?». Этим очень непростым вопросом в последнее время задаются не только журналисты, но и ученые. Ниже мы постараемся рассказать, что делают специалисты в поисках ответа и какие представления на этот счет преобладают сегодня.

Специалисты наблюдают, фиксируют...

Вопрос, сформулированный выше, возник не на пустом месте. Можно сказать, его навеяла сама жизнь. Аномальные погодные явления внимательно отслеживаются и классифицируются национальными метеослужбами (а также страховыми компаниями), их сводки регулярно публикуются****. Собранная информация свидетельствует

* Температура на 5° превысила средние показатели; если раньше подобные погодные аномалии встречались крайне редко (раз в тысячу лет), то теперь подобное происходит раз в 50 лет.

** 17 июля 2016 г. от ледника Ару в Тибете откололось более 60 млн м³ льда и горных пород.

*** 14 июля 2016 г.

**** Снегопады и холод, каких не было в ноябре с середины 1990-х.

***** <http://www.meteorf.ru/press/news/13145/>



Андрей Александрович Киселев, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник отдела динамической метеорологии Главной геофизической обсерватории имени А.И.Воейкова (г. Санкт-Петербург). Область научных интересов — фотохимические процессы в атмосфере.



Игорь Леонидович Кароль, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией той же обсерватории. Специалист в области моделирования климата, фотохимических и радиационных процессов в атмосфере. Многие годы занимается проблемами атмосферного озона.

Игорь Леонидович — старинный автор «Природы». В июле ему исполняется 90 лет. Редакция поздравляет юбиляра и желает ему крепкого здоровья, творческих успехов, благополучия и новых публикаций в нашем журнале.

о том, что с годами погодные аномалии встречаются все чаще, а их общее ежегодное количество имеет тенденцию к увеличению (рис.1).

На рис.1 показано, как изменялось ежегодное число опасных гидрометеорологических явлений на территории нашей страны в течение двух последних десятилетий [1]. Следует подчеркнуть, что здесь речь идет только о бедствиях, нанеших ущерб, общее же количество опасных явлений в этот период было примерно вдвое больше (900–1000 случаев в год).

Что такое опасные гидрометеорологические явления? На первый взгляд, ответ очевиден: наводнения и засухи, ливни и град, ураганы и грозы. Однако их список гораздо шире — сюда же относятся и другие, более «безобидные»: например, изменение годовых минимумов и максимумов температуры воздуха, число дней с экстремальными температурами, с обильными (более 10 мм) осадками и др. Из рис.1 видно, что в конце прошлого века на территории нашей страны ежегодно фиксировалось 150–200 погодных аномалий, в последующем их число стремительно росло, а начиная с 2007 г. по крайней мере раз в два года переваливает за 400.

Аналогичная ситуация наблюдается и в мире. На рис.2 представлена статистика «естественных природных катастроф» после 1980 г. по подсчетам Института страховой информации (США).

При ознакомлении с ней необходимо учитывать специфику этой организации: те или иные природные явления она относит к разряду катаклизмов, исходя не из научных канонів, а из интересов страхового бизнеса (около 90% самых тяжелых экономических потерь приходятся на наводнения, засухи, град, грозы, ураганы). Поэтому прямое сопоставление данных, приведенных на рис.1 и 2, едва ли целесообразно. В то же время рис.2 прекрасно иллюстрирует наиболее интенсивный рост как общего числа «страховых случаев», так и относительной доли числа ураганов разного масштаба* и наводнений в XXI в. Если же говорить обо всем промежутке времени, представленном на рисунке, то общее число природных катастроф за три с половиной десятилетия увеличилось почти в три раза. В связи с этим неудивительно, что в недавно опубликованном ежегодном докладе Всемирного экономического форума в пятерке главных глобальных рисков, ранжированных по вероятности, первую строчку заняли именно экстремальные погодные явления, опередив риски массовой вынужденной миграции, стихийных бедствий (землетрясений, извержений вулканов и др.) и крупных терактов.

Итак, расхожее субъективное мнение, что каверзы погоды случаются все чаще и чаще, подтверждается как объективными результатами наблюдений (см. рис.1, 2) и опубликованными данными [3, 4], так и событиями последнего времени, в частности, непривычно холодной весной на европейской части России и сокрушительным ураганом, обрушившимся на Москву 29 мая 2017 г. (рис.3).

* В качестве примера: согласно спутниковым данным, на территории западноафриканской Сахели за последние 35 лет (начиная с 1982 г.) наблюдается трехкратное увеличение числа ураганов, ставших одними из наиболее сильных на планете [2].

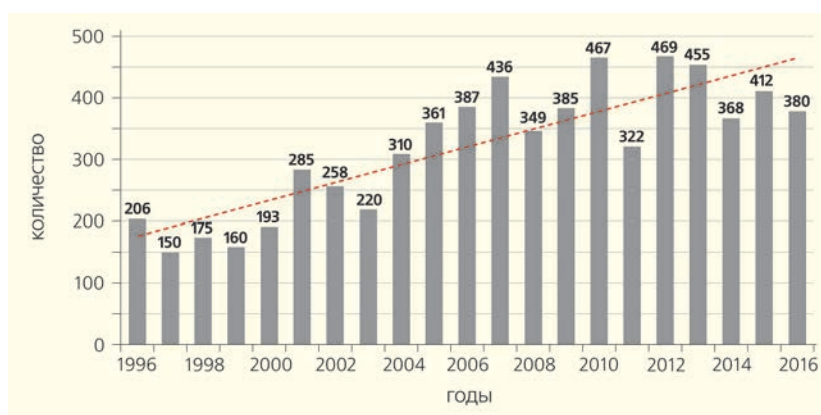


Рис.1. Количество нанесших ущерб опасных гидрометеорологических явлений на территории Российской Федерации за 1996–2016 гг. [1]. Пунктиром показан линейный тренд.

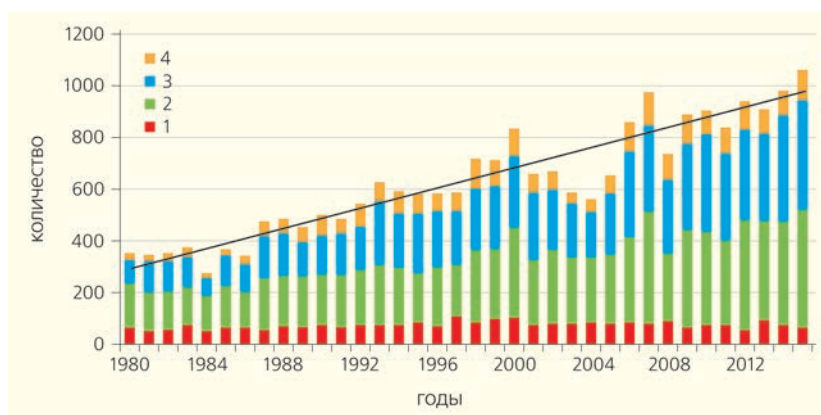


Рис.2. Количество нанесших ущерб стихийных бедствий в мире за период 1980–2015 гг. по данным Института страховой информации. Бедствия: 1 — географические (землетрясения, цунами, вулканическая активность), 2 — метеорологические (шторма, тайфуны, ураганы), 3 — гидрологические (наводнения, паводки), 4 — климатические (экстремальные температуры, засухи, пожары). Прямой показан линейный тренд.

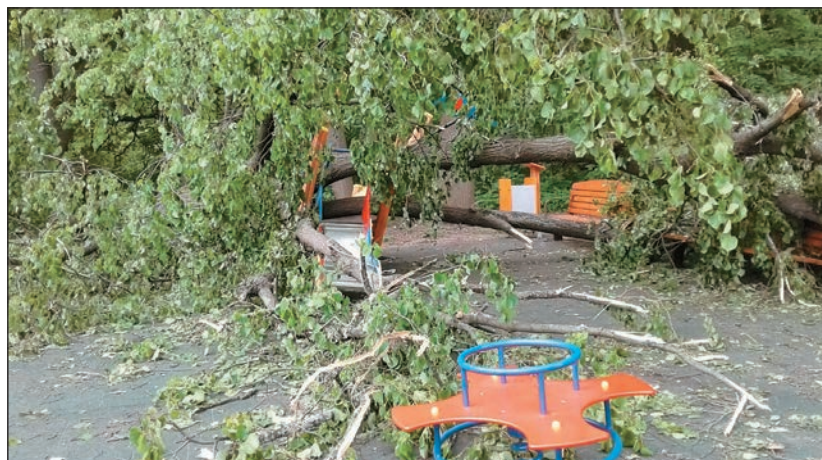


Рис.3. Последствия мощного урагана, случившегося в Москве 29 мая 2017 г.

Фото Е.А.Красильниковой

...и анализируют

Однако все это — лишь констатация факта, нас же интересуют причины роста числа природных катаклизмов, и в частности вопрос, есть ли связь между ним и глобальными изменениями климата. Если отвечать на него «из общих соображений», проводя бытовые аналогии, такая связь, конечно, должна существовать. К примеру, риск выхода из строя какого-либо электроприбора неизбежно возрастает при любом нештатном вмешательстве в его работу. А ведь глобальное потепление тоже многие десятилетия вносит некоторое возмущение в стабильную «работу» климатической системы. Такая параллель вполне уместна в качестве иллюстрации для неспециалиста, но научное обоснование требует иных подходов.

Первым делом напрашивается попытка обрушиться на проблему всей мощью статистического анализа. Однако здесь все не так просто. Изменение климата проявляется в разных аспектах, оно ассоциируется прежде всего с ростом температуры, но это лишь одно из его проявлений. Изменяются также находящиеся в тесной взаимосвязи режим осадков, циркуляция воздушных и водных масс, баланс между приходящей к Земле и уходящей от нее радиацией и др. Каждый из таких параметров по результатам обработки наблюдений облекается в математическую форму, после чего его можно привлечь к статистическому анализу. Но вот вопрос: с какой характеристикой изменения климата наиболее продуктивно связать увеличение погодных аномалий? Другой вопрос: как «увязать» происходящие в разных точках Земли и непременно имеющие *региональный* масштаб погодные аномалии с *глобальными* климатическими характеристиками? Далее: погодные катастрофы случались и до эпохи антропогенного потепления (например, «год без лета» в 1816 г. или Великая засуха в западной части Австралии в 1829 г.), поэтому, вероятно, по крайней мере некоторая часть современных аномалий обусловлена хаотическими процессами, происходящими в климатической системе. Но какая же именно и как ее выделить?

Возвращаясь к данным рис.1 и 2, отметим, что приведенный на них рост числа аномалий оказывается статистически значимым, а коэффициенты детерминации, равные квадратам коэффициентов корреляции, составляют 0.72 и 0.88 соответственно. Это, в частности, означает, что их «дополнения до единицы», т.е. 0.28 и 0.12 (или, что более привычно, 28 и 12% от общего количества аномалий), указывают верхнюю границу для числа случаев, которые могут быть связаны с хаотической природой климатической системы. Но подобную оценку можно сделать только для относительно небольшого промежутка времени, поскольку столь же исчерпывающего подсчета в предшествующие годы попросту не велось (в силу отсутствия еди-

ных методик*, недостаточного развития средств коммуникации и т.д.). Как следствие, на сегодняшний день имеющийся объем данных недостаточен и потому не дает возможности получить исчерпывающий ответ на интересующий нас вопрос.

Другой напрашивающийся подход заключается в использовании математического моделирования. Сначала упомянем о результатах, полученных с помощью простых математических моделей, позволяющих лишь качественно описать отклик климатической системы на ее возмущение. А.В.Бялко, использовавший с этой целью релаксационные уравнения, пришел к выводу, что в условиях антропогенного воздействия — определяющей причины наблюдаемого глобального потепления — количество погодных аномалий в ближайшие десятилетия будет нарастать [5, 6]. Этот вывод разделяет и А.А.Рузмайкин, показавший, что «климатические изменения, вызванные человеческой деятельностью, не очень сильно влияют на параметры среднего состояния климата Земли, например, на среднюю температуру, но значительно увеличивают число экстремальных событий, таких как наводнения и засухи» [7]. В последней работе также отмечается, что экстремальные события обладают свойством образовывать кластеры, т.е. приходят не поодиночке, а группами.

Если статистика может лишь оценить степень связи между какими-то характеристиками по заданному набору сведений о них, то возможности сложных климатических моделей заметно шире: здесь и анализ влияния многочисленных обратных связей на конечный результат, и выявление основных физических процессов, ответственных за возникновение экстремальных ситуаций, и проверка различных гипотез происхождения аномальных явлений. Но даже такие модели не в состоянии в одиночку предоставить необходимые доказательства. Причина очевидна: несмотря на важнейшую роль, которую играют глобальные климатические модели в современных исследованиях, они сегодня (да и будет ли когда-нибудь иначе?) далеко не совершенны — сказывается недостаток вычислительных ресурсов (ведь расчеты необходимо вести на очень мелкой пространственной сетке с маленьким шагом по времени, поскольку погодные аномалии локальны и часто непродолжительны), проблемы с детальным описанием ряда климатоформирующих процессов (например, формирования и развития облачности) и др. Тем не менее использование глобальных климатических моделей для исследования связей между эволюцией климата и возникновением экстремальных погодных ситуаций необходимо и не имеет альтернативы.

* Например, рекомендации по сбору, ведению и хранению сведений об опасных природных явлениях довольно часто менялись, последняя версия была утверждена Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды России и введена 16 апреля 2009 г.

В последнее время довольно часто применяется так называемый ансамблевый подход, суть которого заключается в следующем. С помощью нескольких десятков имеющихся в мире глобальных климатических моделей производятся расчеты с одинаковым набором входных параметров (например, эволюции выбросов парниковых газов в ближайшие десятилетия) на заданное число лет. Предполагается, что результат, полученный с использованием каждой из моделей, независим в статистическом смысле от результатов остальных моделей. Тогда весь массив (ансамбль) таких результатов можно подвергнуть статистической обработке, и выводы этой обработки имеют хорошие шансы оказаться репрезентативными, а дефекты модели (у каждой — свои) будут до некоторой степени взаимно скомпенсированы.

Успех ансамблевого подхода также зависит от качества используемой при построении климатических моделей информации об ассимиляционных данных. Цель ассимиляции заключается в предоставлении данных на так называемой регулярной, удобной для моделирования сетке (например, в узлах покрывающей поверхность Земли сетки с шагом в один градус по широте и долготе). Очевидно, сеть станций наблюдения за метеорологическими характеристиками (температурой, скоростью ветра и др.) или концентрациями парниковых газов размещена очень неравномерно, а в отдельных регионах Земли отсутствует. Чтобы восполнить эти пробелы, применяется процедура производимого по некоторым «оптимальным» правилам дополнения данных наблюдений модельными результатами. Такое сочетание практики и теории позволяет нарисовать более полную и, что важно, взаимосогласованную картину распределения многих метеорологических и климатических характеристик и, следовательно, повысить качество модели.

Эти наработки органично вписываются в современные методы установления причин погодных катаклизмов, базирующиеся на комплексе как наблюдательных и модельных результатов, так и физических законов, оказывающих влияние на формирование погоды и климата. Физические законы в этом перечне занимают важное место, поскольку позволяют объяснить природу и степень значимости происходящих в климатической системе изменений и тем самым «строго по науке» интерпретировать данные оперативного мониторинга. Именно благодаря такому комплексному подходу сегодня стало возможно достигнуть некоторого понимания в вопросе зависимости частоты и характера погодных аномалий от эволюции современного климата. И каковы же они, современные достижения?

Оказалось, что каждый тип погодных аномалий обладает собственной «индивидуальностью», и его особенности необходимо анализировать отдельно от остальных. Главным образом это вызвано тем

обстоятельством, что за возникновение тех или иных погодных катаклизмов «ответственны» разные цепочки развивающихся в климатической системе процессов. Цепочки эти изучены, однако, с разной степенью подробности, что критически отражается на достоверности наших знаний в приложении к каждому отдельному случаю. На рис.4 приведена схема, демонстрирующая, в какой степени, по современным представлениям, различные погодные аномалии зависят от антропогенных изменений климата [8]. Область под биссектрисой показывает потенциал для улучшения диагностирования атрибуции погодных аномалий за счет совершенствования моделей, привлечения дополнительных данных и др. Чем дальше от начала координат и ближе к биссектрисе, тем выше уровень связи. В области выше биссектрисы кружки, символизирующие различные типы аномалий, располагаться не могут, так как в этом случае оказалось бы, что установление наличия аномалии произошло при отсутствии адекватного понимания причинно-следственной связи, ее породившей.

Из рис.4 видно, что в этом смысле наивысшей оценки удостоен рост повторяемости экстремальных тепла и холода в результате современных изменений климата. Эта связь подтверждается и наблюдениями, и модельными расчетами [8]. При этом продолжительность таких волн может составлять от одних или нескольких суток до месяцев (как это было, например, над европейской территорией России летом 2010 г. [9]). В качестве основной причины учащения «явления народу» температурных экстремумов называют особенности перестройки атмосферной циркуляции. Кроме того, возникновение волн холода связывают с термодинамическими атмосферными процессами. Однако даже в этой благостной картине имеется своя «ложка дегтя»: на фоне роста количества случаев экстремального тепла на территории США в последние десятилетия, тем не менее, рекордное их число в большинстве регионов страны приходится на 1930-е годы [8]. Наличие такого феномена гипотетически снова объясняется... особенностями атмосферной циркуляции: в те годы в формировании динамики атмосферы естественные факторы превалировали над антропогенными. Безусловно, достижение понимания того, как и почему меняется циркуляция, — один из краеугольных камней теории климата, позволяющей уже сегодня достаточно успешно моделировать современное состояние климата и его изменения. Способность климатических моделей воспроизводить увеличение числа случаев возникновения температурных экстремумов служит подтверждением этому, однако приведенный выше пример свидетельствует: возможны нюансы...

Все остальные кружки на рис.4 прямо или косвенно связаны с круговоротом воды в природе. Среди них наиболее «понятна» зависимость частоты засух и ливней от реалий современного климата.

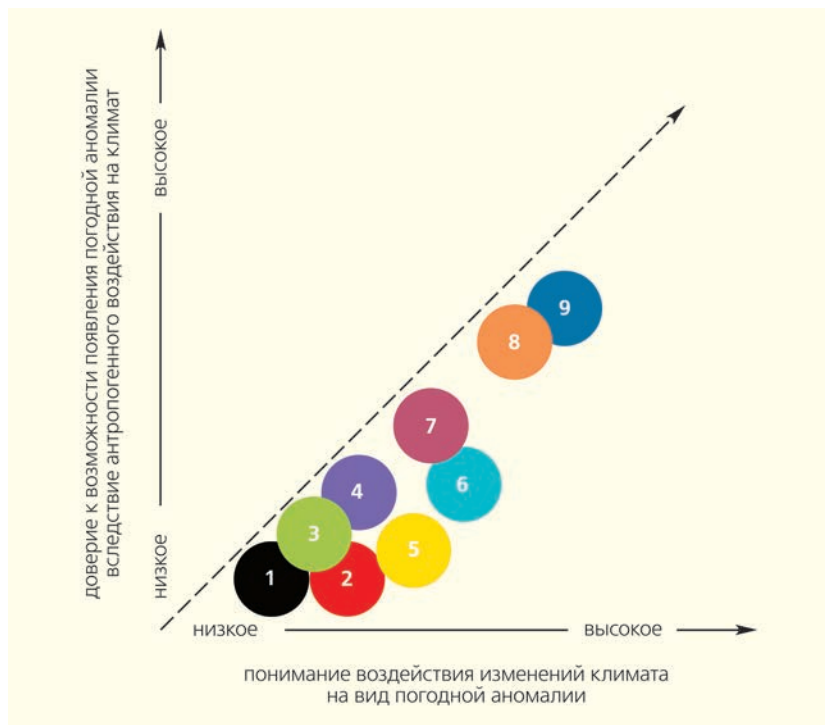


Рис.4. Схема, иллюстрирующая соотношение между современным пониманием воздействия изменений климата на отдельные виды погодных аномалий и вероятной причастностью антропогенного влияния на возникновение этих аномалий [8]. Условные обозначения: 1 — сильные конвективные ураганы, 2 — лесные пожары, 3 — экстремальные тропические циклоны, 4 — экстремальные снег и лед, 5 — тропические циклоны, 6 — сильные ливни, 7 — засухи, 8 — экстремальная жара, 9 — экстремальный холод.

Рост температуры вызывает более интенсивное испарение влаги с поверхности Земли (тем самым «обезвоживая» ее), а также усиление процесса снеготаяния. Одновременно этот рост способствует тому, что большее количество влаги в атмосфере пребывает в жидкой, а не в твердой фазе; по этой причине, главным образом в средних широтах, происходит уменьшение снеготаяния. Названных факторов, вообще говоря, вполне достаточно, чтобы объяснить наблюдаемый дефицит влаги в любом конкретном случае. Хуже обстоят дела с обобщениями. В связи с этим нужно отметить несколько обстоятельств. Во-первых, специалисты до сих пор не пришли к единой трактовке понятия «засуха», вследствие чего оно остается довольно размытым. Отчасти это происходит в результате большого разброса в масштабах явления (не только в пространстве, но и во времени) и различий его форм в разные сезоны и в разных регионах*. Таким образом, возникают затруднения с созданием единой базы данных.

* В качестве иллюстрации можно привести следующий пример: в западной части США основная часть осадков приходится на снегопады, летом осадков мало, поэтому дефицит снега зимой влечет за собой летнюю засуху [8].

Во-вторых, изменения в гидрологическом цикле происходят комплексно, т.е. при одновременной «работе» большого числа взаимодействующих между собой процессов, иногда ослабляющих, иногда усиливающих друг друга. «В-третьих» — это прямое следствие «во-вторых»: в формировании облаков и осадков участвуют процессы, масштабы которых сравнимы, с одной стороны, с размерами частиц (тысячные доли миллиметра), а с другой — с масштабами облака и облачных систем (десятки километров и более), характерные времена явлений изменяются от долей секунды до суток. Все это чрезвычайно осложняет построение численных моделей, разработчики которых из-за нехватки вычислительных ресурсов вынуждены при учете природного круговорота воды прибегать к различного рода упрощениям. Поэтому описание гидрологического цикла остается одним из слабых мест климатических моделей, и модельные оценки *всех* явлений, связанных с ним, обладают немалой погрешностью. Тем не менее установление связи частоты засух с современными изменениями климата более успешно по сравнению с прочими, представленными на рис.4.

Аналогичная ситуация имеет место при рассмотрении сильных ливней. Здесь снова понятна цепочка явлений, повлекших за собой увеличение их числа [1, 10, 11]. Рост температуры ведет к усилению конвекции, а с ней — к увеличению влажности атмосферы и интенсификации облакообразования с последующим возвращением влаги на поверхность Земли в результате осадков. Однако опять переход «от частного к общему» сильно затруднен по тем же причинам, что и для засух: из-за отсутствия четких критериев в определении экстремальных ливней, разного временного масштаба явления (от десятков минут до сезона дождей), отсутствия адекватности действительности воспроизведения облакообразования в моделях [12]. Несмотря на относительно высокую оценку атрибуции сильных ливней (см. рис.4), она более проблематична и заметно уступает атрибуции температурных экстремумов [8].

Интенсивность экстремальных ливней напрямую связана с муссонной активностью и с особенностями формирования и развития тропических циклонов, о которых мы знаем не так уж и много. Воз-



Рис.5. Лесной пожар в Канаде.

возможности современных моделей не позволяют детально воспроизводить эволюцию циклонической активности [8]. С другой стороны, достаточно давно было установлено, что зарождение тайфунов происходит в той части Мирового океана, где температура поверхностного слоя воды превосходит 26.5°C [13]. С ростом глобальной температуры площадь такой части океана увеличивается, а значит, вероятность возникновения экстремальных штормов, а с ними и наводнений, тоже возрастает (это находит свое подтверждение на рис.2).

Установлено, что физика индивидуального снежного или ледяного шторма понятна (это явление занимает относительно высокое положение на рис.4), но сложность всего природного гидрологического цикла снова становится преградой на пути адекватной оценки зависимости формирования таких штормов от эволюции современного климата [8]. Например, как было сказано выше, рост температуры порождает, с одной стороны, рост влагосодержания в атмосфере, которое, в свою очередь, увеличивает там потенциально массу снега и замерзшего дождя, но, с другой, снижает вероятность перехода воды в твердое состояние — снег и лед. Отсюда следует, что количество снежных и ледяных штормов должно расти в регионах с наиболее холодным климатом и убывать в областях, где климат теплее.

Особое место в списке погодных аномалий занимают лесные пожары (рис.5). Регионы, подверженные засухам, или зоны экстремальных волн тепла, часто одновременно оказываются областями повышенной пожароопасности, что вполне можно проследить по соответствующей базе данных. В ряде работ исследована связь между количе-

ством лесных пожаров и глобальным потеплением. Так, на основе наблюдений, охвативших более чем 25% покрытой растительностью земной поверхности в 1979–2013 гг., показано, что в глобальном масштабе средняя продолжительность пожароопасного сезона возросла на 19% [14]. По статистике за период 1959–1999 гг., рост площади выжженной лесными пожарами территории Канады хорошо согласуется с темпами антропогенного летнего потепления [15]. Недавно появилось сообщение о том, что над континентальной территорией США на каждый градус увеличения температуры на 12% возрастает число молниевых ударов — основного естественного источника лесных пожаров [16].

Нетрудно видеть, что собрано немало доводов в пользу тезиса о прямой зависимости растущего числа экстремальных погодных явлений от современных изменений климата и глобального потепления. Прилагаются усилия по систематизации оперативных данных и привлечению к исследованиям широкого круга специалистов*. Таким образом, есть все основания полагать, что аргументация, подтверждающая связь погодных аномалий с изменениями климата, в дальнейшем будет только усиливаться. Тем не менее на сегодняшний день говорить о связи между частотой погодных экстремумов и антропогенным воздействием на климат как о *надежно установленном научном факте* все же преждевременно.

* В частности, престижный научный журнал «Бюллетень Американского метеорологического общества» уже в течение пяти лет ежегодно один из своих номеров полностью посвящает обсуждению свежих результатов, связанных с погодными аномалиями [17].

Вместо заключения

Глобальное потепление, выбор мер по противодействию ему, равно как и адаптация к существующим климатическим реалиям, несомненно, составляют одну из важнейших проблем XXI в. Проблем, к сожалению, до конца человечеством не осознанных. Недавно в США провели исследование, посвященное степени доверия населения страны к самому факту глобального потепления [18]. Оказалось, что верят в глобальное потепление в основном жители тех регионов, в которых за последние пять лет часто имели место аномальные погодные явления. Там же, где погода была привычно близкой к многолетней норме, преобладали скептики, не верящие в него. Другими словами, человек больше склонен доверять тому, что видит в повседневной жизни, нежели многолетним и глобальным трендам как основе для выводов специалистов. Это еще раз доказывает необходимость *регулярного* проведения «климатического ликбеза» для населения (отнюдь

не только США, но и других стран, включая Россию). Казалось бы, здесь и «карты в руки» журналистам, специализирующимся в сфере естественных наук. Однако, к сожалению, интерес СМИ подобен поведению дамы, предавшейся на праздниках чревоугодию: она в порыве раскаяния садится на диету, но ее решимости хватает лишь на два-три дня; далее цикл повторяется с наступлением следующих праздников. Очередной погодный катаклизм обычно в состоянии всколыхнуть журналистский отклик только на несколько ближайших дней, возвращение к теме происходит лишь с появлением сообщения о следующем катаклизме.

Ростом числа экстремальных погодных явлений природа сама предметно, а порой жестоко, напоминает людям о комплексе нерешенных проблем, связанных с современными, обусловленными главным образом антропогенным фактором, изменениями климата. И пусть вопрос, вынесенный в заголовки этой статьи, окончательно не закрыт, похоже, это лишь дело времени. ■

Литература

1. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2015 год. М., 2016.
2. Taylor C.M., Belušić D., Guichard F. et al. Frequency of extreme Sahelian storms tripled since 1982 in satellite observations // *Nature*. 2017. V.544. P.475–478. Doi: 10.1038/nature22069.
3. IPCC Special Report: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation / Eds C.B.Field, V.Barros, T.F.Stocker et al. Cambridge; N.Y., 2012.
4. Semenov V.A. Arctic warming favours extremes // *Nature Climate Change*. 2012. V.2. P.315–316.
5. Бялко А.В. Релаксационная теория климата // *Успехи физических наук*. 2012. Т.182. №1. С.111–116.
6. Бялко А.В. Вариации концентрации радиоуглерода и газообмен атмосфера — океан // *Доклады Академии наук*. 2013. Т.451. №1. С.28–32.
7. Рузмайкин А.А. Климат как игра случая // *Успехи физических наук*. 2014. Т.184. №3. С.297–311.
8. Attribution of Extreme Weather Events in the Context of Climate Change. Washington DC, 2016. Doi:10.17226/21852.
9. Спорышев П.В., Катцов В.М., Мелешко В.П. и др. Причины наблюдаемых изменений климата // *Труды Главной геофизической обсерватории им.А.И.Воейкова*. 2014. Вып.574. С.39–124.
10. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М., 2014.
11. Donat M.G., Lowry A.L., Alexander L.V. et al. More extreme precipitation in the world's dry and wet regions // *Nature Climate Change*. 2016. V.6. P.508–513. Doi:10.1038/nclimate2941.
12. Zhang X., Zwiers F.W., Li G. et al. Complexity in estimating past and future extreme short-duration rainfall // *Nature Geoscience*. 2017. V.10. P.255–259. Doi:10.1038/NGEO2911.
13. Palmén E.H. On the formation and structure of tropical cyclones // *Geophysica*. 1948. V.3. P.26–38.
14. Jolly W.M., Cochran M.A., Freeborn P.H. et al. Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013 // *Nature Communications*. 2015. V.6. Doi:10.1038/Ncomms8537.
15. Gillett N.P., Weaver A.J., Zwiers F.W., Flannigan M.D. Detecting the effect of climate change on Canadian forest fires // *Geophysical Research Letters*. 2004. V.31. №18. P.L18211. Doi:10.1029/2004gl020876.
16. Romps D.M., Seeley J.T., Vollaro D., Molinari J. Projected increase in lightning strikes in the United States due to global warming // *Science*. 2014. V.346. №6211. P.851–854. Doi:10.1126/science.1259100.
17. Explaining extreme events of 2015 from a climate perspective / Eds Herring S.C., Hoell A., Hoerling M.P. et al. // *Bulletin of the American Meteorological Society*. 2016. V.97. №12. P.S1–S145.
18. Kaufmann R.K., Mann M.L., Gopal S. et al. Spatial heterogeneity of climate change as an experiential basis for skepticism // *Proceedings of National Academy of Science*. 2017. V.114. №1. P.67–71. Doi:10.1073/pnas.1607032113.

Оледенения Земли

Н.М.Чумаков

Геологический институт РАН (Москва, Россия)

На протяжении последних трех млрд лет геологической истории Земли происходило чередование длительных интервалов с частыми оледенениями (гляциоэр) и интервалов, в которых следы оледенений отсутствуют (термоэр). Гляциоэры состояли из чередования ледниковых периодов, а ледниковые периоды в свою очередь распадались на ряд ледниковых и межледниковых эпох и более мелких ледниковых событий. Сейчас установлено пять гляциоэр и четыре разделяющих их термоэры. В последней, еще незавершившейся, антарктической гляциоэре живем мы. Причиной крупных климатических колебаний на нашей планете (в том числе гляциоэр) были, по-видимому, геодинамические перемещения литосферных плит и чередование мантийного и эксплозивного типов вулканизма. Увеличение числа оледенений на протяжении рассмотренного интервала геологической истории невозможно объяснить только слабой изученностью древних отложений. Вероятно, увеличение частоты оледенений связано с изменением характера геодинамики и вулканизма на Земле. Многоступенчатая иерархия ледниковых событий разного ранга создавала во время гляциоэр непрерывный ряд биосферных кризисов разного масштаба, которые вызывали миграции, перестройки экологических ниш, вымирания, сильные стрессы в биоте и гипермутации. В конечном счете, после отбора устойчивых мутантов появлялись новации в биоте, которые в свою очередь вызывали биосферные кризисы.

Ключевые слова: оледенения, гляциоэра, термоэра, биосфера, биота, экологические кризисы, тиллиты.

Glaciations of the Earth

N.M.Chumakov

Geological Institute, RAS (Moscow, Russia)

Over the past 3 billion years of Earth's geological history there have been the alternations of long intervals with frequent glaciations (glacioeras) and the intervals in which glaciations were absent (thermoeras). Glacioeras consisted of the alternation of glacial periods; and the glacial periods, in turn, divided into a number of glacial and interglacial epochs and smaller glacial events. Now it is considered that there were five glacioeras with four separating thermoeras. In the last, still continuing one, Antarctic glacioera, we are living now. A major cause of climate fluctuations on the planet (including glacioeras) was, apparently, geodynamic movements of tectonic plates and the alternation of mantle and explosive types of volcanoes. The increase of the number of glaciations during the considered interval of geologic history cannot be explained only by the weak study of ancient sediments. Probably, the increase in the frequency of ice ages is due to the changing of geodynamics and volcanism nature on Earth. Multi-stage hierarchy of glacial events of different ranks created continuous series of biosphere crises of different scale during glacioeras. These crises have caused migrations, the restructuring of ecological niches, extinctions, strong stresses in biota, and hypermutations. Finally, after resistant mutants' selection innovations in biota appeared; this in turn caused the biospheric crises.

Key words: glaciations, glacioera, thermoera, biosphera, biota, ecological crises, tillits.

Жителям Европы и Северной Америки трудно себе представить, что всего 200–14 тыс. лет назад (с геологической точки — зрения совсем недавно) мощные ледниковые щиты, подобные антарктическим, неоднократно покрывали огромные территории. Отдельные лопасти ледниковых покровов спускались в Восточной Европе до 49° с.ш., а в Северной Америке — до 38° с.ш. На месте Москвы или Чикаго располагались ледники толщиной до 1–3 км. Неудивительно, что

в середине XIX в. открытие следов этих оледенений, относившихся к позднечетвертичной эпохе и ко времени появления современного человека, стало большой научной сенсацией. Некоторые исследователи посчитали, что эти оледенения были первыми эпизодами процесса общего заморозания Земли, декларируемого теорией Канта—Лапласа. Другие — сомневались, что валунные суглинки, считавшиеся ледниковыми, действительно отложены ледниками. Однако детальное изучение этих отложений и сравнение их с отложениями современных ледников подтвердили ледниковый генезис валунных суглинков (морен), покрывавших северные части Европы и Северной Америки. Был выявлен комплекс диагностических критериев, которые позволяют отличать ископаемые морены (тиллиты) от внешне сходных неледниковых отложений. Важнейшие признаки тиллитов — принесенные издалека (эвратические) валуны, граненные и штрихованные ледниками; штрихованные или смятые в сложные складки породы ложа ледников (гляциодислокации); морозобойные клинья и полигональные грунты; вытаявшие из айсбергов камни (дропстоуны), фрагменты морен и др.

Во второй половине XIX в. и в начале XX в. были обнаружены следы существенно более древних оледенений: позднепалеозойских (ныне датированных в интервале 300–250 млн лет назад) и затем докембрийских (750–550 и 2400–2200 млн лет назад). Эти открытия опровергли теорию Канта—Лапласа о постепенном остывании (вплоть до четвертичного оледенения) первоначально горячей Земли. В 20-м и начале 21-го столетия были выявлены и изучены оледенения в нижнем палеозое (около 450 млн лет назад) и самые древние — в позднем архее (около 2900 млн лет назад). Причины, характер и последствия оледенений стали популярным предметом научных дискуссий и прогнозов.

Большой интерес к оледенениям в науках о Земле не случаен. Климат — важный фактор в эволю-



Николай Михайлович Чумаков, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Геологического института РАН. Область научных интересов — палеоклиматы, ледниковые отложения, стратиграфия позднего докембрия, региональная геология Средней Сибири.

ции внешних оболочек нашей планеты, особенно биосферы*. Он определяет ее термодинамическое состояние, регулируя внутренних, а частично и внешний тепло- и массообмен. Оледенения — одни из самых экстремальных климатических событий. С ними связаны многие катастрофические изменения на Земле, которые вызывали драматически быстрые количественные и качественные перестройки в биосфере и биоте планеты.

История оледенений

Проведенные во второй половине XX в. и начале XXI в. интенсивные геологические исследования на всех континентах, а также достижения радиоизотопных, палеонтологических и хеостратиграфических методов определения возраста горных пород позволили существенно детализировать историю и ареалы распространения древних оледенений на Земле [1]. На протяжении последних 3 млрд геологической истории происходило чередование длительных интервалов с частыми оледенениями (гляциоэр) и интервалов, в которых их следы отсутствуют (термоэр) [2, 3]. Гляциоэры состоят из чередующихся ледниковых периодов (гляциопериодов), а ледниковые периоды, в свою очередь, — из ледниковых и межледниковых эпох (рис. 1). Некоторые исследователи именуют гляциоэры ледниковыми (icehouses), а термоэры — парниковыми (greenhouses) циклами**, или холодными и теплыми климатическими модами [4].

* Вслед за В.И.Вернадским в русской литературе под биосферой понимают всю область обитания жизни на Земле, а именно: топосферу, биоту, гидросферу и верхнюю часть литосферы. За рубежом (а иногда и в нашей литературе) биосферу именуют биогеосистемой, а биосферой называют биоту.

** Термины ледниковые и парниковые циклы предложены Г.Фишером (1981). В действительности это не климатические понятия, а тектонические: они соответствуют циклам Вильсона. Поэтому безледниковый триас на схеме Фишера попал в ледниковый цикл, а раннепалеозойский ледниковый период — в парниковый.

На сегодняшний день в обзоримой геологической истории установлено пять гляциоэров и четыре разделяющих их термоэры.

Каапвальская гляциоэра (около 2950–900 млн лет назад)*. Ее следы обнаружены в верхнем архее Южной Африки, на кратоне Каапваал. Они фиксируются в подгруппе Гавермент в прогибе Витватерсранд и в группе Мозаан в прогибе Понгола. В подгруппе Гавермент в формации Корнейшен описываются два горизонта тиллитов мощностью около 30 м, разделенных толщей песчаников и сланцев мощностью около 180 м. Тиллиты содержат рассеянные граненные и штрихованные камни. Их возраст лежит в пределах 2914–2970 млн лет. Восточнее, в верхней части группы Мозаан, в формации Одвалени наблюдаются четыре пласта тиллитов мощностью от 20 до 80 м. Они содержат камни различного размера, окатанности и состава. Некоторые из них несут характерные следы ледниковой абразии, а друпстоуны, рассеянные в сланцах, окружены сингенетичными деформациями типа структур всплеска.

Позднеархейская термоэра (2900–2400 млн лет назад). В этом интервале геологической истории до сих пор не обнаружено ледниковых отложений, что позволяет условно рассматривать его как термоэру.

Гуронская гляциоэра (2400–2200 млн лет назад). Следы оледенений этого времени известны на юге Канады, на северном побережье оз.Гурон. Там, в средней части Гуронской надгруппы установлены три ледниковых формации (снизу вверх): Рамзай Лейк, Брюс и Гауганда. Они разделены мощными неледниковыми отложениями. Гуронский ледниковый комплекс моложе 2450 млн лет и древнее 2220 млн лет. В штате Вайоминг, в 2000 км юго-западнее оз.Гурон, ледниковые отложения, близкие к гуронским, известны в надгруппе Сноу Пасс. Вероятно, аналоги гуронских тиллитов присутствуют также и в рай-

оне Шибугамо, к северо-востоку от оз.Гурон и к западу от Гудзонова залива. Широкое распространение в Северной Америке ледниковых отложений возрастом 2200–2450 млн лет свидетельствует о том, что в начале раннего протерозоя значительная часть древнего архейского ядра этого континента неоднократно подвергалась покровным оледенениям.

В Европе отложения, сходные с ледниковыми, известны в верхней части сариолийской серии, которая залегает на архейском Карело-Финском массиве Балтийского щита. Их возраст оценивается в 2300–2430 млн лет.

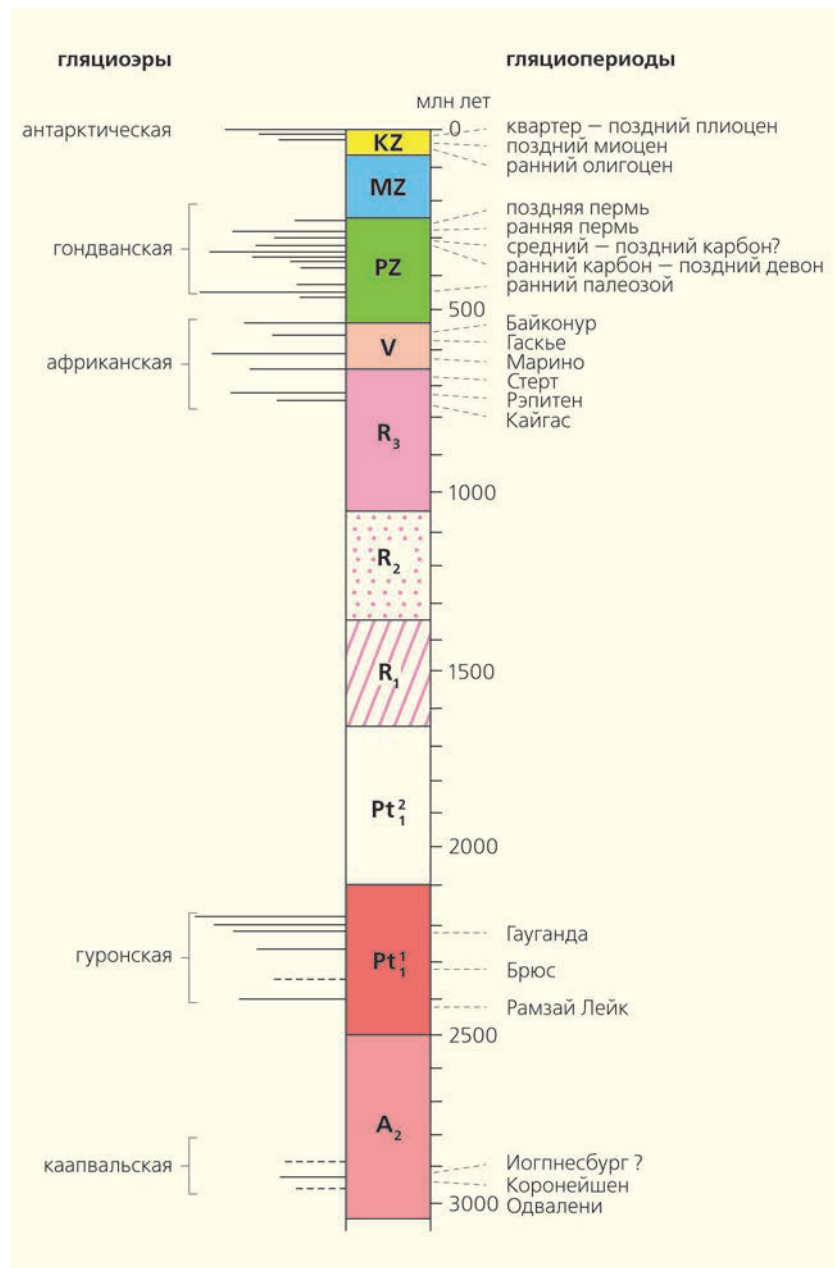


Рис.1. Гляциоэры и гляциопериоды Земли в интервале поздний архей — наше время.

* Здесь и далее приводимые датировки получены радиоизотопными методами. Авторы датировок и источники геологических данных указаны в монографии автора этой статьи [1].

В Африке, в прогибе Грикваленд, описывается ледниковая формация Макганйене (ранее именованная Тиллитами Грикватаун) возрастом моложе 2415 млн лет и древнее 2220 млн лет. Она сложена грубослоистыми тиллитами мощностью до 500 м, которые содержат эрратические и обработанные ледником камни. В основании тиллитов наблюдается ледниковое ложе. Аналоги формации Макганйене имеются и в прогибе Трансвааль.

В Западной Австралии распространены ледниковые отложения Метеорайт Боре. Их возраст лежит в интервале 2200–2450 млн лет.

Таким образом, в период между 2400 и 2200 млн лет назад на четырех современных континентах Земли неоднократно происходили крупные оледенения, нередко носившие покровный характер. Об этом свидетельствует не только широкое распространение ледниковых пород, но и присутствие марино-гляциальных (айсберговых) отложений. Корреляция раннепротерозойских ледниковых горизонтов между собой затруднительна, и установить точное количество оледенений в раннем протерозое и их ранг пока сложно. Предполагается, что в гуронской гляциоэре существовало по меньшей мере три ледниковых периода, и в каждом из них есть следы нескольких подчиненных дискретных событий, которые можно квалифицировать как ледниковые эпохи.

Великая ледниковая пауза. Вслед за гуронской гляциоэрой началась длительная термоэра. Она продолжалась почти 1450 млн лет (2200–750 млн лет назад). Существенное потепление на Земле наступило сразу после завершения гуронской гляциоэры. Даже в тех районах, где фиксировались следы оледенений, климат быстро сменился теплым и аридным. В ряде регионов стали накапливаться карбонатные, часто красноцветные и строматолитовые отложения с многочисленными включениями псевдоморфоз по гипсу, ангидриту и каменной соли. В Австралии, России (Карелии) и США подобные породы обнаружены в отложениях возрастом 2100–2250 млн лет. В Карелии появляются характерные для жаркого климата красноцветные карбонатные породы и корки типа каличе, калькретов и силькретов, а также пустоты от выщелачивания кристаллов гипса. Выше, в свите Туломозеро возрастом около 2100 млн, скважиной вскрыта толща каменной соли мощностью 194 м. Она перекрывается трехсотметровой пачкой ангидритов и магнезитов. Многочисленные следы аридной седиментации фиксируются и в более молодых отложениях протерозоя, вплоть до середины верхнего рифея (около 770 млн лет).

Публикации о следах оледенений во время Великой ледниковой паузы редки и вызывают сомнения, так как не содержат типичных, а тем более прямых признаков ледниковых пород и имеют сугубо локальное распространение.

Африканская гляциоэра (750–540 млн лет назад). Ее отложения сохранились во многих реги-

онах Земли, но особенно полно представлены в Африке. Они изучены довольно подробно, что позволяет выделить в ее составе шесть гляциопериодов.

Гляциопериод Кайгас. Первое оледенение африканской гляциоэры — Кайгас — произошло около 754 млн лет назад в Южной Африке. Несколько позже, 746 млн лет назад, наступило оледенение Чуос. Эти два близких по возрасту и местоположению ледниковых эпизода следует, по-видимому, включить в один ледниковый период, оставив за ним традиционное название Кайгас. Его породы представлены марино-гляциальными и ледниковыми речными (флювиогляциальными) отложениями, в которых местами встречаются железорудные горизонты. Предполагалось, что оледенение Кайгас носило региональный характер. Однако сейчас следы приблизительно одновозрастного оледенения установлены и в Центральной Африке (Большой конгломерат Катанги возрастом 735–765 млн лет). Значительный ареал распространения и присутствие марино-гляциальных отложений говорит о том, что ледники данного периода не были локальными, а выдвигались широким фронтом на континентальный шельф.

В Бразилии карбонатные отложения в основании серии Бамбуи датированы 740 млн лет, и подстилающие их ледниковые отложения формации Макаубас также можно отнести к гляциопериоду Кайгас.

Гляциопериод Рэпитен состоит из отложений групп Рэпитен в горах Макензи (Канада) и Гхубрах (Оман), нижнего тиллита свиты Покателло (США, штат Айдахо) и, возможно, также свиты Чученг-Чанган (Южный Китай), сформировавшихся 723–710 млн лет назад. С отложениями этого гляциопериода в Канаде и некоторых других регионах связаны крупные залежи железных руд.

Гляциопериод Стерт представлен подсерией Юднамонта в Южной Австралии. В ней различают как минимум два ледниковых эпизода. Первый связан с Тиллитом Пуалко, отделенным от второго ледникового эпизода Вилиерпа несогласием и толщей терригенных, иногда железорудных пород и пачкой доломитов. В Австралии стертовские отложения непосредственно перекрываются доломитами и черными сланцами возрастом 660 млн лет. От стертовских оледенений сохранились марино-гляциальные отложения, которые свидетельствуют об их покровном характере. Не исключено, что часть недостаточно изученных пород баллагнахской серии Патомского нагорья, похожих на ледниковые отложения, тоже относятся к данному гляциопериоду. В Киргизии с ним связаны очень крупные залежи железных руд.

Гляциопериод Марино включает группу оледенений, произошедших около 640–630 млн лет назад (в начале вендской системы). В типовом разрезе Южной Австралии он представлен подсерией Иерелина, строение которой свидетельствует о трехкратной смене ледниковых и межледнико-

вых обстановок в открытом бассейне. Начинаясь и заканчиваясь гляциоопериод Марино постепенно — ледовым разномом, о чем свидетельствуют сланцы, содержащие рассеянные гальки. Предположение, что оледенение Марино началось почти внезапно (около 650 млн лет назад), было непрерывным и внезапно закончилось (635 млн лет назад), лишено оснований. Данный вывод исходит из гипотетических представлений о непрерывных тотальных оледенениях Земли, охватывавших все континенты и океаны (гипотеза snowball Earth). Эта гипотеза противоречит характеру типовых разрезов Марино, Стерт, Рэпитен и других сопоставимых с ними отложений, а также свидетельствам о сохранении цикла общего водообмена на Земле в то время.

Ледниковые отложения гляциоопериода Марино известны во многих регионах Земли: на Патомском нагорье (рис.2) и Алданском щите (рис.3) Средней Сибири, в Киргизии, Китае, Омане, горах Макензи в Канаде, в Северной Африке и Южной Америке. В их разрезах выделяются несколько эпизодов, которые могут рассматриваться как гляциоэпохи.

Гляциоопериод Гаскье. Его ледниковые отложения возрастом 584–582 млн лет установлены на п-ове Ньюфаундленд. В Северной Америке их вероятные аналоги — отложения формации Сквантум и Факир.

На Среднем Урале для ледниковых образований, которые коррелируют с отложениями Гаскье, определен возрастной интервал 567–598 млн лет. Некоторые другие ледниковые толщи относят к данному гляциоопериоду на основании далеких стратиграфических корреляций (формация Мортенсенс на севере Норвегии и др.) или совсем бездоказательно, только по их стратиграфическому положению в разрезах, расположенных выше отложений Марино (например, формации Халканчоуг и Лочуань в Китае и Сера Азул в Бразилии). В действительности, как будет показано далее, многие из них принадлежат более молодому байконурскому гляциогоризонту.

Гляциоопериод Байконур. Это оледенение произошло непосредственно перед немакит-далдынским веком, завершающим вендский период позднего докембрия (547–542 млн лет назад). Его отложения включают байконурскую свиту Средней Азии, базальную часть забитской свиты Восточного Саяна, формации Ханкалчоуг хребта Куругтаг, Хонгтийеоу Цайдама, Женгмугуан гор Хелан-Шан, Лочуань и ее аналоги в Китае. К гляциоопериоду



Рис.2. Известный геохимик Б.Г.Покровский у обнажения тиллитов большепатомской свиты (р.Ура, Патомское нагорье).

Фото В.А.Мележика

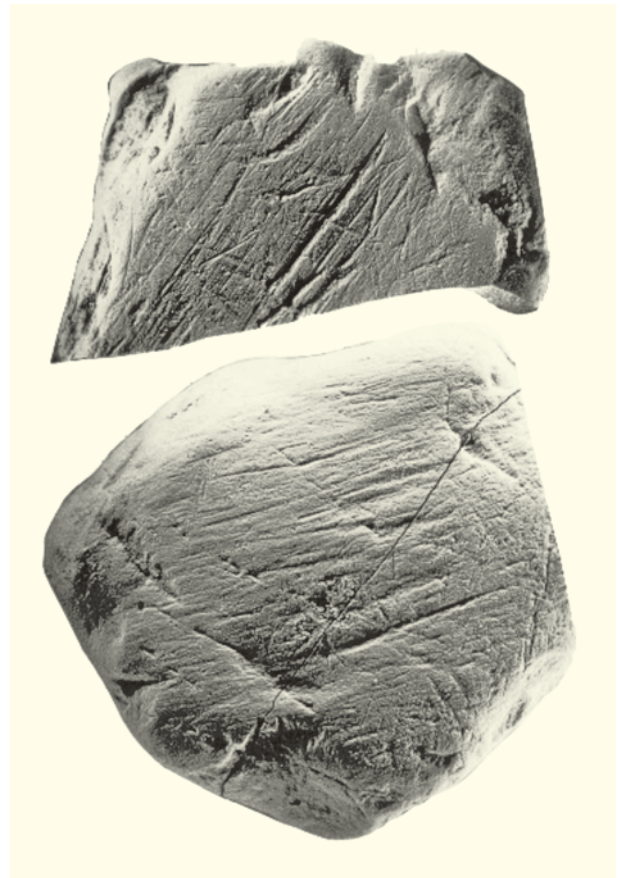


Рис.3. Штрихованные ледниковые валуны диабаза (вверху) и песчаника из ничатской свиты (оз.Ничатка, р.Чара).

Байконур можно отнести и тиллиты докембрийских массивов Центральной Европы (моложе 570 и древнее 540 млн лет), триаду серии Пурпур де Ах-нет Ахаггара (535–560 млн лет), подсвиту Вингербрик (545–595 млн лет) и нижнюю часть свиты Номтсас группы Нама Намибии (539–543 млн лет).

Главный ледниковый эпизод этого гляциопериода произошел вблизи нижней границы немакит-далдынского века, около 542 млн лет назад. Его значение подчеркивается стратиграфическим перерывом и большим отрицательным экскурсом $\delta^{13}\text{C}$ в основании отложений немакит-далдынского яруса. Собственно байконурскому эпизоду и, вероятно, близкому по возрасту оледенению Номтсас в Намибии предшествовал ледниковый эпизод Вингербрик (545 млн лет назад), а также недавно описанный эпизод Хонгтисгоу в Цайдаме. Фоссилии, найденные ниже и выше свиты Хонгтисгоу, говорят о близости ее возраста средней части венда.

Раннепалеозойская термоэра (540–440 млн лет назад). На протяжении кембрия и большей части ордовика следов оледенений не обнаружено. Данный временной интервал, несмотря на то, что большие массивы гондванской* суши находились в высоких южных широтах, характеризовался многочисленными признаками теплого и аридного климата. В то время были широко распространены карбонатные отложения (в том числе рифы) и солеродные бассейны. Нередко встречались красочные карбонатные породы и каолиновые глины. Тогда (за исключением кембрия) фаунистическое разнообразие морской биоты быстро росло, особенно в среднем ордовике и начале позднего. Это время нередко именуется Великим ордовикским событием биодиверсификации. Таким образом, отрезок геологической истории от начала кембрия и до начала позднего ордовика считается термоэрой, которая продолжалась около 100 млн лет.

Гондванская гляциоэра (440–260 млн лет назад). Данные оледенения в основном связаны с Гондванским мегаконтинентом. Здесь выделяются пять гляциопериодов.

Раннепалеозойский гляциопериод. Первые сравнительно небольшие оледенения в раннем палеозое произошли, очевидно, в начале или середине катийского века (карадоке), а последние достоверно установленные следы оледенений этого гляциопериода относятся к позднелландоверийскому—ранневенлокскому времени. Таким образом, раннепалеозойский ледниковый период продолжался около 20 млн лет. Он разделяется на три гляциоэпохи: начальную — катийскую, главную — хирнантскую и заключительную — лландоверийско—венлокскую.

Катийская гляциоэпоха. Данные о том, что ордовикские оледенения начались еще в карадоке,

появлялись неоднократно. На востоке Северной Америки (в Новой Шотландии), вблизи кровли свиты Галифакс известна пачка метатиллитов с эрратическими, гранеными, штрихованными и айсберговыми камнями. Вышележащая свита Уайт-Рок содержит некоторое количество карадокской или, возможно, несколько более молодой фауны. Более уверенно возраст устанавливается для марино-гляциальных отложений Гандер-Бей северо-восточной части Ньюфаундленда, которые непосредственно перекрываются карадокскими граптолитовыми сланцами. На юге Африки, в группе Столовой Горы известны два ледниковых горизонта в свите Пакхуис, природа которых подтверждается наличием штрихованных и граненых камней, ледникового ложа, гляциодислокаций, морозобойных клиньев и полигональных грунтов. Возраст их, скорее всего, — катийский. Фауна, характерная для более позднего хирнантия, найдена в отложениях, покрывающих тиллиты. В породах, подстилающих свиту Пакхуис, обнаружен более древний тиллит Хангклин. Его возраст по редкой фауне и косвенно, по скорости осадконакопления, оценен как карадокский. Некоторые исследователи полагают, что в катийском ярусе произошло не менее трех оледенений [5].

Хирнантская гляциоэпоха. В эту эпоху раннепалеозойское оледенение достигло максимальных размеров (рис.4). Его природа и возраст особенно хорошо устанавливаются в Северной Африке и Аравии — классических областях его развития. Здесь в наиболее полных разрезах хирнантия фиксируется как минимум пять ледниковых эпизодов, суммарная длительность которых оценивается в 1.4 ± 1.4 млн лет. Согласно некоторым оценкам, сделанным по гляциоэвстатическим колебаниям (колебания уровня мирового океана, вызванные образованием и таянием ледников), хирнантский покров охватывал всю Африку, Аравию, Турцию, а также большую область центральной части Южной Америки. В предгорьях Анд нижнепалеозойские ледниковые отложения протягиваются почти непрерывным поясом от Эквадора до Аргентины. Непосредственно над тиллитами обнаружена фауна верхней зоны хирнантия.

Лландоверийско—венлокская гляциоэпоха. Нижнепалеозойские ледниковые отложения известны в Амазонской впадине, в средней части они содержат фауну раннего лландовери (в том числе, граптолиты). Верхнюю часть данного разреза поэтому следует относить к нижнему силуру, начиная с лландовери. В юго-западной части Боливии и на большой территории прилегающих районов Перу и Аргентины распространена марино-гляциальная свита Канканири (Тиллиты Запла). Она сложена массивными, слоистыми или градиционнослоистыми тиллитами, которые содержат эрратические и штрихованные камни и валуны поперечником до 150 см. В них обнаружены средне- и позднелландоверийские и ранневенлокские ископаемые.

* Мегаконтинент Гондвана с конца докембрия до начала мезозоя объединял Африку, Южную Америку, Индию, Австралию и Антарктиду.

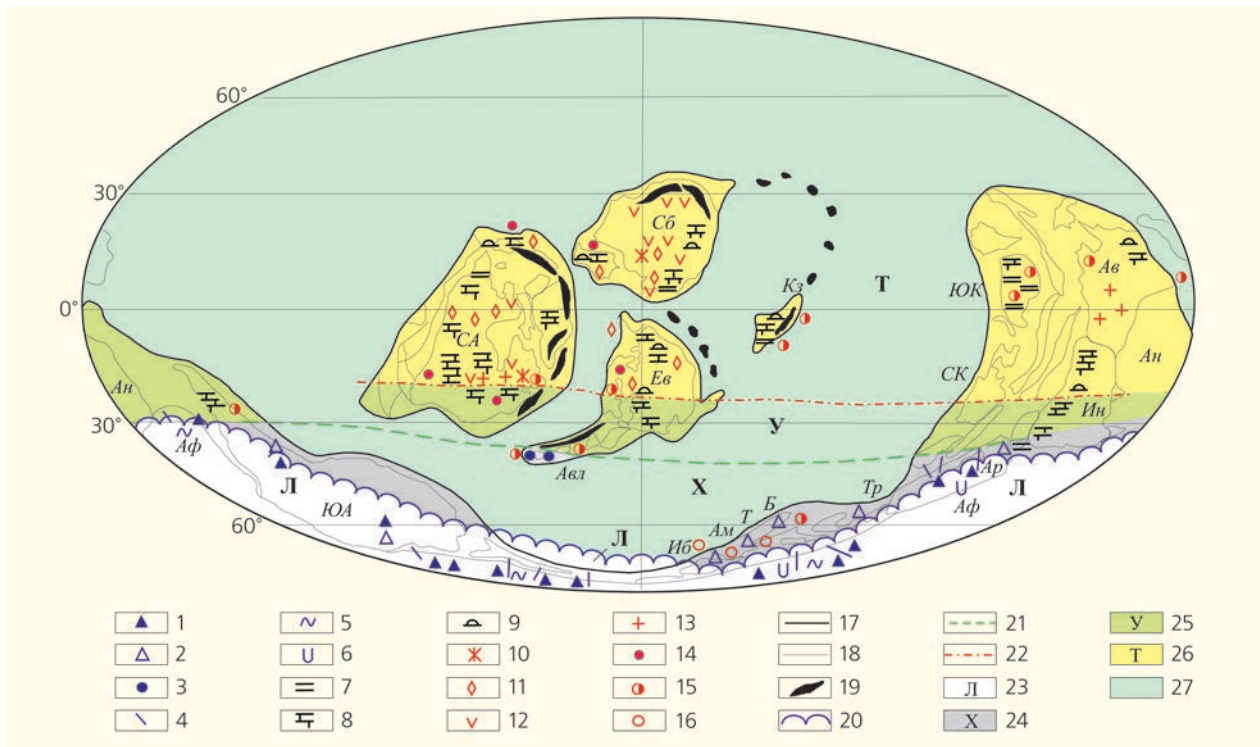


Рис.4. Палеоклиматическая зональность хирнантского века. 1–3 —отложения: 1 — ледниковые, 2 — ледниковые и мариногляциальные, 3 — морские, мариногляциальные и ледовые; 4 — направления движения ледников; 5 — гляциодислокации; 6 — ископаемые ледниковые долины (троги); 7 — черные сланцы; 8 — карбонатные платформы; 9 — рифы; 10 — красноцветные карбонатные породы; 11 — доломиты; 12 — гипсы и ангидриты; 13 — соли; 14–16 — фауна: 14 — тепловодная брахиоподовая, 15 — холодноводная хирнантиевая, 16 — обедненная хирнантиевая; 17 — контуры континентов и микроконтинентов: СА — Лаврентия (Северная Америка), Сб — Сибирь, Ев — Восточная Европа (Балтия), Кз — Казахстан, Авл — Авалония, Гондвана (Ан — Антарктида, Аф — Африка, ЮА — Южная Америка, Иб — Иберия, Ам — Армория, Т — Тюрингия; Б — Богемия, Тр — Турция, Ар — Аравия, СК — Северный Китай, ЮК — Южный Китай, Ин — Индия, Ав — Австралия); 18 — современные контуры континентов и микроконтинентов; 19 — молодые горные сооружения; 20–22 — границы климатических поясов: 20 — ледникового и холодного, 21 — холодного и умеренного, 22 — умеренного и теплового; 23–26 — климатические пояса: 23 — ледниковый (Л), 24 — холодный (Х), 25 — умеренный (У), 26 — теплый (Т); 27 — океаны.

Позднедевонский—раннекарбонный гляциопериод начался в конце фамена. На севере Бразилии в фаменском ярусе и нижнем карбоне сохранились следы трех ледниковых эпизодов. Следы верхнефаменского оледенения найдены и в США, на северо-востоке Аппалачского пояса.

Большинство исследователей склоняется к тому, что позднедевонские—раннекарбонные оледенения имели в основном предгорный характер. Однако тот факт, что в отложениях присутствуют бассейновые и флювиогляциальные фации, указывает на распространение ледников в равнины, а иногда и на побережья крупных бассейнов, что возможно лишь при весьма значительном оледенении. Об этом говорят и ледниковые отложения позднедевонского—раннекарбонного возраста на севере Бразилии, которые накапливались в обширных платформенных бассейнах средних широт.

Среднекарбонный гляциопериод. Его отложения распространены значительно шире и установлены в западной, восточной и северной час-

тях Гондваны. Судя по хорошо изученным разрезам восточной части Австралии [6], которые датированы радиоизотопными и биостратиграфическими методами, среднекарбонный ледниковый период начался в середине серпуховского века и закончился в конце московского. Здесь устанавливается четыре эпизода. Продолжительность каждого из них составляет от 1 до 5 млн лет. Эпизоды разделены интервалами длительностью приблизительно 2–3 млн лет, в которых отсутствуют следы оледенений. Все эти эпизоды можно квалифицировать как ледниковые и межледниковые эпохи.

Раннепермский гляциопериод — максимальный в гондванской гляциоэре. Он начался, видимо, в конце гжельского века, а закончился в начале артинского. В нем выделяются два ледниковых эпизода. За пределами Австралии отложения раннепермского ледникового периода распространены на огромной территории — от западной до восточной части Гондваны (рис.5).

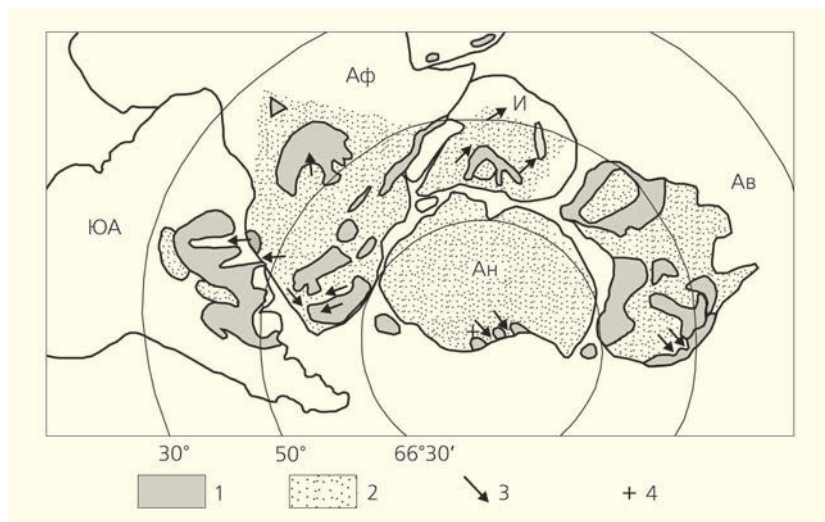


Рис. 5. Раннепермское оледенение Гондваны [6]. 1 — прогибы, содержащие ледниковые и перигляциальные отложения, 2 — реконструированные ледниковые покровы, 3 — направления движения ледников, 4 — пермский полюс. Континенты: ЮА — Южная Америка, Аф — Африка, И — Индия, Ан — Антарктида, Ав — Австралия.

Позднепермский гляцио период завершил гондванскую гляциоэру. Его отложения имеют ограниченное распространение. В восточных областях Австралии он включает два ледниковых эпизода. Первый, охватывавший конец кунгурского века и часть казанского, представлен дистальными айсберговыми ледниковыми фациями. Второй, охватывавший верхнюю часть яруса Уордиан и ярус Кэпитаниан (средняя часть татарского яруса), также сложен айсберговыми отложениями. Позднепермское оледенение проявилось и на северо-востоке Азии. В Верхоянской складчатой зоне широко распространены верхнепермские тиллоиды (тиллитоидоподобные несортированные и неслоистые грубообломочные породы). В ряде разрезов они содержат признаки ледникового происхождения: друпстоуны, тилловые пелеты, граненые и штрихованные камни.

Мезозойско-палеогеновая термоэра (250–35 млн лет назад). Длительные климатические пертурбации гондванской гляциоэры сменились теплым мезозойским климатом.

Глобальные климатические реконструкции, основанные на комплексе индикаторов, показали, что все высокие и средние широты обоих полушарий Земли в мезозое находились в умеренных и теплых влажных климатических зонах [7]. Иногда в высоких широтах возникали сезонные льды, о чем свидетельствуют редкие находки друпстоунов. Но, поскольку и территориальное, и стратиграфическое распространение льдов было незначительным, можно полагать, что среднегодовые температуры в высоких широтах были существенно выше, чем ныне. В низких широтах преобладал аридный климат, а влажные экваториальные зоны

появились лишь во второй половине мела.

В течение мезозоя иногда происходили довольно значительные перестройки климатической зональности, однако все эти изменения ограничивались областью положительных температур. Прямых свидетельств мезозойских оледенений не найдено, за исключением одного случая в Южной Австралии, где в единственном обнажении берриас–валанжинских пород встретился Тиллит Ливингстон мощностью до 2 м [8]. Судя по ограниченному распространению, это сугубо локальное образование. К «возможным тиллитам» иногда причисляли конгломераты, брекчи и несортированные галечные сланцы, а к ледниковым условиям относили сезонное замерзание водоемов и рек [9].

Несмотря на отсутствие прямых доказательств существования мезозойских оледенений, в последние годы возникла гипотеза cold snabs. Она предполагает неоднократное повторение в мезозое очень коротких ледниковых эпизодов, которые проявлялись только в высоких широтах и приводили к небольшим полярным оледенениям, составлявшим около одной трети современных полярных шапок [9].

Эта гипотеза целиком основана на косвенных признаках. Во-первых, на быстрых колебаниях уровня моря «второго и третьего порядков», которым приписывается гляциоэвстатическая природа, если они сопровождались повышением $\delta^{18}\text{O}$ в осадках. Однако понижение уровня моря любого происхождения из-за увеличения альбедо планеты приводит к некоторым похолоданиям и повышению $\delta^{18}\text{O}$ в осадках.

Во-вторых, подтверждением данной гипотезы считается присутствие в некоторых отложениях средней юры и мела друпстоунов. В мезозое они распространены главным образом в высоких палеоширотах и имеют различное происхождение. Чаще всего встречаются и упоминаются камни, разнесенные сезонными льдами. Сейчас они регулярно формируются в морях, озерах и реках умеренного климатического пояса, вплоть до 45° с.ш. Эти широты характеризуется положительными среднегодовыми температурами. Никаких оледенений (за исключением горных) там нет. Кроме того, друпстоуны могут иметь биогенное происхождение и не должны служить доказательством оледенений.

Третий аргумент в пользу гипотезы cold snabs — широкое распространение в мезозойских отложениях глендонитов — беломорской рогульки

(CaCO₃·6H₂O). Однако ныне эти образования постоянно встречаются в холодных бассейнах высоких и средних широт. Их присутствие указывает на умеренно-холодный климат, а не на оледенения.

Кроме упоминавшегося обнажения тиллитов в Австралии, ни на одном из континентов Земли, ни на островах Арктики следов мезозойских ледниковых отложений не найдено. Нередко предполагается, что центры оледенений скрыты под современным антарктическим ледниковым покровом. Но такие выводы не подтверждаются детальными исследованиями ископаемой растительности на побережье Антарктиды. Например, изучение позднеальбского леса вблизи основания Антарктического п-ова показало, что лес там был средней густоты, состоял преимущественно из круглогодично зеленых широколиственных хвойных деревьев и имел сходство с современными влажными умеренными лесами юга Новой Зеландии [10].

Мезозойские температуры глубинных вод в южных высоких широтах, полученные ($\delta^{18}\text{O}$ -методом) по бентосным фораминиферам, в юре и мелу колебались от 5 до 11°C, что позволяет сделать вывод об отсутствии в мезозое психросферы (слоя воды на дне океана с температурой около 4°C, толщиной несколько сотен метров). Напомним, что сейчас температура глубинных вод в высоких южных широтах составляет -1.5 – +0.5°C. Приведенные данные свидетельствуют о том, что Антарктида в мезозое не подвергалась оледенениям. Этот вывод согласуется и с результатами наиболее реалистических компьютерных моделей. Последние показывают, что, если какие-то мезозойские оледенения в Антарктиде и случались, то имели горный или весьма эфемерный характер.

Еще более спорно предполагать присутствие мезозойских ледниковых покровов в высоких широтах Северного полушария. Мезозойские отложения там широко распространены, хорошо изучены и не содержат никаких следов ледниковых отложений. Однако, исходя из гипотезы cold snabs, некоторые авторы, опираясь только на абстрактное геохимическое и климатическое моделирование, составили палеоклиматическую реконструкцию для средне—верхнеюрского пограничного интервала Северного полушария. Они реконструировали огромный ледниковый щит, лишь немного уступающий по размерам Антарктиде [11]. Его мощность превышала 5 км и протягивался он на 4000 км — от Чукотки до западного края Сибирской платформы. Предполагаемый щит должен был оставить следы своего существования во множестве крупных прогибов, выполненных континентальными и морскими юрскими отложениями (в том числе отложениями среднего и верхнего отделов юрской системы). Однако никаких следов юрских ледниковых отложений там до сих пор не обнаружено. В некоторых разрезах встречаются глендониты и редкие обломки — следы разноса сезонными льдами. Это не удивительно. Согласно

палеомагнитным данным, регион располагался в то время в высоких заполярных широтах. Реконструкция огромного ледникового щита на северо-востоке Азии опровергается и геологическими фактами. Результаты упомянутого моделирования совершенно абсурдны. Его авторы руководствовались исключительно абстрактными соображениями и расчетами, полностью игнорируя имеющиеся геологические данные. Такой подход — пример превращения ценного метода палеоклиматических реконструкций в компьютерные игры. К сожалению, он существенно дискредитирует методы моделирования палеоклимата вообще.

Антарктическая гляциоэра (35 млн лет назад — ныне), в которой мы живем, началась в поздне-мезозое. Ее история и, конечно, история текущего четвертичного периода интенсивно изучаются на протяжении последних десятилетий. Этой теме посвящена огромная литература [12, 13]. Здесь мы ограничимся только кратким перечислением главных событий антарктической гляциоэры.

В начале кайнозоя, в палеоцене и эоцене климат Земли (как и в мезозое) оставался безледниковым. Особенно теплым были конец палеоцена и начало эоцена. В этом интервале на Земле отмечалось несколько температурных максимумов. Среди них выделяются ранне- и среднеэоценовые оптимумы. Во второй половине эоцена началось похолодание, и появились первые следы ледового или ледникового разноса в Южном океане. Одновременно усилился сезонный ледовый разнос в Арктике. Видимо, в высокогорных районах Антарктиды в то время зарождались горные ледники, языки которых местами (например, в заливе Прюдос) достигали моря. Континентальный ледниковый покров, соизмеримый с современным, образовался в Восточной Антарктиде в самом начале олигоцена, около 34 млн лет назад [14]. Вскоре ледники достигли бровки шельфа. В самом конце олигоцена и начале миоцена произошло некоторое потепление, сопровождавшееся существенными колебаниями климата и объема ледникового щита. По данным моделирования, объем Восточно-Антарктического ледникового щита в то время иногда сокращался до 25% от его современного размера [15]. Скорее всего, тогда и возникли шельфовые ледники Роне и Росса. В позднем миоцене снова произошло сильное похолодание. Ледниковый щит вновь достиг континентальных размеров. Кратковременное потепление, сходное с современным, произошло в среднем плиоцене 3.3–3.15 млн лет назад. С ним, возможно, было связано почти полное исчезновение Западно-Антарктического щита.

Поздний плиоцен и четвертичный период характеризовались быстрым прогрессивным похолоданием. Одновременно началось континентальное оледенение в Северном полушарии. Ледниковые покровы 2.74–2.54 млн лет назад возникли на севе-

ре Евразии и на Аляске. Усилился сезонный ледовый разнос терригенного материала в Арктическом океане. Это похолодание привело к разрастанию ледникового покрова Антарктиды, который 20–11 тыс. лет назад достиг бровки шельфа и континентального склона материка. В ледниковые максимумы ледники Евразии и Северной Америки распространялись до средних широт.

В целом, в течение позднего кайнозоя можно наметить три главных ледниковых максимума: в олигоцене, в конце миоцена и в конце плиоцена—квартере. Может быть, их следует рассматривать как отдельные ледниковые гляциопериоды.

Все ледниковые события позднего кайнозоя и в Антарктиде, и в Северном полушарии осложнялись целым спектром более коротких квазипериодических климатических колебаний разной амплитуды и знака. Они иногда (очень условно) именуется ледниковыми и межледниковыми. Судя по периодичности, причиной ледниковых осцилляций стали колебания солнечной инсоляции. Последние обуславливались наложением колебаний разной продолжительности, связанных с вариациями эксцентриситета орбиты Земли, угла наклона земной оси и ее прецессии. В сумме эти вариации дали сложную картину с преобладающими по амплитуде группами циклов в интервалах 19–24 тыс. лет (прецессионные), 39–41 тыс. лет (обусловленные наклоном земной оси), 95–131 и 405 тыс. лет (орбитальные). Самые короткие из этих циклов (приблизительно соответствующие циклам Миланковича) определяли чередование в позднем плиоцене и плейстоцене ледниковья и межледниковья. В отложениях, пробуренных на ледниковом шельфе Росса, в последние 4 млн лет насчитывается 32 ледниковых—межледниковых цикла со средней продолжительностью 125 тыс. лет [16]. В Восточной Европе с начала плейстоцена до начала голоцена зафиксировано 15 ледниковых эпизодов [17].

В миоцене преобладали климатические колебания преимущественно прецессионной природы, с периодами 19–21 тыс. лет, а с началом оледенений в Северном полушарии стали доминировать колебания, длившиеся 41 и 125 тыс. лет, связанные с изменениями наклона оси и орбиты Земли.

Общий характер оледенений

Первое, что обращает на себя внимание при взгляде на рис.1, это отчетливое увеличение количества и плотности оледенений на протяжении последних 3 млрд лет. Этот факт трудно объяснить более слабой изученностью древних отложений. Во второй половине XX в., особенно, во времена холодной войны, в связи с погоней за стратегическим сырьем было проведено геологическое картирование почти всех участков нашей планеты (даже слабо развитых стран и труднодоступных регионов),

сложенных древними породами. Впоследствии в них были открыты многочисленные месторождения различных полезных ископаемых. При подобных исследованиях трудно было бы пропустить ледниковые отложения, которые обычно образуют крупные тела, служат стратиграфическими маркерами, имеют региональное распространение и к тому же привлекают внимание геологов своим неординарным видом и происхождением. Кроме того, увеличение частоты оледенений наблюдается и на протяжении детально изученного позднего докембрия и всего фанерозоя. Можно предположить, что такое увеличение со временем связано с ослаблением мантийного вулканизма и прогрессивным развитием биосферы [18].

Гляциозэры разного возраста имеют определенное сходство. Во-первых, те гляциозэры, которые, удастся датировать, близки между собой по длительности (гуронская — около 200 млн лет, африканская — 210 млн лет, гондванская — 190 млн лет). Во-вторых, они сходны по структуре. Все гляциозэры состоят из 3–6 дискретных ледниковых периодов продолжительностью от нескольких миллионов до нескольких десятков миллионов лет.

В обозримой истории Земли насчитывается не менее 20 ледниковых периодов. Все они, в свою очередь, состояли из дискретных ледниковых событий, которые можно квалифицировать как ледниковые эпохи. Детальное изучение изотопов кислорода в позднем кайнозое и частично палеозое показало, что гляциозэпохи осложнились существенными климатическими колебаниями с периодами от 400–500 тыс. до 20 тыс. лет.

Гляциозэры имели сходство не только по структуре, но и по своей общей динамике. Они, как правило, начинались с коротких региональных ледниковых периодов, которые, увеличиваясь в размерах и интенсивности, достигали во второй половине гляциозэры максимальных (обычно межконтинентальных) масштабов, распространяясь в средние, а порой, возможно, и в низкие широты. Затем оледенения быстро деградировали. Плейстоценовое оледенение было, очевидно, максимальным в позднекайнозойской гляциозэре. Можно предположить, что за голоценовым потеплением (если не вмешается человек) должно наступить новое небольшое оледенение.

Между докембрийскими и фанерозойскими оледенениями отмечаются не только черты сходства, но и определенные различия. Во-первых, отдельные докембрийские оледенения имели, видимо, более широкое распространение, чем самые обширные фанерозойские. Во-вторых, с докембрийскими и фанерозойскими оледенениями связаны противоположные по знаку аномалии $\delta^{15}\text{C}_{\text{карб}}$ (отрицательные в докембрии и положительные в фанерозое). Наконец, многие неопротерозойские оледенения сменялись отложением пачек характерных тонкослоистых доломитов. Перечисленные различия докембрийских и фанерозой-

ских оледенений весьма существенны для выяснения причин их наступления. Однако убедительного объяснения этим фактам до сих пор не найдено.

Возможные причины оледенений

Причины оледенений до сих пор служат предметом многочисленных конкурирующих и взаимоисключающих друг друга гипотез, которые касаются широкого спектра процессов — от межгалактических до микробиотических. Сейчас многие исследователи склоняются к мысли, что оледенения вызывались взаимодействием нескольких геодинамических, геохимических и биотических процессов. Позднеархейские и раннепротерозойские оледенения, видимо, связаны с появлением фототрофных организмов и с первичной оксигенизацией атмосферы. В неопротерозое и фанерозое ведущей причиной крупных климатических колебаний (в том числе и появления гляциоэра), были, скорее всего, геодинамические процессы и особый характер вулканизма. Судя по хорошо изученному последнему отрезку геологической истории, в пики мантийно-плюмового вулканизма повышалось содержание парниковых газов в атмосфере, что приводило к потеплениям. Усиленное поглощение CO_2 фототрофными организмами, с последующим захоронением его в виде угля, почв, карбонатных и богатых органикой илов, а кроме того, интенсивное поглощение CO_2 при выветривании силикатов, вынос его в океан и осаждение углерода в виде карбонатов также могло вызывать потепления. Одновременно происходило повышение содержания кислорода в атмосфере и окисление метана. Эти процессы, снижавшие содержание парниковых газов в атмосфере, вели к похолоданию. Если они совпадали с интенсивным опусканием земной коры в мантию в зонах субдукции и со связанным с ней известково-щелочным эксплозивным вулканизмом, то происходило дальнейшее охлаждение Земли в результате дополнительного изъятия углерода из биосферы и захоронения его в мантии. Засорение стратосферы продуктами эксплозивного вулканизма снижало прозрачность атмосферы [19]. В результате наложения этих процессов тепловой баланс биосферы понижался и происходили похолодания и оледенения. На эти главные климатические циклы, обусловленные геодина-

мическими процессами и характером вулканизма, накладывались упоминавшиеся выше астрономические циклы.

Роль оледенений в биосфере

Климат давно считался одним из двигателей эволюционных процессов. В частности отмечалось, что с термоэрами связан рост биоразнообразия и относительная таксономическая стабильность биоты, а с оледенениями, наоборот, — вымирание и последующее обновление биоты [20]. Однако механизмы такого обновления подробно не рассматривались. Современные данные по оледенениям позволяют сделать некоторые выводы по данной проблеме. Многоступенчатая иерархия ледниковых событий (гляциоэры → гляциопериоды → гляциоэпохи → более короткие осцилляции разной частоты) создавала непрерывный ряд биосферных кризисов. Климатические процессы, отличаясь высокой скоростью и разной частотой, вызывали перестройки разного масштаба во всех подсистемах биосферы (рис.6).

В тропосфере оледенения обуславливали понижение температуры, сокращение влагопереноса, перестройку и усиление систем циркуляции. Во время оледенений снижалась средняя температура Земли (не менее чем на 5°C^*).

* Напомним, что ожидаемое в несколько раз меньшее повышение средней температуры Земли рассматривается как серьезная катастрофа для человечества.

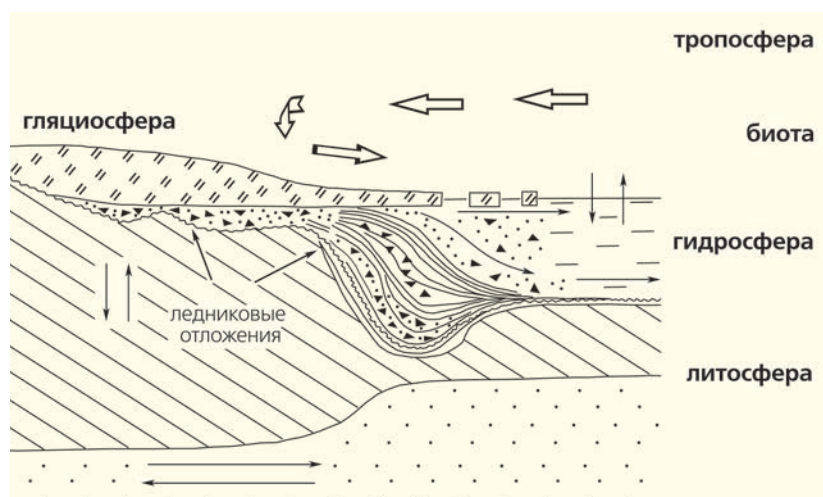


Рис.6. Экологические кризисы, вызываемые оледенениями и глобальными похолоданиями, в подсистемах биосферы: гляциосфере, тропосфере (перестройка и усиление циркуляции, сокращение влагопереноса и концентрации CO_2 и CH_4 , рост концентрации O_2), биоте (вымирания, стагнация, миграции, усиление изоляции, новации, новые экологические ниши, кризисы), гидросфере (образование психросферы, усиление вентиляции, гляциоэвстазия, увеличение резерва CO_2), литосфере (осушение шельфов, контрастная природная зональность, усиление эрозии, гляциоизостазия).

В гидросфере возникали шельфовые ледники и многолетние ледовые покровы, понижались температура и уровень океана. Это приводило к возникновению психросферы, температурному геохимическому и газовому расслоению водных масс и изменению системы циркуляции в океане. На континентах осушались шельфы и эпиконтинентальные бассейны за пределами зон оледенений, изменялся характер и происходило смещение климатических, биогеографических и почвенных поясов, понижался базис эрозии, усиливался твердый и ослаблялся растворимый сток с суши. В земной коре отмечались неоднократные гляциоэвстатические и изостатические опускания и поднятия.

Экологические и биотические кризисы, связанные со всеми этими перестройками, приводили к вымиранию и миграции организмов. Сохранялось некоторое количество устойчивых к новым условиям видов, а возникновение новых в кризисных условиях замедлялось. Происходила как бы стагнация биоты. В то же время освобождение значительной части старых и возникновение новых экологических ниш вело к диверсификации сохранившихся организмов. Непрерывные и сильные стрессы во время каскада экологических кризисов вызывали в организмах гипермутации [21] и, как следствие, образование новых форм. Отбор из них устойчивых организмов приводил к возникновению биоинноваций. Появление новых и диверсификация переживших кризисы форм, в свою очередь, порождали необратимые экологические и более общие биосферные перестройки. Они способствовали эволюционным процессам в биосфере в целом и в биоте в частности. Таким образом, между скоростью абиотических и биотических процессов возникала тесная связь.

С гуронской гляциоэры начались широкое распространение цианобактерий и первичная оксигенизация океана и атмосферы [22]. В течение раннего протерозоя и большей части рифея эволюционные процессы происходили главным образом на молекулярном и клеточном уровне. Завершились они в позднем рифее массовой эукариотизацией биоты [23], которая стала предпосылкой для бурных биосферных и биотических событий африканской гляциоэры.

Вследствие многократного повторения оледенений разного масштаба и связанных с ними экологических кризисов африканская гляциоэра характеризовалась целым рядом эволюционных импульсов, которые ускоряли биологическую эволюцию в целом. В то время в результате серии оледенений произошло формирование новой фанерозойской биоты и биосферы Земли. Редкие остатки аннелидоморф и панцирных амёб появились в разрезе верхнерифейских отложений после первых трех неопротерозойских оледенений. В отложениях, покрывающих вендские тиллиты Нантоу (стратиграфический аналог тиллитов Ма-

рино), найдены первые макроскопические водоросли, биомаркеры губок и, возможно, эмбрионы многоклеточных животных.

После оледенения Гаскье произошел расцвет вендских многоклеточных организмов: появились крупные акантоморфные акритархи, разнообразные многоклеточные водоросли (вендотениды, эохолиниевые и др.), животные эдиакарского типа, а затем билатерии и первые животные с карбонатным (клаудины) и агглютинированным (сабеллитиды) скелетом. Вслед за байконурским оледенением возникло множество разнообразных мелких скелетных организмов — мелкораконной фауны.

Таким образом, после каждого оледенения африканской гляциоэры отмечается возникновение новых групп организмов, расцвет некоторых ранее существовавших и смена доминантных. В результате этих процессов в конце африканской гляциоэры на Земле сформировалась биосфера фанерозойского типа. Кульминацией ускорения стало необычайно быстрое развитие многоклеточных бесскелетных и скелетных организмов в немакитдалдынском веке венда и в начале кембрия. Неслучайно момент резкого ускорения этих процессов, его экстремум, совпал с завершением последнего события африканской гляциоэры — байконурского гляциопериода [23]. Ускорение эволюции в течение африканской гляциоэры особенно заметно на фоне длительных эволюционных процессов, которые характеризовали Великую ледниковую паузу.

Гондванская гляциоэра сопровождалась массовым завоеванием организмами новых экологических пространств: пелагиали (граптолиты, эндоцератида, актиноцератоиды, рыбы, ящеры и др.), суши (разнообразные растения, леса, земноводные, пресмыкающиеся) и тропосферы (летающие насекомые). Позднеордовикское массовое вымирание не было внезапной и кратковременной катастрофой, как оно обычно представляется. Его подготовил ряд предшествующих оледенений и биотических событий. Непосредственным толчком к вымиранию послужило Великое хирнантское оледенение.

Главным биотическим событием антарктической гляциоэры стало формирование человечества. Быстрая дивергенция гоминид проходила параллельно с основными оледенениями. Первые представители подотряда человекоподобных появились в олигоцене, а первые три вида из семейства гоминид обнаружены в верхнем миоцене [24], который характеризовался резким похолоданием. В отложениях еще более холодного плиоцена обнаружено уже 13 видов гоминид, в том числе останки австралопитеков. В первой половине плейстоцена (около 2.4–1.9 млн лет назад) появились первые примитивные виды рода *Homo* (*H. habilis* и др.) и простейшие орудия труда. Ко второй половине плейстоцена (около 0.6–0.5 млн лет назад) принадлежат останки *H. heidelbergensis* и следы сис-

тематического использования огня [24]. В конце плейстоцена (около 0.2 млн лет назад, непосредственно перед или во время московско—днепровского оледенения) появился вид *H.sapiens*.

* * *

В заключение еще несколько слов о значении оледенений. Они играли большую роль в развитии биосферы и биоты Земли. Гляциозеры были критическими интервалами в истории биосферы, во время которых процессы эволюции ускоря-

лись, и происходило формирование биосфер и биот новых типов. В гуронскую гляциозеру и после особенно широкое распространение получили цианобактерии, и появился первый кислород в атмосфере. Во время африканской гляциозеры сформировалась биосфера и биота фанерозойского типа. В течение гондванской гляциозеры возникла наземная биота. Растения с животными полностью завоевали сушу. Конечно, неслучайно и то, что формирование человечества произошло во время антарктической гляциозеры. ■

Литература

1. Чумаков Н.М. Оледенения Земли. История, стратиграфическое значение, роль в биосфере. М., 2015.
2. Chumakov N.M. Upper Proterozoic glaciogenic rocks and their stratigraphic significance // Precambrian Research. 1981. V.15. №3–4. P.373–396.
3. Hambrey M.J., Harland B.W. The Late Proterozoic glacial Era // Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol. 1985. V.51. №1–4. P.255–272.
4. Frakes L.A., Francis J.E., Syktus J.L. Climate modes of the Phanerozoic. Cambridge, 1994.
5. Gbienne J.F. Late Ordovician glacial record: state of the art // Ordovician of the World / Eds. J.C.Gutierrez-Marco, I.Rabano, D.Garcia-Bellido. Madrid, 2011. P.13–19.
6. Fielding Cb.R., Frank T.D., Isbell J.L. et al. Stratigraphic signature of the Palaeozoic Ice Age in the Parmeener Supergroup of the Tasmania, SE Australia, and inter-regional comparisons // Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol. 2010. V.298. P.70–90.
7. Чумаков Н.М. Климатическая зональность и климат мелового периода // Климат в эпохи крупных биосферных перестроек. М., 2004. С.105–123.
8. Frakes L.A., Alley N.F., Deynoux M. Early Cretaceous Ice Rafting and Climate Zonation in Australia // Internat. Geol. Rev. 1995. V.37. P.567–583.
9. Price G.D. The evidence and implications of polar ice during Mesozoic // Earth Sci. Rev. 1999. V.48. P.183–210.
10. Falcon-Lang H.J., Cantrill D.J., Nichols G.J. et al. Biodiversity and terrestrial ecology of a mid-Cretaceous, high-latitude floodplain Alexander Island, Antarctica // J. Geol. Soc. 2001. V.158. P.709–724.
11. Donnadieu Y., Dromat J., Godderis Y. et al. A mechanism for brief glacial episodes in the Mesozoic greenhouse // Paleooceanography. 2011. V.26. №3. P.1–10.
12. Quaternary glaciations — extent and chronology / Eds. J.Ehlers, P.L.Gibbard. Amsterdam, 2004.
13. Левитан М.А., Лейченко Г.Г. История кайнозойского оледенения Антарктиды и седиментации в Южном океане // Литология и полез. ископаемые. 2014. №2. С.115–136.
14. Grossman E.L. Oxygen isotope stratigraphy // The geologic time scale 2012 / Eds. F.Gradstein, J.G.Ogg, M.Schmitz, G.Ogg. Amsterdam, 2012. P.181–206.
15. De Boer B., Van de Wal R.S.W., Bintanja R. et al. Cenozoic global ice volume and temperature simulation with 1-D ice-sheet models forced by benthic $\delta^{18}\text{O}$ records // Annals of glaciology. 2010. V.51. №55. P.23–33.
16. Naish T., Powell R., Levy R. et al. Obliquity-paced Pliocene West Antarctic ice-sheet oscillations // Nature. 2009. V.458. P.322–329.
17. Величко А.А., Морозова Т.Д., Писарева В.В., Фаустова М.А. Хроностратиграфические подразделения четвертичной системы по материалам исследований ледниковых и перегляциальных областей Восточно-Европейской равнины // Общая стратиграфическая шкала России: состояние и перспективы обустройства / Ред. М.А.Федонкин. М., 2013. С.379–381.
18. Чумаков Н.М. Общая направленность климатических изменений на Земле за последние 3 млрд лет // Докл. АН. 2001. Т.381. №5. С.652–655.
19. Добрецов Н.Л., Чумаков Н.М. Глобальные периодичности в эволюции литосферы и биосферы // Глобальные изменения природной среды. Новосибирск, 2000. С.11–26.
20. Erwin D.H. Climate as a driver of evolutionary change // Current Biology. 2009. V.19. P.575–583.
21. Колчанов Н.А., Суслов В.В. Кодирование и эволюция сложности биологической организации // Эволюция биосферы и биоразнообразия. М., 2006. С.60–96.
22. Reading the archive of Earth's oxygenation / Eds. V.A.Meleshnik, A.R.Prave, E.J.Hanski et al. Berlin, 2013. V.1–3.
23. Fedonkin M.A. Eukaryotisation of the Early Biosphere: a biogeochemical aspect // Geochem. Int. 2009. V.47. P.1265–1333.
24. Catt J.A., Maslin M.A. Human time scale // The geologic time scale 2012 / Eds. F.Gradstein, J.G.Ogg, M.Schmitz, G.Ogg. Amsterdam, 2012. P.1011–1032.

Витрифицированные форты — что это такое?

Л.И.Глазовская¹, Т.И.Щекина¹

¹Геологический факультет Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова (Москва, Россия)

Витрифицированные (стекловатые) породы известны в Европе уже 220 лет. Это остатки укреплений, появившихся в результате деятельности человека во времена бронзового века (XII–VIII вв. до н.э.), позже к витрифицированным породам стали относить и места производства металла, где оставались стекловатые породы. В России остатков подобных древних сооружений не найдено, но обнаружено обнажение витрифицированных пород в виде пемз в береговой зоне р.Мсты, вблизи г.Боровичи. Эти пемзы возникли в результате деятельности монахов Свято-Духова Боровичского монастыря в XVIII в. Видимо, монахи занимались обжигом керамики или производством огнеупорных материалов. Мы изучали пемзы с обломками гранитоидов и кварца и карбонатные породы, испытавшие термическое и химическое воздействие кислого силикатного расплава. Приведены необычные составы стекол, которые не соответствуют по составу никаким магматическим, метаморфическим и осадочным породам Земли.

Ключевые слова: витрифицированные и стеклосодержащие породы, форты, вулканический и импактный генезис, пемзы.

Vitrified Forts — What Is It?

L.I.Glazovskaya¹, T.I.Shchekina¹

¹Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia)

Vitrified rocks have been known in Europe for 220 years. These are remnants of vitrified forts that resulted from human activities in the Bronze Age (12th to thorum centuries B.C.). Later vitrified rocks were found at sites of metal smelting. No remnants of such ancient constructions have ever been found in Russia, but vitrified rocks were found as pumice outcropping in the banks of the Msta River near the town of Borovichi. The pumice was produced as a consequence of activities of monks at Svyato-Dukhov (Holy Spirit) Monastery in the 18th century. The monks were likely firing ceramics or started to produce refractory materials. We have studied pumice with granitoid and quartz fragments and carbonate rocks thermally and chemically affected by silicate melt. The paper reports unusual analyses of the glasses, whose compositions do not correspond to any currently known magmatic, metamorphic, or sedimentary rocks.

Key words: vitrified and glassy rocks, hill-forts, volcanic, impact genesis, pumices.

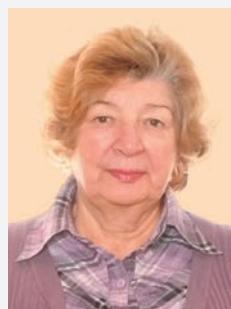
Стеклосодержащие породы на Земле встречаются достаточно часто, об одних из них — вулканических — знают все. Другие — те, что находят в метеоритных кратерах, известны немногим. И еще меньше людей знают о существовании стеклосодержащих пород рукотворного происхождения, встречающихся в разных регионах Земли.

Витрифицированные породы

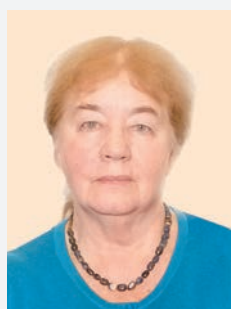
Пемзы — стекловатые породы различной пористости. Они могут иметь различный генезис: вулканический, импактный (если образовались в результате соударения метеорита с поверхностью Земли), возникшие в результате попадания молнии в породы земной коры (фульгуриты). Но встречаются они и в виде фрагментов древних оборонительных сооружений.

Пемзы цементируют обломки пород, взятых поблизости. Если такое укрепление разрушилось, то осколки пемз — единственные свидетели его былого существования. Эти породы образовались в результате деятельности человека, чаще всего в очень далеком прошлом — в позднем бронзовом веке (XII–VIII вв. до н.э.). Они представляют собой стекловатые породы (макроскопически похожие на вулканические). В европейской литературе принят термин *витрифицированные* (от латинского vitrum — стекло и facio — превращаю) *форты*. Первые их описания появились 220 лет назад. Изучением витрифицированных пород занимались шведский петролог П.Кристен и испанский геолог Э.Д.Мартинез. На сегодняшний день в Европе известно более 200 витрифицированных фортов [1]. В русскоязычной литературе информации по таким породам практически нет, и фрагментов древних остеклованных укреплений в России не найдено.

Наиболее часто стекловатые породы витрифицированных укреплений представлены пемзами, полученными в результате плавления пород в специально построенных из бревен деревянных сооружениях (рис.1). Плавление или тепловая переработка производились на месте с использованием в качестве сырья окружающих пород. Создавались целые стены укреплений из частично или полностью переплавленных пород (рис.2, 3). Каменный материал для доисторических сооруже-



Людмила Ивановна Глазовская, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник кафедры петрологии геологического факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова. Область научных интересов — геология и петрология импактитов, петрология метеоритов, природные стекла и критерии отличия стекол различного генезиса.



Татьяна Игоревна Щекина, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник той же кафедры. Круг научных интересов охватывает проблемы генезиса редкометалльного оруденения, связанного с кислым и щелочным магматизмом, методы экспериментальной и технической петрологии.

ний определялся теми породами, которые были распространены на месте будущих укреплений. Это граниты, диориты, амфиболиты, гнейсы и др. Отсюда и уникальность состава расплавов витрифицированных пород.

На рис.2 показан один из самых больших витрифицированных фортов Шотландии — Теп о Нос, длина которого 563 м. Чаще всего размер подобных руин составляет от нескольких десятков до полутора сотен метров. Для создания таких конструкций прогрев должен идти длительное время — до целых суток. В качестве топлива для

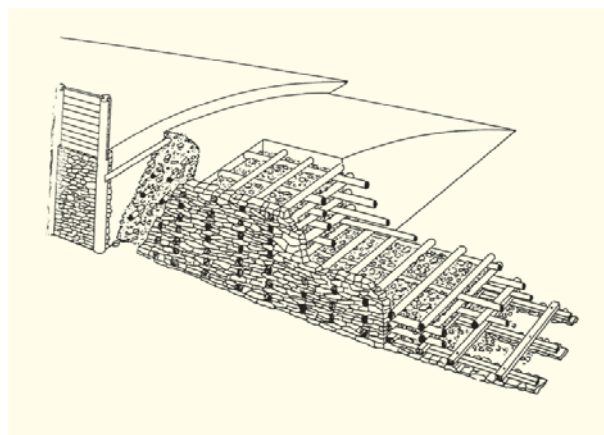


Рис.1. Деревянная конструкция, которую могли использовать для отжига при образовании витрифицированных пород. Приведено по материалам Э.Д.Мартинеза.



Рис.2. Остатки витрифицированных фортов в Шотландии. Слева — стены замка Даннидир, сложенные из частично расплавленного диорита и блоков переплавленного амфиболита. Справа — форт Тап о Нос, расположенный на вершине холма.

www.google.ru



Рис.3. Витрифицированное укрепление Сент-Сюзан на северо-западе Франции. Участок стены, сложенный обломками пород, которые сцементированы пемзой. Хорошо видны неизменные обломки исходных пород и пористый стекловатый материал (пемза), образующийся при витрификации.

en.wikipedia.org

витрификации использовали древесный уголь или торф. Возможно, для увеличения температуры плавления производился и дополнительный поддув с помощью мехов.

В сохранившихся фрагментах стен иногда хорошо видны обломки пород, сцементированные когда-то расплавленным материалом, застывшим теперь в виде пемзы (рис.3).

Характерная черта некоторых обломков стекловатых пород — отпечатки угля на их поверхности (рис.4). В пемзах витрифицированного форта Броборга (Швеция) обнаружены обломки угля, служившего топливом для плавления метаморфических пород (амфиболитов и гранито-гнейсов), распространенных в районе укрепления. Остатки угля (или его отпечатки) сохраняются не только в витрифицированных породах, но и в импактитах (см. рис.3). Так, в Логойском метеоритном кратере диаметром 17 км (Беларусь) найдены куски бурого угля, представляющего собой следы растительности, которая существовала на поверхности Земли



Рис.4. Отпечатки угля на поверхности пемз витрифицированного укрепления Пассо Альто в Португалии (слева) и пемз импактных выбросов Эль-Гаско в Испании.

Фото Э.Д.Мартинеза

в момент ударного события (в данном случае, это около 30 млн лет назад).

Большинство конструкций витрифицированных фортов (82 подтвержденных и описанных) найдено в Шотландии. Встречаются они и в Германии, Португалии, Словакии, Франции, Чехии и Швеции. Несколько витрифицированных фортов найдено в Англии и Ирландии. В некоторых доисторических укреплениях (например, в Броборге) витрификация наблюдается только с внутренней стороны стены и проходит на глубину 40 см, при этом пемзовидным материалом скрепляются блоки гранито-гнейсов и амфиболитов, и сооружение оказывается заглубленным на 40–70 см. Температура образования таких пемз составляет 1060–1075°C [2].

Для строительства замка Даннидир (Шотландия), расположенного на вершине холма (см. рис.2), частично использовались блоки пород доисторического витрифицированного форта, который датируется 560 г. до н.э. [3].

Как различить пемзы разного генезиса?

Отличить вулканическую пемзу от импактной или пемзы витрифицированных укреплений в отдельных образцах невозможно. Только изучая форму обнажений, их геологическое положение или используя специальные методы исследования вещества, удастся пролить свет на их происхождение. Пемзы различного генезиса имеют ряд петрологических особенностей, и опытному петрологу не составит труда их идентифицировать. Так, пемзы витрифицированных фортов образуются на месте, без перемещения и течения расплава, и часто сохраняют текстуру материнских пород. Например, пемзы из витрифицированного форта Пассо Альто (Португалия) обладают полосчатой и плейчатой текстурой слюдястых сланцев, по которым они образовались (рис.5).

Остывание витрифицированных пород происходит в условиях достаточно быстрого охлаждения, и кристаллизующиеся из расплава минералы чаще всего имеют скелетные или дендритовые формы кристаллов (рис.6).

При изучении состава* и структуры стекол специальными методами обнаруживаются четкие отличия между импактными, вулканическими и стеклами витрифицированных пород [4]. Это обусловлено различными температурами и давлениями, при которых они возникают (рис.7). Так, метод малоуглового рассеяния позволяет фиксировать неоднородности структуры стекол размером

* Составы и текстурные особенности минералов определены с использованием растрового электронного микроскопа Jeol ISM-6480 LV в лаборатории локальных методов исследования кафедры петрологии геологического факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

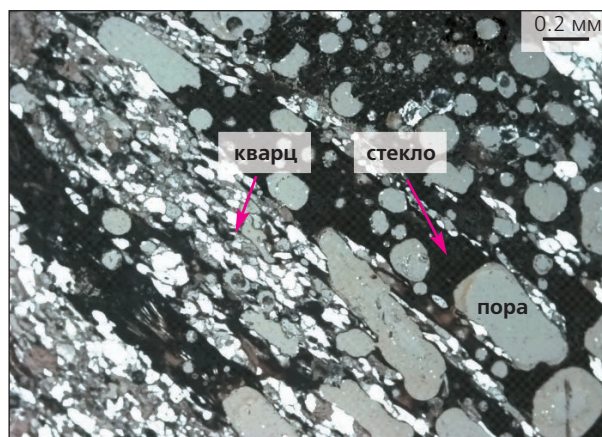
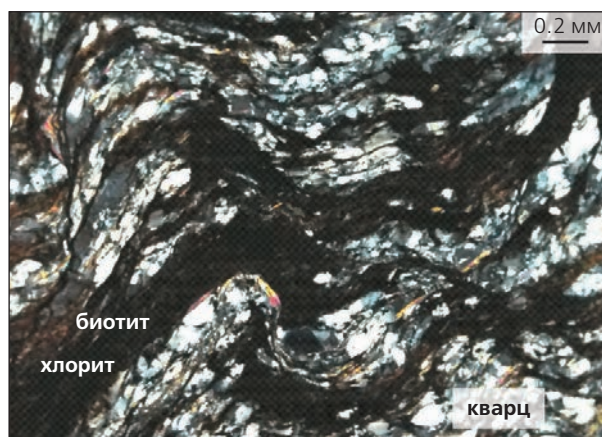


Рис.5. Микрофотографии витрифицированных пород Пассо Альто. Вверху — слюдястый сланец, внизу — пемзы. Видно, как сохраняется полосчатая текстура породы при ее витрификации. Николи скрещены.



Рис.6. Кристаллизация скелетных кристаллов шпинели в пемзе витрифицированного форта Пассо Альто. В крайней части фото слева видна кристаллизация частично оплавленного при витрификации кварца. Кристаллизация шпинели в виде скелетных кристаллов — следствие очень быстрого охлаждения расплава. Фото в обратно рассеянных электронах.

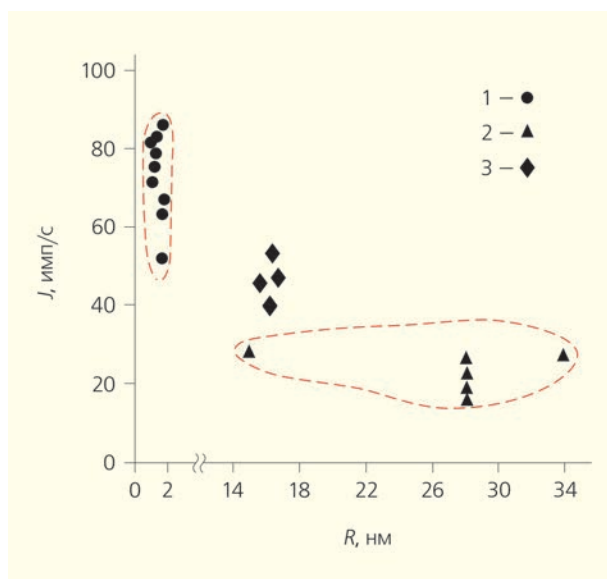


Рис.7. Соотношение радиуса микронеоднородностей и интенсивности малоуглового рассеяния для импактных (1) и вулканических стекол (2) и стекол витрифицированных фортов (3). График показывает структурные особенности стекол различного генезиса [4, с добавлениями].

1.2–2 нм, т.е. отвечающие группировке всего нескольких тетраэдров. Соответственно, стекла различного происхождения имеют поля структурных особенностей, которые показаны на рис.7, что позволяет применять метод малоуглового рассеяния при изучении стекол неясного генезиса.

Истории пемз витрифицированных фортов

Пассо Альто. Вытянутое, похожее на остатки стены обнажение пемз расположено на вершине холма в юго-западной части Португалии, около Вила Верде де Фикалхо. Плавилась тонко-среднезернистые слюдяные сланцы с плейчатой текстурой, образованной при тектонических деформациях в течение позднего палеозоя. Различные участки обнажения подвергались остеклованию неравномерно.

В витрифицированных пемзах сохранилась плейчатость исходных пород — светлоокрашенные участки кварца переслаиваются с пористым плавленным материалом (см. рис.5). Составы образовавшихся стекол близки к составу темноцветных минералов слюдяных сланцев. Порода плавилась не полностью (инконгруэнтное плавление), в расплав уходили слюды, хлорит, полевые шпаты, а кварц и акцессорные (редкие) минералы практически оставались незатронутыми. Интересно, что минералы, кристаллизующиеся при быстром остывании пемз, — шпинель $MgAl_2O_4$ и меллилит $Ca_2(Mg,Al)(Si,Al)_2O_7$ — обогащены элементами, которые редко содержатся в их составе:

фосфором (до 3%) и калием. Эти элементы могли накапливаться при сжигании больших количеств древесины.

После обсуждения в научной литературе было признано, что данное обнажение — витрифицированный форт [5, 6].

Эль-Гаско. Некоторые обнажения пемз, геологическая позиция которых не увязывается с геологией региона, в процессе их изучения интерпретируются по-разному. Пемзы района Эль-Гаско (Западная Испания), залегающие на вершинах двух холмов (Пико дель Кастилло и Пико дель Позо де лос Морос) высотой около 1000 м, которые находятся на расстоянии около 40 км друг от друга, никак не «вписывались» в геологию района. Они традиционно использовались для различных художественных поделок, и их разработки нарушили природную форму обнажения. Сейчас оно представляет собой метровую толщу пористых пород, залегающих на слюдяно-кварцевых сланцах вблизи вершины холма (рис.8). За время изучения этих пемз было предложено четыре разные гипотезы их возникновения.

Гипотеза вулканической природы пемз, впервые высказанная более 60 лет назад [7], не нашла последователей в связи с тем, что в регионе нет вулканической активности, здесь широко развиты осадочные и слабометаморфизованные породы. Также не нашла поддержки и гипотеза, согласно которой пемзы образовались в результате удара



Рис.8. Обнажение импактных пемз Эль-Гаско. Большая его часть потеряла свой естественный облик после разработки пемз на художественные промыслы. Сейчас оно выглядит как россыпь обломков.

Фото Л.И.Глазовской

молнии [8]. Обнажение было очень большого размера (40×60 м) для такого генезиса. Изучение, проведенное Э.Диаз-Мартинезом [9], показало, что пемзы возникли в результате плавления вмещающих пород, и ученый высказал гипотезу об их образовании в результате витрификации, т.е. при искусственном обжиге вмещающих пород во времена бронзового века.

Позднее в этих пемзах обнаружили рингвудит Mg_2SiO_4 [10, 11] — высокоплотную модификацию оливина, которая образуется только при высоких давлениях. Это была первая находка рингвудита в условиях земной коры, до этого его встречали лишь в метеоритах, а А.Э.Рингвуд получил его экспериментально. Администрация провинции Эль-Гаско объявила обнажения пемз зоной научного интереса, и их разработку прекратили. Присутствие рингвудита позволило доказать импактный генезис этих пород. После определения параметров решетки рингвудита, пемзы стали рассматриваться как выбросы из импактного кратера, с температурой образования 1900–2700°C. [11]. Сам кратер, видимо, перекрыли более поздние отложения, или его просто не нашли, так как соответствующие геологические работы там не проводились. Таким образом, изучение пемз Эль-Гаско показало, что интерпретация происхождения стекловатых пород и пемз в отдельных природных обнажениях требует детального петрологического изучения.

Температура импактного расплава достигает 2200–3000°C, для тектитов — 3500°C, а для фульгуритов еще выше. В вулканических же расплавах она, как правило, не превышает 1000–1200°C. Температура плавления силикатных пород (гранитов, гнейсов, базальтов, слюдистых сланцев) при образовании пемз витрифицированных фортов колеблется в пределах 1050–1235°C.

Необычные пемзы в России

В Европе к витрифицированным породам относят не только витрифицированные форты (рис.9), но и обнажения искусственно остеклованных пород, которые представляют собой остатки древнего производства керамики, железа или меди [4, 6]. И вот тут оказалось, что в России тоже есть такие породы. Мы обнаружили обнажения пемз и стеклосодержащих пород в откосах р.Мсты (Новгородская обл., район г.Боровичи). Пемзы мощностью до полуметра залегают на доломитовых породах. На них растут вековые сосны. Район р.Мсты — зона развития карста, и в некоторых карстовых воронках можно найти куски светло-зеленого стекла или его корочки на доломитах, а также обломки черных пемз. Оказывается, в XVIII в. монахи Свято-Духова Боровичского монастыря — одного из древнейших в России (его создание относится к 1327 г.) — использовали карстовые воронки для производства керамики. Судя по петроло-



Рис.9. Л.И.Глазовская и основатель гипотезы витрифицированных фортов, шведский ученый П.Кристен на обнажении пемз в Испании.

гии изученных образцов, монахи получали и огнеупорные материалы. Впоследствии именно в Боровичах стало развиваться производство огнеупоров, и сейчас там находится комбинат огнеупорных материалов.

Обжигу подвергались карбонатные породы и небольшие гранитные валуны. Монахи использовали их, вероятно, в качестве флюса — вспомогательного вещества, способствующего стеклообразованию. В результате получалась волластонит-диопсидовая порода ($Ca_2[Si_3O_9]$, $CaMg[Si_2O_6]$), содержащая стекло (рис.10). Футляровидная фор-

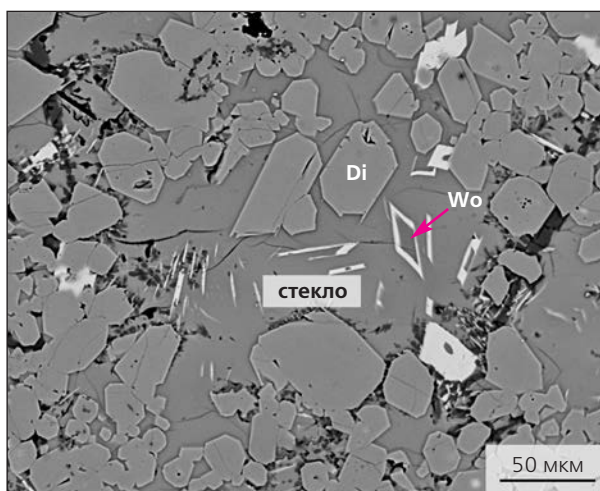


Рис.10. Волластонит-диопсидовая порода со стеклом. Новгородская обл., окрестности г.Боровичи. Это образец витрифицированной породы, возможно, предшественник огнеупорных материалов. Di — диопсид, Wo — волластонит. Фото в обратно рассеянных электронах.

ма волластонита свидетельствует о том, что он кристаллизовался из расплава в режиме быстрого охлаждения.

В черных пемзах, соседствующих в обнажении с диопсидовыми породами, встречаются обломки гранитоидов и кварца. Мы изучали образцы двух типов: пемзы с обломками гранитоидов и кварца и волластонит-диопсидовую породу, которая образовалась из карбонатных пород, испытавших термическое и химическое воздействие при взаимодействии с кислым силикатным расплавом. Пемзы сформировались при плавлении гранитного материала. Состав их стекол соответствует составу пород с высоким содержанием щелочей (трахитам). Однако на классификационных диаграммах эти составы выходят за пределы полей, обычных для природных пород. Стекло в диопсидовой породе имеет кислый состав (содержание $\text{SiO}_2 = 77\%$), обогащено натрием (3.3%) и калием (8.8%), что свидетельствует о плавлении гранитных пород.

Но аналогов таких пород в других природных обнажениях на Земле не обнаружено. К тому же образовавшееся стекло также имеет уникальный

состав. Его особенность — необычное для кислых стекол высокое содержание MgO (от 3.05 до 5.11%) и отсутствие (или чрезвычайно низкое содержание) Al_2O_3 (от 0 до 0.68%). Нам представляется, что уникальность изученных стекол, их геологическая позиция, несоответствие по составу никаким магматическим, метаморфическим или осадочным породам, встречающимся в природе, свидетельствуют об их искусственном происхождении [12]. По-видимому, нужно считать, что их возникновение связано с деятельностью человека, и называть их витрифицированными породами в соответствии с классификацией европейских ученых [13]. Однако обнаруженные нами стекла не столь древние, как в Европе.

Критерии отличия импактных и вулканических стекол рассматривались и ранее [4], данные же по стеклам витрифицированных фортов Пассо Альто публикуются впервые. Гипотеза происхождения стеклосодержащих пород Новгородской обл. обсуждалась в 2016 г. на научной конференции «Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения)» [12]. ■

Литература

1. *Kresten P.* The vitrified forts of Europe: saga, archaeology, and geology // *Applied Mineralogy. Developments in Science and Technology*. ICAM, Brazil / Eds M. Peccio, M. Andrade, F.R. Agostino. Sao Paulo, 2004. P.355–357.
2. *Kresten P., Kero L., Chyessler J.* Geology of the vitrified hill-fort Broborg in Uppland, Sweden. 2010 (<http://dx.doi.org/10.1080/11035899309454825>).
3. *Cook M.* New light on oblong forts: excavations at Dunnideer, Aberdeenshire // *Proceedings of the Society of Antiquaries of Scotland*. 2010. V.140. P.79–82.
4. *Глазовская Л.И.* Особенности микроструктуры тектитов и импактных стекол кратера Жаманшин в связи с проблемой генезиса тектитов // *Петрология*. 1997. Т.5. №2. С.222–224.
5. *Diaz-Martinez E., Soares A.M.M., Kresten P., Glazovskaya L.I.* Evidence for wall vitrification at the Late Bronze Age settlement of Passo Alto (Vila Verde de Ficalho, Serpa, Portugal) // *Arqueologia*. 2005. V.8. №1. P.151–161.
6. *Catanzariti G., McIntosh G., Vonge Soares A.V. et al.* Archaeomagnetic dating of a vitrified wall at the Late Bronze Age settlement of Misericordia (Serpa Portugal) // *J. Archaeological Sci.* 2008. V.35. P.1399–1407.
7. *Garcia de Figuerola L.C.* Nota sobre el volcandel gasco, las hurdes (Caceres) // *Estudios Geologicos*. 1953. V.9. P.385–393.
8. *Fisher R.V.* Mechanism of deposition from pyroclastic flows // *American J. Sci.* 1966. V.264. P.350.
9. *Diaz-Martinez E.* Origin of the vesicular glass of the El Gasco (Caceres, Spain): vitrification of a protohistoric human construction // VI congreso geologico de Espana. Zaragoza., 2004. V.6. №1. P.33–36.
10. *Глазовская Л.И., Трубкин Н.В.* Рингвудит из пемз Эль-Гаско (Эстрамадура, Испания) // *Докл. РАН*. 2005. Т.405. №3. С.385–388.
11. *Глазовская Л.И., Фельдман В.И.* Петрология рингвудитсодержащих пемз района Эль-Гаско (Западная Испания) // *Петрология*. 2012. Т.20. №5. С.457–469.
12. *Глазовская Л.И., Щекина Т.И.* Уникальные составы расплавов витрифицированных пород Новгородской области // *Современные проблемы теоретической, экспериментальной прикладной минералогии (Юшкинские чтения)*. Сыктывкар, 2016. С.20.
13. *Diaz-Martinez E., Soares A.M., Kresten P., Glazovskaya L.I.* Evidence for wall vitrification at the Late Bronze Age of Passo Alto (Vila Verde de Ficalho, Serpa, Portugal) // *Revista Portuguesa de Arqueologia*. 2005. V.8. №1. P.151–161.

О происхождении ряпушки на Соловецких островах:

архивные документы в исследовании микроэволюции

Я.И.Алексеева¹, А.А.Махров²

¹Государственный биологический музей имени К.А.Тимирязева (Москва, Россия)

²Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н.Северцова РАН (Москва, Россия)

Соловецкие о-ва известны во всем мире благодаря расположенному там Соловецкому монастырю. Однако эти острова интересны также как модельный участок для изучения формирования флоры и фауны на территориях, освободившихся от оледенения. Кроме того, Соловецкий монастырь вселял на острова разных животных, поэтому изучение фауны архипелага позволяет выявить результаты долговременного влияния чужеродных видов на экосистемы. Исследователям не всегда легко понять, с аборигенным или чужеродным видом они имеют дело. С 20-х годов прошлого века в научной литературе идет дискуссия о происхождении ряпушки, обитающей в озерах о.Большого Соловецкого: до сих пор неясно, вселилась ли эта рыба сама или была интродуцирована. Даже молекулярно-генетические исследования не дали однозначного ответа на этот вопрос, поэтому мы обратились к литературным и историко-архивным материалам, которые могли бы пролить свет на эту проблему. В результате были найдены документы, которые, как мы полагаем, свидетельствуют о том, что в 1882 г. монахи вселили в соловецкие озера европейскую ряпушку (*Coregonus albula*), привезенную из расположенного в Новгородской обл. Никольского рыбзавода. Ряпушка Соловецких островов в настоящее время отчасти сходна по морфологии с сибирской ряпушкой (*C.sardinella*). Пластичность морфологических признаков и отсутствие качественных генетических различий между европейской и сибирской ряпушками дает основание предположить, что это не разные виды, а только подвиды одного полиморфного вида.

Ключевые слова: чужеродные виды, Соловецкие острова, сиговые рыбы, ряпушка, рыбоводство, акклиматизация, архивные данные, Никольский рыбозавод.

On the origin of vendace on the Solovetsky Islands:

the use of archival documents in the microevolution study

Ya.I.Alekseeva¹, A.A.Makhrov²

¹K.A.Timiryazev State Biological Museum (Moscow, Russia)

²A.N.Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)

Solovetsky Archipelago is known worldwide for its Solovetsky monastery. However the islands are also very important as a model area for studying flora and fauna formation following glacier withdrawal. Moreover, through the years Solovetsky monastery introduced various animals to the islands and, thus, studying the island fauna helps to unravel the long-term effects of alien species influence on the ecosystems. Researchers cannot always easily determine whether they are dealing with native or alien species. The question of the origin of vendace in the lakes of Bolshoy Solovetsky Island has been discussed in scientific literature since the beginning of the last century. It is still unclear whether this fish has naturally colonised the lakes or was introduced by humans. Even molecular genetic studies did not give a clear answer, so we used historic literature and archival materials to address this question. As a result, we found documents which, as we believe, demonstrate that in 1882 the monastery introduced vendace (*Coregonus albula*) from Nikolsky fish hatchery (located in Novgorod Region) into the lakes of Solovetsky Islands. The morphology of the vendace on the Solovetsky Islands is partly similar to the morphology of least cisco (*C.sardinella*). Morphological plasticity and the lack of pronounced genetic differences between vendace and least cisco suggest that they are not different species, but only subspecies of one polymorphic species.

Key words: alien species, Solovetsky Archipelago, Coregonidae (ciscoes), vendace, fish aquaculture, acclimatisation, archival data, Nikolsky fish hatchery.

Уже почти столетие ихтиологи пытаются понять, как ряпушка, пресноводная рыба рода сигов (*Coregonus*), попала в водоемы Соловецких о-вов. Почему этот вопрос так интересен биологам? Прежде всего потому, что расположенные в Белом море острова, именуемые также Соловками, — редкий в северных широтах пример многовекового, сознательного, интенсивного и разнообразного изменения природного ландшафта. Изучение экологии этих мест позволяет представить, чем может обернуться для природы Севера та или иная хозяйственная деятельность. Кроме того, ряпушка, как и другие сиговые рыбы, — один из модельных объектов эволюционных исследований. Эти рыбы очень быстро приспосабливаются к изменению среды обитания, что сопровождается изменением их экологии и даже морфологии [1]. Чтобы ответить на вопрос о происхождении ряпушки на Соловках, мы не только провели генетические, морфологические и экологические исследования, но и тщательно проанализировали исторические и литературные источники.

Большая загадка маленькой рыбки

На островах Соловецкого архипелага насчитывается более 500 озер [2], большая часть которых находится на самом крупном (площадью около 225 км²) острове архипелага — Большом Соловцеком, где расположен Спасо-Преображенский Соловецкий монастырь. С XVI в. и до начала XX в. монахи активно занимались хозяйственной деятельностью, в том числе гидростроительной — сооружали дамбы, шлюзы, дренажные и межозерные каналы. Более половины территории острова охвачено озерно-канальной системой, связанной с о.Святым, на берегу которого находятся Кремль и пос.Соловецкий. Основными задачами гидростроительных работ было обеспечение монастыря водой и гидроэнергией, осушение болот, улучшение транспортной связи [3]. Все это, естественно, сказалось на озерной ихтиофауне, и вполне возможно также, что монастырь проводил интродукцию рыб в озера. Однако документальных свидетельств тому немного.

О.А.Гримм, который посетил архипелаг в 1883 г., в статье «О китобойном промысле на Мурмане»



Ярослава Игоревна Алексеева, старший научный сотрудник научно-экспозиционного отдела общей биологии Государственного биологического музея имени К.А.Тимирязева. Область научных интересов — экология пресноводных рыб, экологическая история и история промысла рыб и морских млекопитающих Русского Севера.



Александр Анатольевич Махров, старший научный сотрудник лаборатории экологии водных сообществ и инвазий Института проблем экологии и эволюции имени А.Н.Северцова РАН. Область научных интересов — эволюция холодноводных рыб и моллюсков.

сообщал о посадке в озера леща, хариуса, линя, ряпушки и стерляди [4]. В заметке в журнале «Известия Архангельского общества изучения Русского Севера» говорилось об открытии на Соловецких о-вах станции для искусственного разведения стерляди [5]. А.А.Захваткин приводил в статье «Соловецкие озера» сообщения монахов об акклиматизации стерляди и сига, а также теоретически обосновывал искусственное происхождение европейской ряпушки и ручьевой форели на островах [6]. Известно, что в советское время в соловецкие озера были вселены серебряный карась [7] и пелядь [8].

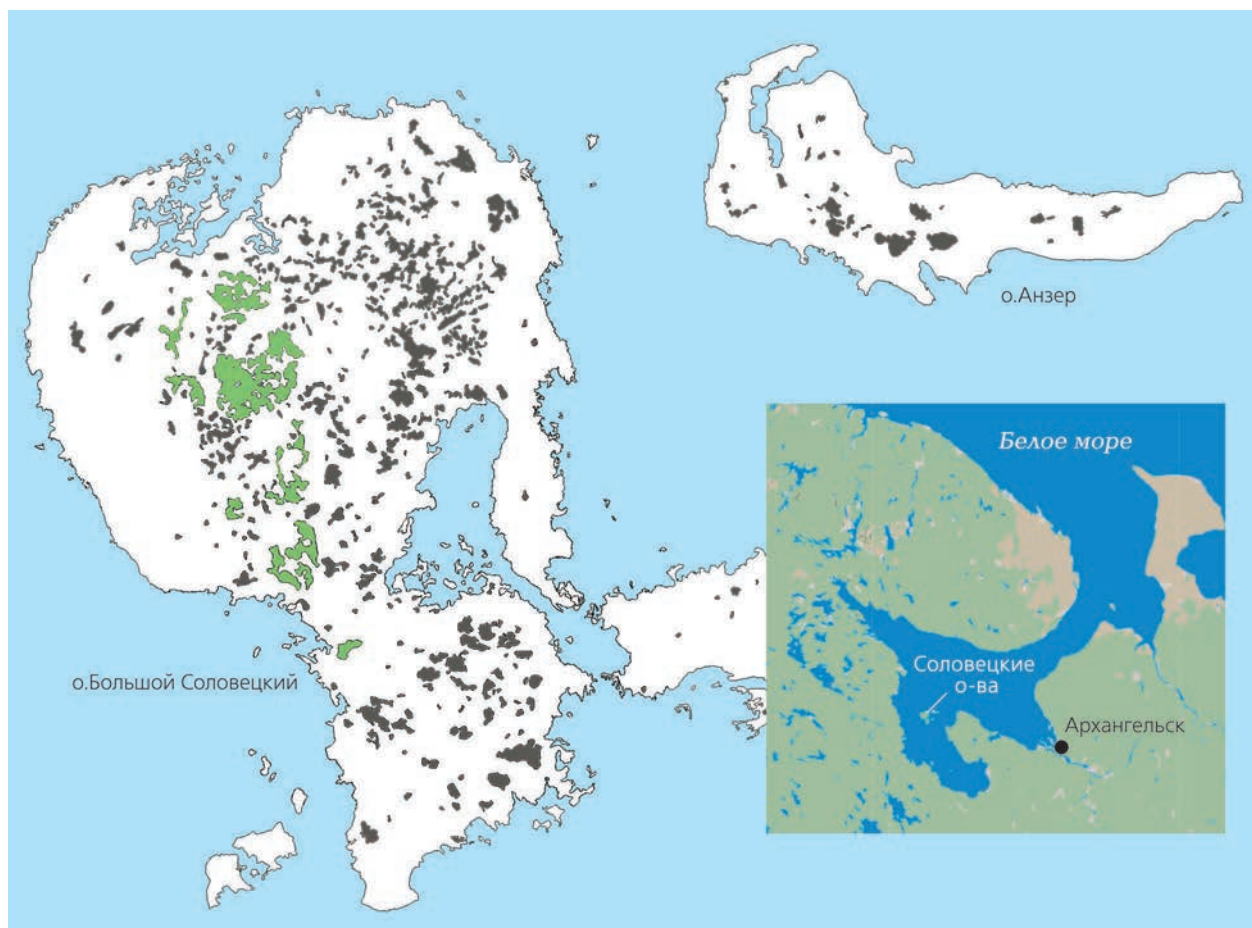
Из предполагаемых чужеродных видов (интродуцентов) в настоящее время в соловецких озерах многочисленна только ряпушка, причем обитает она лишь в водоемах о.Большого Соловецкого (в Большой Канальной системе и нескольких озерах к северу от нее) и представлена в большинстве из них крупной формой. Ограниченность распространения ряпушки косвенно подтверждает ее искусственное происхождение. Остальные из упомянутых видов либо редки (стерлядь, сиг, ручьевая форель), либо вовсе не встречаются в соловецких озерах (серебряный карась, линь, лещ, пелядь, хариус).

О происхождении ряпушки на Соловках исследователи начали задумываться еще в 1920-х годах и до сих пор не пришли к единому мнению. Большинство из них говорили о том, что генезис ее остается неясным, допуская как естественное вселение, так и искусственное (интродукцию), а то и оба способа сразу. К тому же не до конца был



Озеро Святое на Большом Соловецком острове.

Фото М.А.Вервальда



Карта-схема Большого Соловецкого острова (озера, где встречается ряпушка, выделены зеленым).



Озеро Большое Красное на Большом Соловецком острове.

Фото авторов



Ряпушка озера Остречье (Большой Соловецкий остров).

Фото Е.А.Боровиковой

выяснен таксономический статус «соловецкой» ряпушки, у которой отмечались признаки, характерные как для европейского вида (*Coregonus albula*), так и для сибирского (*C.sardinella*) [9–11].

Чтобы разобраться с этим вопросом, мы провели морфологические и молекулярно-генетические исследования ряпушек, собранных в пяти озерах (Большое Красное, Нижний Перт, Средний Перт, Большое Гремячье и Остречье) о.Большого Соловецкого. В результате анализа фрагментов и ядерной, и митохондриальной ДНК установлено, что, во-первых, «соловецкая» ряпушка — это *C.albula* и,

во-вторых, что генетическое разнообразие ее популяций крайне мало [12]. Только в одном озере у некоторых ряпушек обнаружены варианты мтДНК, возникшие в результате мутации одного нуклеотида. Эти данные говорят об относительно недавнем возникновении «соловецкой» ряпушки от небольшого числа особей-основателей [12].

Бесспорным свидетельством акклиматизации ряпушки стал бы документ, в котором описывается ее интродукция. К сожалению, в документах Соловецкого монастыря почти ничего об озерном рыболовстве и озерной ихтиофауне Соловков найти не удалось. Выловленная в озерах рыба использовалась для собственного потребления [13], и, видимо, поэтому рыболовная деятельность на озерах не отражена в приходо-расходных книгах, которые составляют значительную часть сохранившегося монастырского архива*.

Напомним, что о ряпушке Соловков как о «пересаженном» виде сообщал только Гримм [4]. Оснований сомневаться в словах известного зоолога и специалиста по рыбному хозяйству не было, но и полной уверенности тоже не было, потому что, во-первых, это единственное свидетельство интродукции ряпушки в соловецкие озера и, во-вторых, написано об этом мельком, в сноске в статье, посвященной другим темам. Тем не менее, сообщение Гримма — первое упоминание

* Российский государственный архив древних актов (РГАДА), Ф.1201.

о ряпушке на Соловецких о-вах. Ранее среди озерных рыб назывались только окунь, ерш, плотва, налим, сиг, щука, лещ (ссылки на первоисточники см.: [14]). Гримм, помимо интродуцированных видов, называл еще карася и колюшку [4]. Сейчас в озерах о.Большого Соловецкого многочисленны, помимо ряпушки, следующие виды: плотва, язь, золотой карась, щука, окунь, ерш, налим, трех- и девятииглая колюшка [14].

За отсутствием других источников информации мы более внимательно изучили сноску, в которой Гримм говорит о ряпушке. Приведем ее здесь полностью (в соответствии с правилами современной орфографии): «На Соловецких островах существует, если не ошибаюсь, до 150 пресноводных озер, в которых водятся: окунь, щука, налим, ерш, плотва, карась и колюшка. Кроме того, там водятся пересаженная ряпушка, линь (привезен из Архангельска в количестве 150 штук в 1883 году), лещ (привезен в числе 5 штук в 1881 году), гариус (привезен из Кемь в 1883 году в числе 5 штук) и стерлядь, также привезенная. Эти данные сообщил мне мой ученик по рыбоводству, послушник Соловецкого монастыря Петр Хохлов, как и следующий интересный факт: в некоторых соловецких озерах были во множестве одни колюшки, но когда туда пустили окуней, то эти последние, не находя другой пищи, переели колюшек; желудки окуней были настолько исколоты шипами колюшек, что икра из полости тела проникла у них в желудок. Тем не менее окуни, хотя по виду и болезненные, плодились и их потомство уже не страдало от колюшек, которые были таким образом уничтожены» [4, с.26, 27].

Эта сноска из одного абзаца послужила единственным исходным материалом для настоящего исследования.

Директор рыбоводного завода

Указав источник сведений о посадке в озера лещей, хариусов и линей (сообщение послушника Петра Хохлова), а также говоря о том, что время посадки стерляди ему неизвестно, Гримм пишет при этом о «пересаженной» ряпушке без всяких указаний источника информации. Из контекста создается впечатление, будто он сам был тому свидетелем. Мы решили выяснить, чем занимался Гримм перед посещением Соловков и изданием статьи в 1886 г.

Оскар Андреевич Гримм (1845–1921) со студенческих лет изучал теорию и практику рыбоводства и рыболовства. В 1869 г., занимаясь эмбриологией рыб, производил искусственное оплодотворение икры лососевых. С 1878 г. заведовал кафедрой зоологии в Петербургском лесном институте. В 1881 г. участвовал в создании Российского общества рыболовства и рыбоводства, впоследствии стал его председателем. В 1879 г. он за-

нял должность директора Никольского рыбопроизводного завода [15, 16].

Никольский рыбопроизводный завод, основанный в Новгородской губернии известным рыбоводом В.П.Врасским, в 1883 г. был единственным рыбопроизводным заводом на территории Центральной России (помимо него, в стране существовал в это время еще один завод на Урале) [17]. Никольский завод специализировался на акклиматизации рыб, в частности сиговых и лососевых, и в том числе ряпушки; занимался распространением их икры и молоди [18, 19]. С 1870-х гг. с Никольского рыбопроизводного завода стали рассылать по железной дороге в посылках оплодотворенную икру [18].

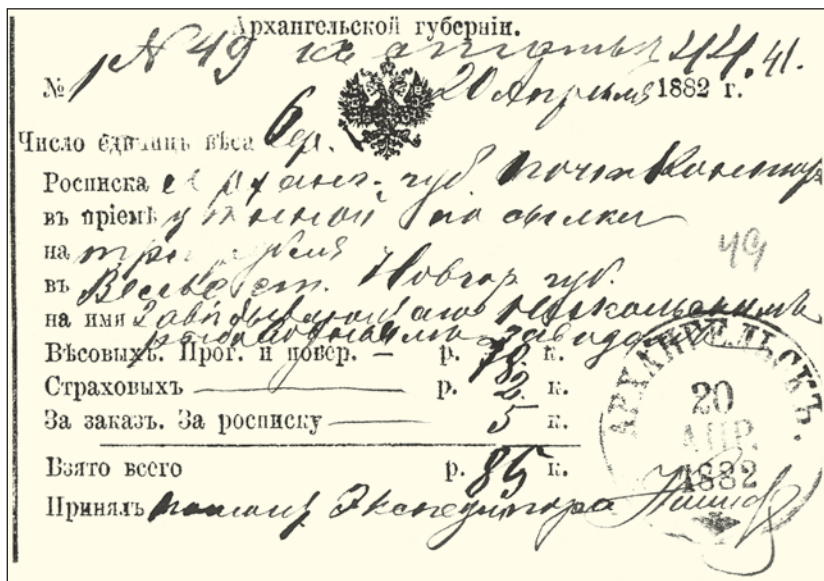
Оскар Андреевич был, по-видимому, чрезвычайно увлечен вопросами акклиматизации не только в силу должностных обязанностей и научных интересов. Об этом он пишет сам в той же статье «О китобойном промысле»: «Я, в бытность мою в Соловецком монастыре, просил лично настоятеля его, глубокоуважаемого отца Мелетия, сделать опыт пересадки морской корюшки в одно из многочисленных озер на Соловецких островах» [4, с.26].

Если один из самых известных и опытных ихтиологов и рыбоводов России, директор единственного рыбопроизводного завода, специализирующегося на акклиматизации сиговых рыб, уверенно пишет (хоть и в сноске) о пересадке в какое-то место ряпушки, естественно предположить, что посадочный материал поставил туда именно этот рыбопроизводный завод. Так как статья издана в 1886 г., в ее основу должны были войти данные, полученные, вероятно, в 1883 г. В таком случае икра или молодь ряпушки была прислана на Соловки не позднее 1882 г. В фонде Соловецкого монастыря хранятся оправдательные документы (чеки, квитанции) к приходо-расходным книгам денежного учета*. И действительно, мы нашли почтовую квитанцию от 20 апреля 1882 г. на ценную посылку весом 6 фунтов (около 3 кг). Правда, адресовалась она не монастырю, а заведующему Никольским рыбопроизводным заводом, и поступила она из Архангельска в Велье Новгородской губернии. Что мог монастырь пересылать на Никольский рыбопроизводный завод?

Оказывается, покупателям бесплатно ссужалась посуда, в которой отправляли икру или мальков, если те давали обязательство выслать ее за свой счет обратно. Заказы следовало отправлять не позднее января заведующему Никольским рыбопроизводным заводом Гримму через почтовую станцию Велье [20]. По данным 1910 г. отпуск с завода икры сига и мальков форели (нерест которых, как и у ряпушки, в конце осени) производился в начале апреля**.

* РГАДА, Ф.1201.

** Государственный архив Новгородской области (ГАО). Ф.98. Оп.3. Д.2429. Л.5 об.



Факсимиле почтовой квитанции об отправлении Соловецким монастырем посылки заведующему Никольским рыбозаводом (Источник: РГАДА, Ф.1201, Оп.4, Д.866. Л.4).

Можно предположить, что монастырь отправил на Никольский рыбозавод тару из-под посадочного материала ряпушки. Тогда становится понятно, почему Grimm пишет о «пересаженной ряпушке», как о чем-то само собой разумеющемся. Если в 1882 г. с завода был отправлен посадочный материал (икра или молодь) ряпушки, то он, конечно, об этом знал. То, что он не уделил этой теме больше внимания, можно объяснить масштабами рассылки посадочного материала: с 1871 по 1880 гг. Никольский рыбозавод отправил 125 933 икринки и 28 827 шт. молоди в 24 российские губернии [19].

С октября по май на Белом море навигация прекращалась, поэтому в начале апреля можно было привезти икру или молодь только в Архангельск, но их нужно было сохранить до отправки на Соловки. Закупал ли монастырь на рыбозаводе специальное оборудование для хранения икры, выведения и содержания молоди? По-видимому, монастырь действительно приобрел или сделал своими силами какое-то оборудование для этих целей, так как в статье 1883 г. Grimm, наряду с другими возникшими в то время довольно немногочисленными рыбозаводными заведениями, пишет о рыбозаводном заведении в Соловецком монастыре на Белом море [17]. «Рыбозаводное заведение» предполагает наличие такого оборудования [21].

Эти вопросы можно было бы прояснить по документам Никольского завода. По административно-территориальной принадлежности они должны храниться в Новгородском областном архиве (ГАНО), но деловая документация рыбозавода за XIX в. в этом архиве не сохранилась. Во вре-

мя Второй мировой войны Никольский рыбозавод был разрушен (после войны — восстановлен)* [22], и в 1941–1945 гг. были утрачены 278 000 документов ГАНО [23].

«Ученик по рыбозаводству»

Перечитывая ссылку Grimma, мы обратили внимание также на то, как он называет Петра Хохлова, сообщившего сведения о посадках в озера леща, хариуса и линя: «мой ученик по рыбозаводству, послушник Соловецкого монастыря». Мы изучили послужные списки послушников и монахов Соловецкого монастыря и выяснили, что Петр Иванович Хохлов пришел в монастырь в возрасте 18 или 19 лет в 1868 г., в 1872-м стал послушником, по данным 1880 г., из монастыря не отлу-

чался. В 1874 г. его «послушание проходит по части слесарной», а в 1880 г. — «послушание рыболовное»**.

Если Петр Хохлов учился рыбозаводству и был в курсе всех акклиматизационных мероприятий в 1883 г., можно предположить, что он занимался акклиматизацией сам. Однако, каким образом монастырский послушник мог быть одновременно «учеником по рыбозаводству» ученого-зоолога и директора рыбозаводного завода Grimma?

А.А.Лебединцев, бывший директором завода после Grimma, опубликовал подробный доклад о заводе и в конце доклада привел «Поименный список практикантов Никольского Рыбозаводного Завода и его лабораторий по годам с 1882-го по 20 апреля 1912 г.». В списке в 1882 г. числится П.И.Хохлов, послушник Соловецкого монастыря. Он — один из двух первых практикантов завода (до 1882 г. учеников на курсы не набирали) [24]. В приходо-расходной книге Соловецкого монастыря за 1882 г. имеются сведения о расходах (95 руб.) послушнику Петру Хохлову на командировку в Никольский рыбозаводный завод. К сожалению, в документе не указаны даты его командировки, чтобы уточнить, не мог ли он сам привезти посадочный материал ряпушки в Архангельск в апреле 1882 г. В 1888 г. в послужном списке Петра Хохлова указано не только рыболовное послушание, но и то, что он «обучался рыболовству»***.

* ГАНО. Ф.П-523. Оп.3, Д.5. Л.1–50.

** РГАДА. Ф.1201. Оп.4. Д.823. Л.58 об.–59; РГАДА. Ф.1201. Оп.4. Д.854. Л.193 об.–194; РГАДА. Ф.1201. Оп.4. Д.878. Л.259 об.; РГАДА. Ф.1201. Оп.4. Д.823. Л.58 об.–59.

*** РГАДА. Ф.1201. Оп.4. Д.878. Л.259 об.–260.

№ Впамят.		Название предметов расхода.	Сколько	По какой цене		На какую сумму.	
№	Подпись			Руб.	Коп.	Руб.	Коп.
						33.610	77
		<u>Транспортъ</u>					
279	14	Выдано его монастыря Сергеевскому Виссариону и иеродиакону Кириллу на путевныя и харчевныя издержки изъ монастыря до Архангельска и обратно.				50	
280	51	Выдано послушнику Соловецкого монастыря Петру Хохлову въ возвратъ израсходованныхъ имъ изъ своихъ собственныхъ денегъ на путевныя и харчевныя издержки во время командировки его отъ монастыря въ рыбноводное Никольское казенное заведение, Новгородской губернии, и проживанія тамъ для обученія разведенію рыбы.				95	
281	82	Выдано иеродиакону его монастыря Кириллону на путевныя и харчевныя издержки при ездахъ монастырскаго леса изъ Лышской доли къ морскому берегу.				41	50

Факсимиле записи о командировке послушника Петра Хохлова на Никольский рыбноводный завод. 1882 г. (Источник: РГАДА, Ф.1183. Оп.1. Д.113. Л.27 об.–28).

Оказалось, что он не единственный из служителей монастырей изучал рыбноводство. В том же докладе Лебединцева можно увидеть фото монахинь рядом с рыбноводными садками. В 1910 г. среди практикантов записаны два послушника, а в 1911-м — два монаха Соловецкого монастыря [24]. Возможно, в эти годы монахи и послушники монастыря изучали рыбноводство для работы на открывшемся на Соловках заводе по разведению стерляди [5].

Таким образом, можно предположить, что Петр Хохлов в 1881 г. принял участие в посадке в соловецкие озера леща; в 1882 г. — ряпушки; в том же году обучался на курсах рыбноводства на заводе; в 1883 г. участвовал в посадке в соловецкие озера линя и хариуса и тогда же встречался на Соловках с Гриммом. Видимо, тогда же с его слов Гримм записал подробности о пересадках в озера рыбы в 1881 и 1883 гг.

Петр Хохлов был послушником, любая его деятельность должна была производиться с одобрения монастырского начальства. С 1879 по 1891 гг. настоятелем Соловецкого монастыря был архимандрит Мелетий [25].



Лаборатория Никольского рыбноводного завода, где работали практиканты [24].

Архимандрит

Из той же сноски в статье Гримма о Соловках видно, что на озерах предпринималась и другая деятельность, помимо вселения туда привезенных с материка рыб. Пересаживали окуня в озера, где раньше водилась только колюшка. Гримм обсуж-



Здание Соловецкой биостанции («сельдяной избы») в наши дни.

Фото Н.Э.Багирова

дал с Мелетием возможность разведения в озерах морской корюшки [4]. Заинтересованность монастыря в рыбоводных мероприятиях проявлялась также в том, что в то время, когда архимандрит Мелетий был настоятелем, монастырь выписывал журнал «Вестник рыбопромышленности»*, основателем и редактором которого был Гримм [26]. Подобная заинтересованность не была уникальным явлением для того времени: рыбоводством и акклиматизацией в XVIII–XIX вв. занимались Кирило-Белозерский, Валаамский, Свято-Троицкий и другие монастыри [17, 27, 28].

В истории биологии Мелетий известен тем, что во время его настоятельства и при его поддержке на Соловецких о-вах возникла биологическая станция. За поддержку российской науки архимандрит Мелетий в 1880 г. был избран действительным членом Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей, а в 1881 г. — его почетным членом. За труды по устройству биостанции ректор Императорского Санкт-Петербургского университета предложил представить его к награждению орденом Святого Владимира IV степени [25].

Вот отрывок из письма Мелетия профессору Санкт-Петербургского университета Н.П.Вагнеру: «Милостивый государь Николай Петрович! От 21 июля сего 1880 г. имел честь я получить Ваше почтенное письмо, в коем выражаете желание, чтобы Соловецкий Монастырь, для пользы приморского края жителей и их детей, основал образовательное заведение для искусственного рыбо-

водства, где бы натуралисты могли изучать естественные условия для жизни рыб и вообще животных Белого моря. А вместе с заведением искусственного рыбоводства предполагаете, чтобы обитель Соловецкая устроила и биологическую станцию... Согласно Вашего желания я и Учрежденный Собор вполне разделяем Ваше мнение во исполнение. Поэтому наша сельдяная изба, стоящая на берегу Соловецкой бухты, может вполне служить, как изволите писать, базисом для этого учреждения. К этой избе, согласно Вашего проекта и плана, обитель сделает пристройку, где будет размещено рыбоводное заведение для выплавивания икры и первоначальный питомник. А наверху избы построит второй этаж для помещения биологической станции...»**.

Из этого письма видно, что проект «рыбоводного заведения» предложил архимандриту Вагнер. Очевидно, это сыграло решающую роль в согласии Мелетия содействовать устройству биостанции. Об этом прямо говорится в статье, посвященной 100-летию Соловецкой биостанции: «Он (Мелетий) надеялся получить от станции помощь в решении ряда научно-практических задач. Монастырь был заинтересован в интродукции некоторых видов рыб в многочисленные озера Соловецких островов. Предполагалось разведение ряпушки для употребления ее вместо мойвы как наживки при ловле трески...». Оказывается, этот вопрос обсуждался уже в 1880 г., когда Вагнер при-

* РГАДА. Ф.1201. Оп.5. Д.5610–5612.

** Российский государственный исторический архив (РГИА). Ф.797. Оп.52. Отд.1. Ст.1. Д.115. Л.13–16.

ехал с экспедицией на Соловки [29]. Вагнер писал: «Здесь на первом плане всего ближе являлось введение искусственного рыбоводства, и Соловецкая биологическая станция должна была послужить этой цели» [30]. Поскольку сам Вагнер был зоологом беспозвоночных, в составлении проекта рыбоводного заведения он мог прибегнуть к помощи специалистов по рыбоводству, и вполне вероятно, что этим специалистом был Grimm, который работал в Санкт-Петербургском университете в одно время с Вагнером (1870–1878 гг.) [31] и принимал активное участие в работе Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей, занимавшегося организацией Соловецкой биостанции [29, 32].

Свидетельств участия работавших на биостанции зоологов в работе рыбоводного заведения или в изучении рыб не обнаружено. Они занимались здесь исследованием беспозвоночных животных. Упоминается только работа ихтиолога И.Н.Пущина по изучению беломорских рыб во время экспедиции на Соловки в 1880 г. [30], да в 1891 г. была опубликована статья о рыболовстве монастыря, написанная сотрудником университета И.К.Тарнани [33]. В 1888 г. на первом этаже «сельдяной избы» жили рыбаки, сведений о «рыбоводном заведении», находящемся в этом здании, не найдено.

* * *

Таким образом, мы располагаем документальными свидетельствами о следующих фактах: намерение Соловецкого монастыря развести в соловецких озерах ряпушку (около 1880 г.); наличие проекта рыбоводного заведения на Соловецких о-вах, предложенного профессором Н.П.Вагнером (1880 г.); устройство монастырем рыбоводного заведения (до 1883 г.); командирование послушника монастыря для обучения на Никольском рыбоводном заводе (1882 г.); отправление на Никольский рыбоводный завод посылки (1882 г.). Мы полагаем, что эти факты и то, что Grimm с 1879 г. был директором Никольского рыбозавода, не оставляют сомнений в его утверждении 1886 г.

об искусственном происхождении ряпушки в соловецких озерах. Кроме того, на основании этих фактов мы можем с достаточной степенью уверенности предполагать, что ряпушка была пересажена в соловецкие озера весной 1882 г. с Никольского рыбоводного завода, т.е. из ближайших к заводу озер Пестово и Велье (Демянский район Новгородской области). Из этих озер, ближайших к рыбозаводу, брали производителей. В оз. Пестово, где ряпушки в 1872 г. не было, она пересаживалась несколько раз с 1872 г. из соседнего оз. Велье [19, 34].

Интересно, что соловецкая ряпушка в настоящее время по морфологии отчасти сходна с коренной обитательницей Русского Севера и Сибири — сибирской ряпушкой [12]. Однако еще в 1956 г. она была значительно более сходна с европейской ряпушкой, а существенное изменение морфологии произошло за 33 года, с 1956 по 1989 г. [11]. Пластичность морфологических признаков, которые считались видовыми, и отсутствие качественных генетических различий между европейской и сибирской ряпушками дают нам основание предположить, что это не разные виды, а подвиды одного полиморфного вида, изучение которого очень важно для понимания процесса адаптации. Интересную и сложную проблему систематического положения разных популяций ряпушки мы подробно обсуждали в других работах [1, 12].

В данной статье мы рассматривали историю акклиматизации в соловецких озерах только одного вида рыб — ряпушки, так как история происхождения на Соловках именно этого вида вызывает наибольший интерес исследователей. Возможно, в дальнейшем удастся найти документальные свидетельства акклиматизации здесь и других видов (кумжи, сига, стерляди). Это существенно дополнит наши знания о фауне Соловецкого архипелага, которая становится модельным объектом как для изучения процесса послеледниковой заселения Севера, так и для вселения в северные сообщества чужеродных видов [35]. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 15-29-02550 офи_м) и Программы фундаментальных исследований Отделения биологических наук РАН «Рациональное использование биологических ресурсов России: фундаментальные основы управления».

Литература

1. Боровикова Е.А., Махров А.А. Систематическое положение и происхождение сигов (*Coregonus*) Европы: морфоэкологический подход // Тр. Карельского научного центра РАН. 2013. №6. С.105–115.
2. Грицевская Г.Л., Кябилева Г.К., Николаева Л.А., Семенов В.Н. Гидрология и гидрохимия Соловецких озер // Тр. СевНИОРХ. 1972. Т.6. С.5–44.
3. Натыйтник А. Соловецкие каналы: восточная система // Мелиоратор. 1990. №4. С.52–55.
4. Grimm О.А. О китобойном промысле на Мурмане. СПб., 1886.
5. Открытие рыбоводной станции на Соловецких островах // Изв. Архангельского общества изучения Русского Севера. 1912. №21. С.1001.
6. Захваткин А.А. Соловецкие озера. Соловки, 1927.
7. Анухина А.М. Ихтиофауна Соловецких озер // Тр. СевНИОРХ. 1972. Т.6. С.94–110.

8. Козьмин А.К. Рыбные ресурсы рек и озер европейского Северо-Востока России: их сохранение и использование. Мурманск, 2011.
9. Правдин И.Ф. Плотва соловецкая *Rutilus rutilus* (Linne) varietas ϵ nova // Тр. Карело-Финск. отд. ВНИОРХ. 1951. Т.3. С.27–35.
10. Мухомедияров Ф.Б. Ряпушка соловецкая (бассейн Белого моря) // Проблемы использования промысловых ресурсов Белого моря и внутренних водоемов Карелии. Вып. 1. М.; Л., 1963. С.207.
11. Кузищин К.В., Груздева М.А., Андреева А.П. и др. К вопросу о таксономическом статусе ряпушки (*Coregonidae*, *Osteichthyes*) Соловецких островов // Биологические основы изучения, освоения и охраны животного и растительного мира, почвенного покрова Восточной Фенноскандии. Тез. докл. междунар. конф. Петрозаводск, 1999. С.135–136.
12. Borovikova E.A., Alekseeva Ya.I., Schreider M.J. et al. Morphology and genetics of the ciscoes (*Actinopterygii*: *Salmoniformes*: *Salmonidae*: *Coregoninae*: *Coregonus*) from the Solovetsky Archipelago (White Sea) as a key to determination of the taxonomic position of ciscoes in Northeastern Europe // *Acta Ichthyologica et Piscatoria*. 2013. V.43. P.183–194. Doi:10.3750/AIP2013.43.3.02.
13. Доильницын В.П. Лов рыбы и зверя на Соловках // Новые Соловки. 1926. №1. С.2–3.
14. Алексеева Я. И., Андреева А.П., Груздева М.А. и др. Пресноводная ихтиофауна Соловецких островов (Белое море, Европейский Север России): история формирования и современное состояние // Рос. журн. биол. инвазий. 2014. №2. С.2–14.
15. Борисов П.Г. Из истории научно-промысловых ихтиологических исследований на морских и пресных водоемах СССР. М., 1960. С.30–32.
16. Кучин И. Доктор зоологии О.А.Гримм. Краткая биография // О.А.Гримм. Рыбоводство. М.;Л., 1931. С.5–7.
17. Grimm O.A. Fishing and hunting in Russian waters. St. Pb., 1883. P.42, 51.
18. Никольский завод для искусственного разведения рыбы ценных пород // Памятная книжка Новгородской губернии на 1871 год. Новгород, 1871. С.125–137.
19. Гримм О.А. Из практики Никольского рыбодовного завода // Журн. сельского хозяйства. СПб., 1881.С.7, 12.
20. Никольский рыбодовный завод // Новгород. губерн. ведомости. 1884. №16. С.7.
21. Гримм О.А. Рыбоводство. М.; Л., 1931.
22. Кудерский Л.А. Основоположник отечественного рыбодовства. К 180-летию со дня рождения В.П.Врасского (07.09.1829–10.01.1863) // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера. Мат. XXVIII междунар. конф. Петрозаводск, 2009. С.312–316.
23. Государственный архив Новгородской области. Фонды дореволюционного периода. Путеводитель. М., 2013. С.7.
24. Лебединцев А.А. Значение Никольского рыбодовного завода и надлежащая постановка его деятельности // Тр. совещания по рыбодовству. Петроград, 1914. Ч.2. Вып.1. С.164–185.
25. Архимандрит Мелетий. Биография // Историческое описание первоклассного ставропигиального Соловецкого монастыря, подготовленное архимандритом Мелетием (репринтное издание). 2011. С.315–321.
26. Насека А.М., Богуцкая Н.Г., Сподарева В.В. Предыстория, организация и научные результаты Каспийской экспедиции 1904 года под руководством Н.М.Книповича // Мат. 8-го ежегодного научного семинара «Чтения памяти К.М.Дерюгина». СПб., 2005. С.5–29.
27. Настольная книга для русских сельских хозяев / Сост. А.П.Людоговский, И.Н.Чернопятов, И.А.Стебут, А.А.Фадеев. Т.1. СПб. 1875. С.460.
28. Гавриил. О рыбодовстве на острове Валаам // Вестник рыбопромышленности. 1898. №10. С.489–491.
29. Гинецинская Т.А., Захарова М.А. Санкт-Петербургское Общество естествоиспытателей в изучении фауны Белого моря. К 100-летию Соловецкой биологической станции // Вестник Ленинградского университета. 1983. №21. Вып.4. С.100–105.
30. Вагнер Н.П. Беспозвоночные Белого моря. Зоологические исследования, произведенные на берегах Соловецкого залива в летние месяцы 1876, 1877, 1879 и 1882 гг. Николаем Вагнером Почетным Членом и Ординарным Профессором Императорского С.-Петербургского Университета. Т.1. СПб., 1885.
31. Сетевой биографический словарь профессоров и преподавателей Санкт-Петербургского университета (1819–1917). СПб., 2012.
32. Обзор деятельности Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей за первое двадцатилетие его существования (1868–1893). СПб., 1893.
33. Тарнани И.К. Рыболовство Соловецкого монастыря // Вестник рыбопромышленности. 1891. №12. С.387–394.
34. Лебединцев А.А., Эглит П.И. Успешные результаты разведения ряпушки (*Coregonus albula*) в казенном озере Пестово, Новгородской губернии // Никольский рыбодовный завод. 1909. №12. С.1–88.
35. Болотов И.Н. Пути формирования фауны Соловецкого архипелага (Белое море, северо-запад России) // Зоол. журн. 2014. Т.93. №1. С.129–144.

Были ли американцы на Луне?

А.Т.Базилевский

Институт геохимии и аналитической химии имени В.И.Вернадского РАН (Москва, Россия)

Время от времени в средствах массовой информации и в блогосфере обсуждается вопрос, были ли американцы на Луне или программа «Аполлон» — мистификация со съемками якобы лунных сюжетов в Голливуде. Главное доказательство, что космические аппараты (КА) «Аполлоны» на Луну летали и садились на ее поверхность, — доставленные ими на Землю образцы лунного вещества: прежде всего, лунного грунта. Лунный грунт — очень специфическое вещество с признаками образования за счет метеоритной бомбардировки в условиях отсутствия атмосферы (ударное дробление и плавление, микрократеры на поверхности частиц, следы облучения солнечными и галактическими космическими лучами). Лунный грунт, доставленный «Аполлонами», очень похож на образцы, доставленные советскими КА «Луна-16, -20 и -24» и отличается по ряду признаков от образцов земного вещества, что практически невозможно сфальсифицировать. И даже, если бы попытки фальсификации были, они должны были совместно координироваться американским и советским руководством. В условиях жесткой конкурентной борьбы между странами это вряд ли было возможно. Второе доказательство, что «Аполлоны» и летали к Луне, и садились на нее — снимки с разрешением около 0.5 м, полученные американским КА «Lunar Reconnaissance Orbiter». На них видны оставшиеся на Луне посадочные модули «Аполлонов», научная аппаратура и следы космонавтов и луномобилей. Предположение, что изображения этих артефактов могли быть искусственно вставлены в лунные сюжеты, крайне невероятно, потому что ряд других стран уже близки к получению снимков Луны с таким же высоким разрешением.

Ключевые слова: полет на Луну, лунный грунт, программа «Аполлон».

Have Americans been on the Moon?

A.T.Basilevsky

Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, RAS (Moscow, Russia)

From time to time in media and blogosphere is discussed a question: If Americans were on the Moon or the Apollo program is a mistification with filming of fake lunar subjects in Hollywood? The main evidence that Apollo spacecraft flew to the Moon and landed on its surface is brought by them to Earth samples of lunar materials, first of all, samples of lunar soil. Lunar soil is very specific material with features of formation due to meteorite bombardment at the absence of atmosphere (impact fragmentation and melting, microcraters on the surface of particles, traces of irradiation by the solar and galactic cosmic rays). Samples of lunar soil brought by Apollos are very similar to samples brought by Soviet Lunas, and are different in a number of features from samples of terrestrial materials. They practically can not be falsified and even if the falsification attempts did exist they should be mutually coordinated by American and Soviet high authorities, that in the harsh competition between these two countries looks impossible. The second evidence that Apollo missions flew to the Moon and landed on it is presented by images with resolution about 0.5 meters taken by the American Lunar Reconnaissance Orbiter. In these images are well seen left on the Moon the Apollo lander modules, scientific equipment and footprints of astronauts and tracks of the Apollo lunar roving vehicles. A suggestion that images of these artefacts could be artificially installed in the lunar landscapes is highly improbable because a number of other countries are close to receive images of the Moon with so high resolution.

Key words: mission to the Moon, lunar soil, «Apollo» program.

Время от времени в средствах массовой информации и в блогосфере снова и снова начинает обсуждаться вопрос, были ли американцы на Луне или программа «Аполлон» — мистификация со съемками якобы лунных сюжетов в Голливуде. Один из последних примеров такого обсуждения — состоявшаяся 15 марта сего года на ТВЦ передача «Постскриптум»*. Мне кажется, я могу в этой статье предоставить понятные мне (и, надеюсь, всем или почти всем) факты, из которых следует: есть серьезные основания считать, что космические аппараты (КА) «Аполлон» на Луну летали.

Главное доказательство того, что «Аполлон-11», -12, 14–16 и -17» на Луну летали и садились на ее поверхность, — доставленные ими на Землю образцы лунного вещества: грунта и обломков горных пород. Лунный грунт — очень специфическое вещество. Это разнородный нецементированный грунт со средним размером слагающих частиц около 50–100 мкм, т.е. в значительной мере — пыль [1, 2]. Поскольку на Луне нет атмосферы, на частицах грунта нет «микрослоя» атмосферного газа, поэтому грунт и слипается, как если бы он был влажным (рис.1). На земной пыли такой четкости отпечатков не получается.

Лунный грунт состоит из передробленных ударами метеоритов и микрометеоритов обломков лунных горных пород и минералов, кусочков стекла — продуктов плавления, вызванного теми же ударами, и так называемых агглютинатов — мелких обломков, сцементированных этим же стеклом (рис.2).

На поверхности лунных камней и частиц лунного грунта нередко видны микрократеры, сформированные высокоскоростными ударами микро-



Рис.1. След космонавта Нейла Армстронга (Neil Armstrong) в месте посадки КА «Аполлон-11».

Фото НАСА

метеоритов, — свидетели отсутствия атмосферы там, где камни и грунт образовались (рис.3).

Отсутствие на Луне атмосферы приводит также к облучению грунта солнечным ветром и галактическими космическими лучами, что вызывает некоторые изменения состава очень тонкого слоя частичек грунта, появление треков от проникновения частиц галактических лучей и накопление в грунте космогенных изотопов, например ^{38}Ar [3, 4].

Луна — относительно небольшое тело, и вулканическая—магматическая активность на ней продолжалась сравнительно недолго. Базальты, развитые в пределах так называемых морских равнин, имеют абсолютный возраст, в основном, 3.2–3.9 млрд лет, а горные породы лунных матери-

* <https://www.youtube.com/watch?v=P7pUhM5QtC8>

© Базилевский А.Т., 2017

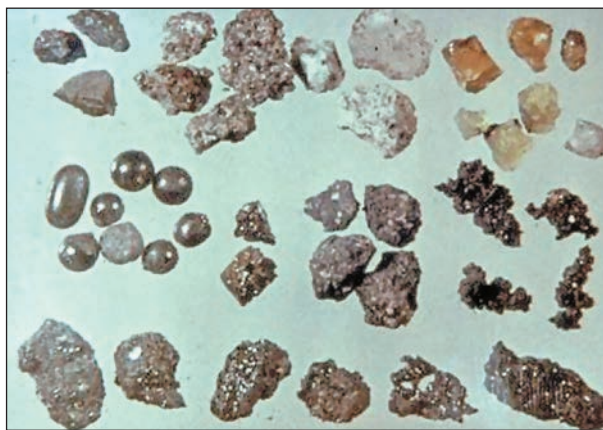
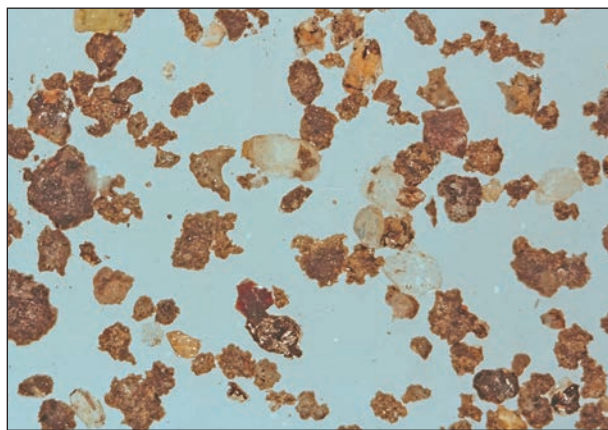


Рис.2. Частицы грунта «Аполлона-11» (слева) и «Луны-16», фракции >0.09 и >0.45 мм, соответственно. Видны обломки пород и минералов (зеленый полупрозрачный — оливин). На подборке частиц «Луны-16» различаются в середине шарики стекла — застывшие в полете брызги ударного расплава.

Фото НАСА и Института геохимии и аналитической химии имени В.И.Вернадского РАН (ГЕОХИ РАН)

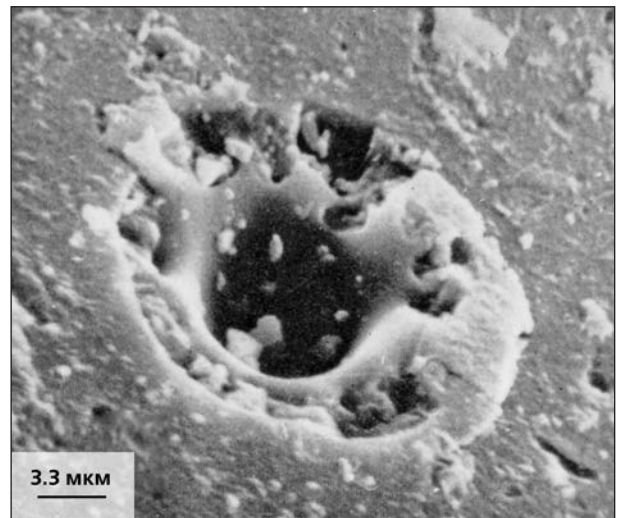
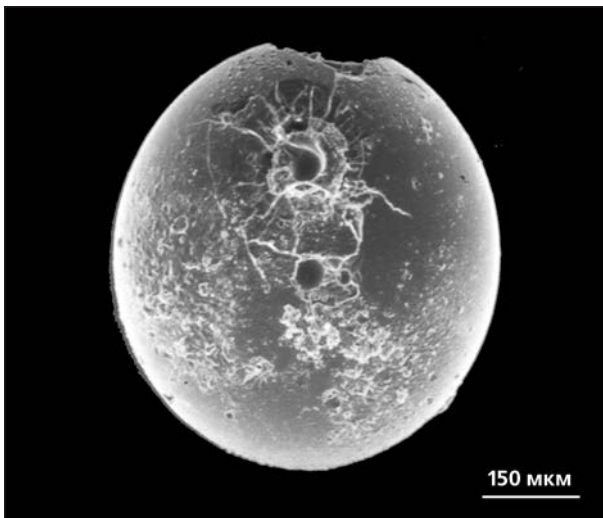


Рис.3. Шарик ударного расплава из грунта, доставленного одним из «Аполлонов» (слева) и микрократер на стеклянном шарике из коллекции «Луны-16». Изображения получены методом сканирующей электронной микроскопии.

Фото НАСА и ГЕОХИ РАН

ков датируются, как образовавшиеся 4.4–4 млрд лет назад [5–7]. На Земле такие древние горные породы встречаются крайне редко [8].

Важно отметить, что доставленные «Аполлонами» образцы лунного вещества (особенно лунный грунт) и образцы, доставленные нашими космическими аппаратами «Луна-16, -20 и -24», представляют собой вещество одного типа. Образцы очень похожи друг на друга (см. рис.2, 3) и резко отличаются от различных земных веществ. Некий скептик может сказать, что это — искусственная подделка, но тем самым он признает, что в разгар холодной войны советское руководство вступило в преступный сговор с американским руководством. И что по взаимному согласию были изготовлены фальшивые образцы, и что сделано это было для прославления недружественной нам Америки, которой гонку к Луне мы проиграли. Как-то не вяжется.

Отмечу также, что при всем сходстве лунных образцов они все-таки отличаются друг от друга по химическому и минеральному составу. Различия эти согласуются с различными по составу горными породами, развитыми в местах посадки, что четко видно по данным дистанционного зондирования Луны с космических аппаратов и с Земли. Так, «Аполлон-11» сел в зоне развития высоко-титанистых базальтов, и привезенные им грунт и обломки горных пород — высокотитанистые. Похожие базальты распространены и в месте посадки «Аполлона-17», соответственно, доставленные оттуда образцы — тоже высокотитанистые [9].

Есть скептики, которые не верят, что «Аполлон-11» летал на Луну, но верят, что более поздние «Аполлоны» летали. Такой скептик мог бы сказать: «А, эти фальсификаторы отсыпали часть образцов «Аполлона-17» и выдают их за образцы,

привезенные не летавшим на Луну «Аполлоном-11». Но подобный вариант не проходит, так как образцы, доставленные «Аполлоном-11» были переданы ученым для изучения в конце 1969 г., а «Аполлон-17» был на Луне в конце 1972 г.

Завершая часть про образцы, должен сказать, что в 70-е годы США и СССР заключили соглашение, по которому с каждой доставки лунных образцов доставившая сторона передавала другой стороне 3 г образцов. В результате мы передали американцам $3 \times 3 = 9$ г вещества, доставленного нашими «Лунами», а они выдали нам $6 \times 3 = 18$ г образцов, привезенных их «Аполлонами». Эти образцы активно изучались и, уверяю вас, если бы была какая-нибудь фальшивка, мои товарищи не промолчали бы.

Второе доказательство, что «Аполлон-11» и «Аполлоны-12, -14–16 и -17» летали к Луне и сдились на нее, — снимки с разрешением ~0.5 м (а в некоторых случаях — до 0.25 м), которые получил запущенный в 2009 г. американский КА «Lunar Reconnaissance Orbiter» [10]. На этих снимках (рис.4, 5) видны оставшиеся на Луне посадочные модули, научная аппаратура, следы космонавтов и луномобилей, на которых они передвигались на далекие (километры) расстояния*.

На этих же снимках видны и наши луноходы, и посадочные модули наших «Лун»**.

На рис.4,а хорошо различаются посадочный модуль (LM) «Аполлона-11», некоторые выгруженные на поверхность научные приборы и четкие темные следы космонавта Н.Армстронга, который

* http://www.apollo.mem-tek.com/LRO_NAC_Apollo_Images.html, https://www.nasa.gov/mission_pages/apollo/revisited/index.html#.WSkRD-vyiM8.

** http://www.lroc.asu.edu/featured_sites/#LunaLandingSites.

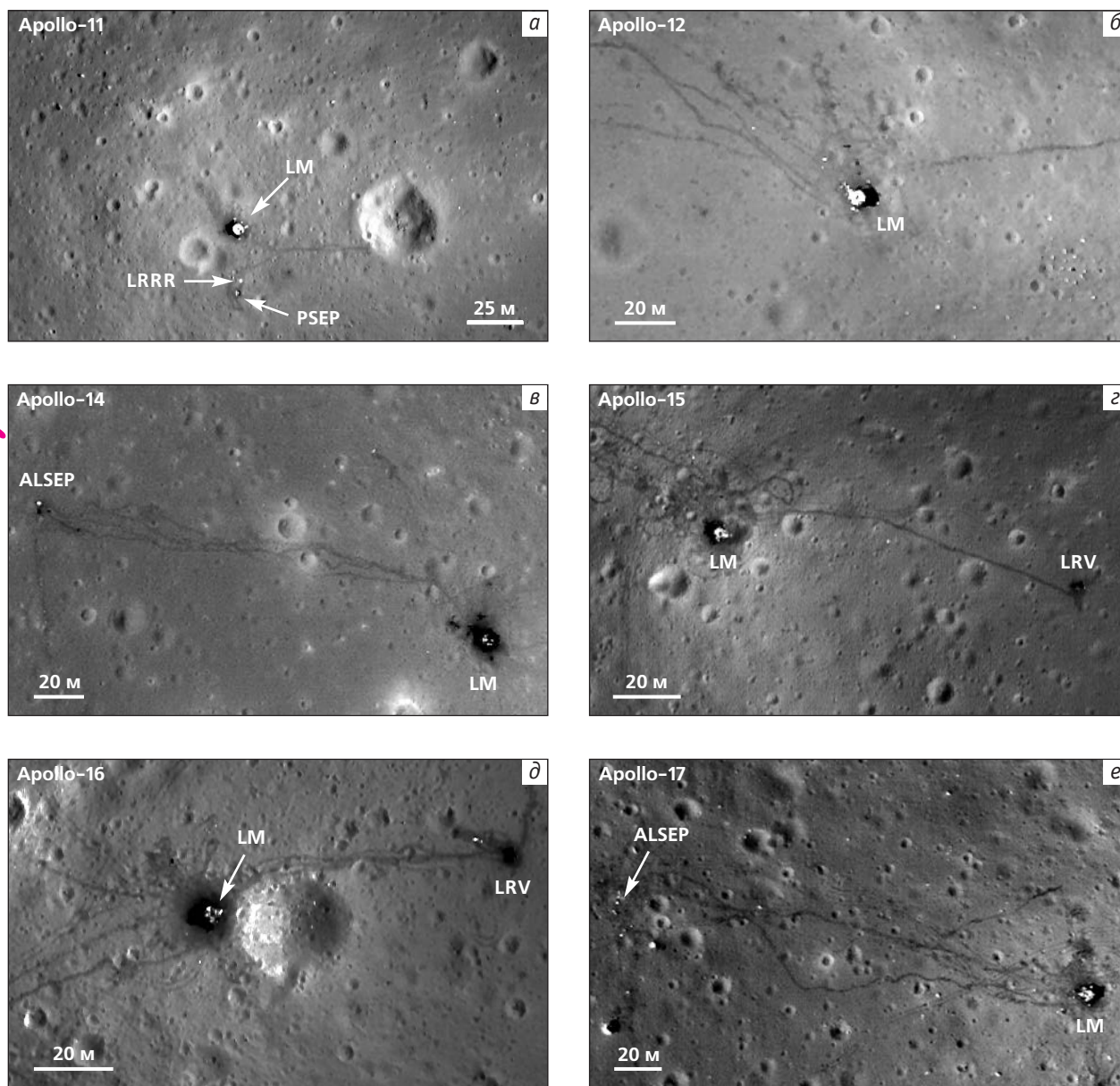


Рис.4. Снимки мест посадки КА «Аполлона-11, -12, -14-16 и -17», полученные камерами LROC NAC с борта КА «Lunar Reconnaissance Orbiter». Эксперименты: ALSEP — Apollo Lunar Surface Experiments Package, PSEP — Passive Seismic Experiment, LRRR — Lunar Laser Ranging Experiment.

Здесь и далее фото НАСА (NASA/LPL ASU)

подходил к кратеру Little West (справа на снимке). Пользуясь указанной выше ссылкой на снимки мест посадки «Аполлонов», можно посмотреть еще 19 других снимков LROC NAC этого участка. На рис.4,б видны посадочный модуль «Аполлона-12» и следы космонавтов (на указанном ресурсе в Интернете есть еще 19 снимков LROC NAC этого места). На рис.4,в видны посадочный модуль «Аполлона-14», следы космонавтов и блок приборов ALSEP (по указанной ссылке можно посмотреть еще 21 снимок LROC NAC этого места). На рис.4,г различимы посадочный модуль «Аполлона-15», луно-мобиль (LRV) и следы космонавтов и колес лу-

номобиля. По указанной ссылке можно посмотреть еще 17 LROC NAC снимков этого места. На рис.4,д видны посадочный модуль «Аполлона-16», а также луно-мобиль и следы космонавтов и колес луномобиля. По указанной ссылке можно посмотреть еще 15 LROC NAC снимков этого места. На рис.4,е различимы посадочный модуль «Аполлона-17», следы космонавтов и колес луномобиля (на указанном ресурсе есть еще 16 снимков LROC NAC этого места). На рис.5,а видна посадочная платформа КА «Луна-17», доставившая на Луну «Луноход-1», а также заметны его следы, в том числе круги разворота на месте. В правой

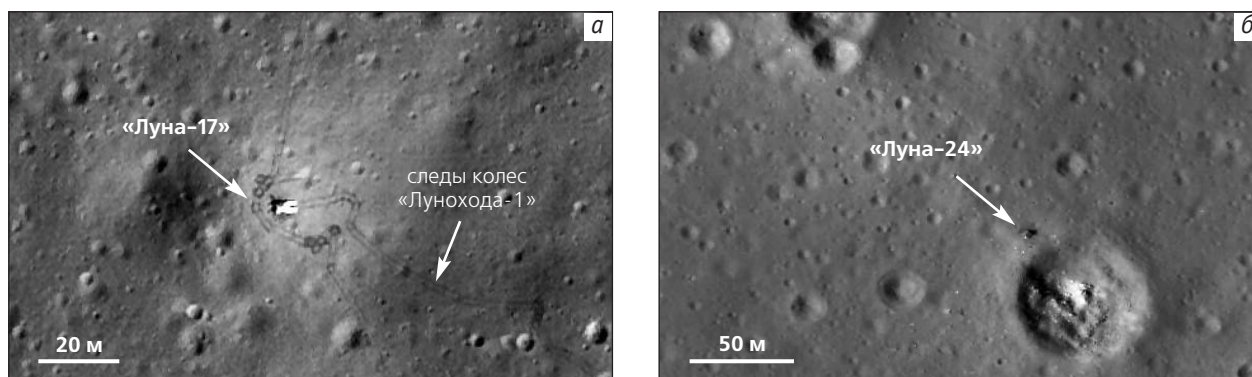


Рис.5. Снимки мест посадки КА «Луна-17 и -24», полученные камерами LROC NAC с борта КА «Lunar Reconnaissance Orbiter».

части платформы видна двойная аппарель, по которой луноход съехал на поверхность. На рис.5,б видны посадочная платформа «Луны-24», которая доставила на Луну грунтозаборное устройство и возвращаемую ракету. Последняя привезла образцы лунного вещества на Землю. На снимке видно, что «Луна-24» села в нескольких метрах от крутого внутреннего склона свежего кратера. Посадка на него наверняка вела к катастрофе. Но тогда нам повезло.

Конечно, упоминавшийся скептик может сказать, что снимки LROC NAC — американские, и американцы могли с помощью чего-то вроде

фотошопа вставить в реальные снимки лунной поверхности все, что угодно. Думаю, однако, что американцы не идиоты. Они знали, что и другие страны скоро начнут получать снимки поверхности Луны с очень высоким разрешением, и обман тут же раскроется.

Итак, наличие привезенных «Аполлонами» на Землю образцов лунного вещества — близких по характеристикам к образцам, доставленным нашими «Лунами», и снимки, на которых видны посадочные модули всех «Аполлонов», на мой взгляд, доказывают, что американцы на Луну сели и благополучно с нее возвращались. ■

Литература

1. Флоренский К.П., Базилевский А.Т., Иванов А.В. Роль экзогенных факторов в формировании лунной поверхности // Космохимия Луны и планет: Труды Советско-американской конференции по космохимии Луны и планет / Отв. ред. А.П.Виноградов. М., 1975. С.439–452.
2. McKay D.S., Heiken G., Basu A. et al. The lunar regolith // Lunar Sourcebook. A User's Guide to the Moon. Cambridge, 1991. P.285–356.
3. Vaniman D., Reedy R., Heiken G. et al. The lunar environment // Lunar Sourcebook. A User's Guide to the Moon. Cambridge, 1991. P.27–60.
4. Кашкаров Л.Л., Генаева Л.И., Лаврухина А.К. Радиационная история вещества, доставленного советскими автоматическими станциями «Луна-16» и «Луна-20» по данным трековых исследований // Космохимия Луны и планет: Труды Советско-американской конференции по космохимии Луны и планет / Отв. ред. А.П.Виноградов. М., 1975. С.593–601.
5. Кирстен Т., Хорн П. Датирование образцов базальтов и брекчий, доставленных «Аполлоном-17», и образца ахондрита Malvern по отношению Ar39-Ar40 // Космохимия Луны и планет: Труды Советско-американской конференции по космохимии Луны и планет / Отв. ред. А.П. Виноградов. М., 1975. С.387–401.
6. Тацумото М., Нан П.Д., Унру Д.М. Ранняя история Луны. Применение U-Th-Pb и Rb-Sr изотопных методов исследования // Космохимия Луны и планет: Труды Советско-американской конференции по космохимии Луны и планет / Отв. ред. А.П. Виноградов. М., 1975. С.372–386.
7. Taylor G.J., Warren P., Ryder G. et al. Lunar rocks // Lunar Sourcebook. A User's Guide to the Moon. Cambridge, 1991. P.183–284.
8. O'Neil J., Carlson R.W., Francis D., Stevenson R.K. Neodymium-142 evidence for Hadean mafic crust // Science. 2008. V.321. P.1828–1831.
9. Шмитт Г.Г. Эволюция Луны: Модель 1974 года // Космохимия Луны и планет: Труды Советско-американской конференции по космохимии Луны и планет / Отв. ред. А.П.Виноградов. М., 1975. С.345–357.
10. Robinson M., Brylow S., Tschimmel M. et al. Lunar reconnaissance orbiter camera (LROC) instrument overview // Space Science Reviews. 2010. V.150. P.81–124.

Научные сообщения

Подземные воды Дагестана: рациональное использование

Ш.Г.Самедов¹, Т.И.Абдулганиева¹

¹Институт геологии Дагестанского научного центра РАН (Махачкала, Россия)

Подземные воды — один из основных источников водоснабжения Республики Дагестан. Добывают их в основном из источников Терско-Кумского артезианского бассейна. Вода интенсивно используется для хозяйственно-питьевого и производственно-технического водоснабжения, для орошения земель и воднения пастбищ. Отбор воды часто значительно превышает потребность в ней, многолетняя нерегулируемая эксплуатация на предельном гидродинамическом режиме приводит к снижению уровней, формированию обширных депрессионных областей и воронок, истощению запасов и ухудшению качества подземных вод. К основным видам водохозяйственной деятельности, приводящим к развитию техногенного подтопления, заболачивания и засоления почв, относятся ненормированное орошение, а также интенсивный и нерегулируемый отбор подземных вод и сброс их на поверхность без использования. В статье представлены фактические материалы об изменении состава и качества подземных вод, приведены данные о состоянии гидродинамического режима. Изложены результаты полевых и лабораторных исследований, показаны уровни мышьяковистого, железистого загрязнений, превышение ПДК марганца, фенола, брома, кремния и др. в пресных подземных водах. Предложены практические меры, которые могут разрешить экологические проблемы территории артезианского бассейна.

Ключевые слова: артезианский бассейн, Республика Дагестан, подземные воды, предельно допустимые концентрации, класс опасности, хозяйственно-питьевое водоснабжение, водоносный комплекс, загрязняющие вещества, водозабор.

Groundwater of Dagestan: rational usage

Sh.G.Samedov¹, T.I.Abdulghanieva¹

¹Institute of Geology, Dagestan Scientific Center, RAS (Makhachkala, Russia)

Groundwater of the republic are one of the main source of water supply of the population of the Republic of Dagestan. The most widely for drinking and utility and water supply groundwater are used Terek-Kuma artesian basin. The withdrawal of water often greatly exceeds the need for it. Long-term unregulated operation at the extreme hydrodynamic regime leads to a decrease in levels, the formation of extensive depression areas and funnels, depletion of reserves and deterioration of groundwater quality. The main types of water activities, leading to the development of technogenic flooding, waterlogging, soil salinity areas are not normalized irrigation and intensive and unregulated groundwater extraction and discharge them to the surface without the use of. The actual materials about change of structure and quality of underground waters are presented in article, data on a condition of the hydrodynamic mode are provided. Results of field and laboratory researches are given, levels of arsenous, ferruterous pollution, excess of maximum concentration limit of manganese, phenol, bromine, silicon etc. in fresh groundwater are shown. Practical measures which can resolve environmental problems of territories of the artesian basin are proposed.

Key words: artesian basin, Republic of Dagestan, ground water, maximum permissible concentrations, hazard class, utility and drinking water supply, aquifer system, resources, contaminants, water intake.

Подземные воды — один из основных, а иногда и единственный источник водоснабжения в Дагестане. Особенно важны они для северных районов республики, где проживает более 900 тыс. человек.

Доля подземных вод в питьевом и хозяйственно-бытовом водоснабжении республики составляет около 70%, при этом жители крупных городов и населенных пунктов (Кизляра, Дербента, Дагестанских Огней, Южно-Сухокумска, Бабаюрта, Терекли-Мектеба, Тарумовки и др.) пользуются только подземной водой. Добывают ее в основном из источников Терско-Кумского артезианского бассейна (ТКАБ), который, в свою очередь, входит в состав более крупного Восточно-Предкавказского артезианского бассейна (ВПАБ) [1].

В толще плиоцен-четвертичных отложений Восточного Предкавказья выделяется несколько основных напорных водоносных комплексов [2]:

хазарско-хвалынский, бакинский, апшеронский, акчагыльский и др. Больше всего воды добывается из хазарско-хвалынского, бакинского и апшеронского комплексов (из них через более 1100 водозаборов откачивают свыше 127 тыс. м³ воды в сутки).

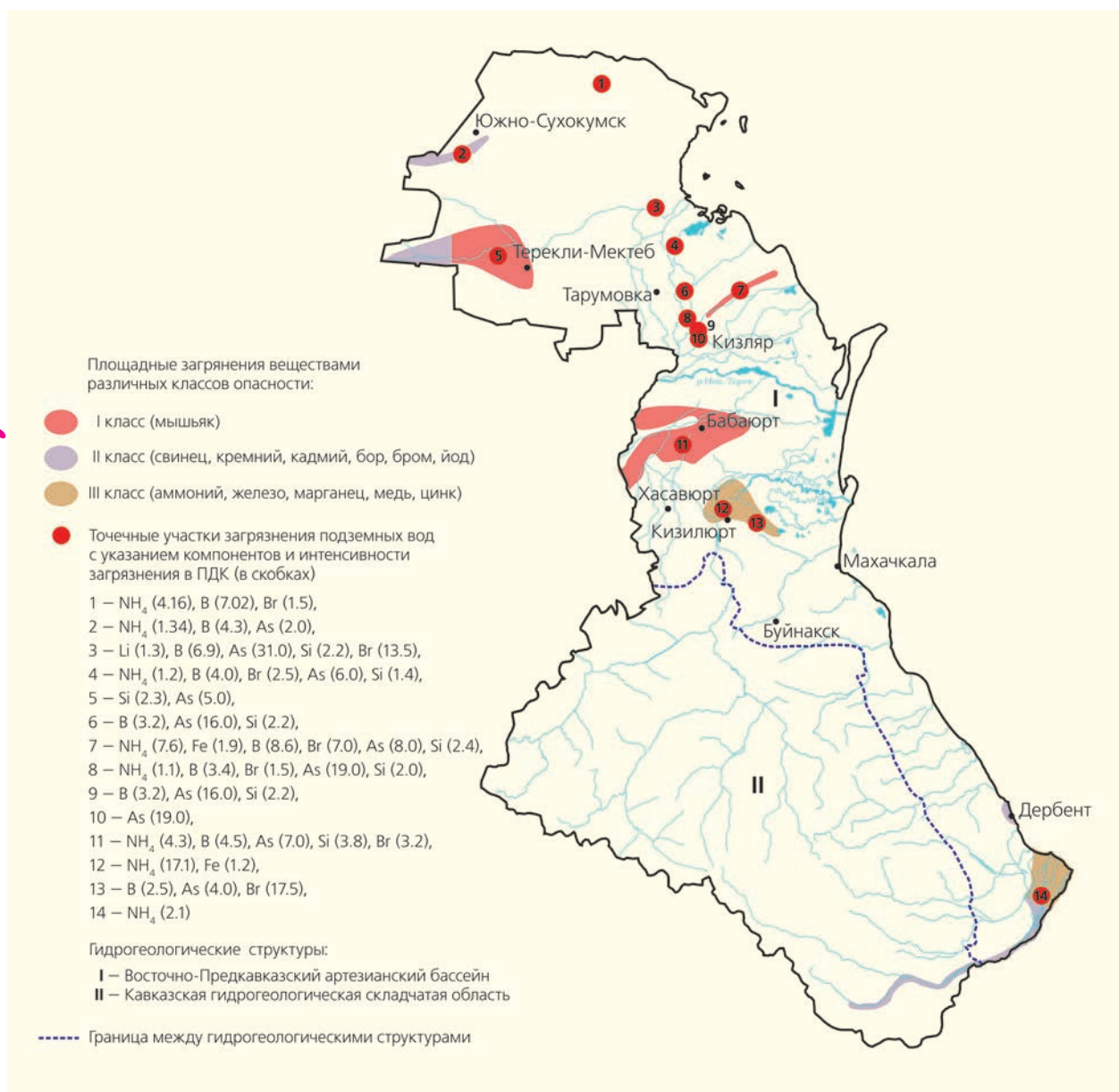
Всего же в пределах Северо-Дагестанской низменности разведано 26 участков и месторождений пресных подземных вод, действует более 3800 одиночных и групповых водозаборов, в сумме поставляющих более 288 тыс. м³ воды в сутки, из них 65 имеют водоотбор, превышающий 500 м³/сут.

Одна из важнейших задач изучения подземных вод — оценка изменения их гидродинамических параметров и химического состояния в ходе интенсивной эксплуатации водоносных горизонтов. Такие работы мы провели в 2012 г. Было изучено гидродинамическое состояние вод апшеронского и бакинского комплексов ТКАБ в районах интенсивной эксплуатации, а также степень их загрязнения.

© Самедов Ш.Г., Абдулганиева Т.И., 2017



Обзорная карта Терско-Кумского артезианского бассейна.



Карты выявленных участков загрязнения подземных вод на территории Республики Дагестан в 2012 г.

В пределах ТКАБ основное негативное влияние на подземные воды оказывают два вида водохозяйственной деятельности — ненормированное орошение (по данным ФГУ «Дагводресурсы», в 2012 г. для орошения было использовано 1.8 млн м³ воды, что составило около 4.5 м³ на гектар), а также интенсивный и нерегулируемый отбор подземных вод и сброс их на поверхность без использования. Так, неучтенный сброс (т.е. потери) подземных вод через самоизливающие скважины в 2012 г. достигал 159.1 тыс. м³/сут [3].

На севере Дагестана (в Ногайском, Тарумовском, Кизлярском, Хасавюртовском, Кизилюртовском и Кумторкалинском районах) в 2012 г. из хазарско-хвалынского, бакинского и апше-

ронского комплексов получено 99.74 млн м³ воды (273.26 тыс. м³/сут) — это 61% от общего водоотбора по республике. По сравнению с 2011 г. эта цифра практически не изменилась [4].

В 2012 г. отмечено повышение уровня подземных вод бакинского комплекса на 0.03–0.24 м по сравнению с 2011 г. В целом уровень оказался выше среднеевропейского на 0.1–0.93 м. При этом в пределах крупных водозборов (Кизляра и Южно-Сухокумска) вода опустилась на 0.01–0.37 м. По сравнению со средним многолетним значением уровень здесь ниже на 0.07–0.35 м.

Гидродинамический режим апшеронского водоносного комплекса ТКАБ согласуется с режимом бакинского. Практически на всей террито-

рии бассейна в 2012 г. уровни повысились в основном на 0.03–0.05 м и превысили многолетние на 0.1–0.3 м. И только в пределах крупных водозаборов (сел Кочубей и Бабаюрт) было отмечено небольшое снижение на 0.08–0.11 м, а в многолетнем разрезе — на 0.35–1.42 м. Амплитуда колебаний уровня здесь составила от 0.2 до 0.4 м.

Необходимо также отметить, что в западной части ТКАБ в 2012 г. отмечено резкое повышение уровня воды на всех комплексах от неоплейстоценового до эоценового возраста, находящихся в интервале глубины от 10 до 265 м. Уровень бакинско-водоносного комплекса повысился на 0.84 м (по сравнению со средним многолетним — на 2.16 м), апшеронского — на 0.6 м (по сравнению с многолетним — на 0.7 м). Амплитуда колебания уровня составила 1.4–2.16 м. Скорее всего, это связано с региональными изменениями в гидродинамическом режиме подземных вод в целом по всему ВПАБ.

Общая площадь загрязнения подземных вод в пределах Республики Дагестан составляет более 5 тыс. км² [5, 6]. Отмечено превышение ПДК компонентов, относящихся к четырем классам опасности: чрезвычайно опасных (мышьяк), высокоопасных (бром, кремний, бор, кадмий, барий, свинец, литий, йод), опасных (марганец, железо, аммоний) и умеренно опасных (нефтепродукты, сульфаты).

Так, в 2012 г. в грунтовых и слабонапорных хазарско-хвалынских водах первого от поверхности водоносного комплекса в естественных условиях концентрации брома и кремния (обычно нехарактерных для данного водоносного горизонта) превышали ПДК в 2.5–5.5 раз. Количество нефтепродуктов по сравнению с 2011 г. снизилось до предельно допустимых значений (0.01–0.11 мг/дм³), но их присутствие фиксировалось во всех пробах.

В воде бакинского комплекса было по-прежнему высоко содержание кремния (1.5–2.5 ПДК), мышьяка (10–26 ПДК), брома (2.5–5 ПДК), фиксировался марганец (до 2.7 ПДК).

В апшеронском водоносном комплексе отмечено повышенное по сравнению с 2011 г. содержа-

ние кремния (1.4–32.5 ПДК), бора (3.7–8.4 ПДК), брома (2.5–11 ПДК), мышьяка (7–18 ПДК), концентрация марганца снизилась до предельно допустимых норм, мышьяка — на 8 ПДК.

Примерно 50–55% источников питьевой воды в Дагестане не соответствуют нормативным требованиям, что негативно отражается на здоровье населения. Наибольшие изменения в гидрохимическом состоянии подземных вод основных эксплуатационных комплексов отмечены на шести участках (там же, где такие изменения фиксировались и ранее): это Бабаюртовская и Кизлярская площади в центральной части ТКАБ, а также Юго-Западная, Ногайская, Западно-Ногайская, Северо-Ногайская (Дагестанская) в его северной части [6].

Отметим также, что на землях отгонного животноводства насчитывается более 1300 «бесхозных скважин» [4]. Около 80–90% добываемой воды здесь выбрасывается на поверхность, что приводит к повышению уровня соленых грунтовых вод и процессам вторичного засоления сотен гектаров земель ежегодно.

Интенсивная добыча подземных вод в Дагестане часто приводит к снижению уровней, формированию обширных депрессионных областей и воронок, истощению запасов и ухудшению качества подземных вод (росту минерализации и увеличению концентраций мышьяка и других токсичных элементов). В этих условиях особенно важно обеспечить охрану резервных и существующих источников, а также их рациональное использование. Во избежание дальнейшего загрязнения подземных вод ТКАБ большинство артезианских скважин подлежат капитальному ремонту или же ликвидации.

Для повышения эффективности использования подземных вод ТКАБ необходимо регулярно контролировать их гидродинамическое и гидрохимическое состояние, расширять и оптимизировать наблюдательные сети, разрабатывать методологию по способам очистки вод от загрязняющих элементов. ■

Литература

1. Гохберг Л.К., Ефремов Д.И., Клюквин А.Н. и др. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод Терско-Кумского артезианского бассейна. Геологический отчет. М., 1977.
2. Водоватова З.А., Гохберг Л.К., Ефремов Д.И. и др. Методика обоснования региональных гидрогеологических моделей многослойных систем. М., 1982.
3. Самедов Ш.Г., Ибрагимов Т.И. Гидрохимическое состояние подземных вод Восточно-Предкавказского артезианского бассейна (в пределах Республики Дагестан) // Вода: химия и экология. 2014. №4. С.3–10.
4. Информационный бюллетень о состоянии недр территории Республики Дагестан за 2012 г. Вып.16. Махачкала, 2013.
5. Самедов Ш.Г., Ибрагимов Т.И. Экологические аспекты содержания мышьяка в подземных водах равнинной части Дагестана // Труды Института геологии ДНЦ РАН. 2014. №64. С.278–281.
6. Самедов Ш.Г., Ибрагимов Т.И. Загрязнение мышьяком подземных вод равнинной части Дагестана // Экология и промышленность России. 2015. Т.19. №5. С.61–63. Doi: dx.doi.org/10.18412/1816-0395-2015-5-61-63.

Трудности научного перевода: *примеры стилистических дефектов с указанием возможных способов их устранения и попутными комментариями*

Ю.И.Лашкевич

Настоящая подборка составлена Юрием Ильичем Лашкевичем (1918–1999) — переводчиком и научным редактором издательства «Мир» (ныне упразднено), где он трудился с 1977 г. и до выхода на пенсию. За это время он перевел с английского языка более 20 книг по биологии, физике, бионике и множество книг (в основном по биологии) отредактировал. Мы публикуем лишь небольшую подборку, которая собрана Юрием Ильичем в результате просмотра переводов, поступивших в редакцию биологии издательства. Задуман материал был в помощь тем переводчикам, у которых слабое место — именно стиль, а не знание предмета или иностранного языка. Автор намеренно ограничился рассмотрением только стилистических трудностей. Во-первых, достаточно полный анализ допускаемых переводчиками погрешностей, в том числе неточностей и прямых ошибок в передаче смысла, вероятно, оказался бы слишком трудной задачей. Во-вторых, разбор смысловых ошибок неизбежно был бы привязан к специальной биологической тематике, часто к определенным узким разделам биологии, а подобранный материал полезен переводчикам и редакторам, имеющим дело с текстами из разных областей естествознания.

Ключевые слова: научный перевод, научное редактирование, стилистические погрешности.

The difficulties of scientific translation: *the list of stylistic defects with the examples of their plausible corrections and incidental comments*

Yu.I.Lashkevich

This collection of examples was created by Yury Il'ich Lashkevich (1918–1999), who worked as a translator and scientific editor in the publishing house «Mir» (now abolished) from 1977 prior to retirement. He translated into Russian more than 20 English books on biology, physics and bionics and edited a great number of books (mainly on biology). We publish here only a small portion of his remarks, which he collected from translations received by the biological sector of publishing house. The material aimed to help those translators who have problems with Russian scientific style, but not with English *per se* nor with the professional knowledge. The author intentionally confined himself to consider stylistic difficulties only. The reasons of this limitation were the following. First, the complete analysis of all the translators' inaccuracies and errors would be the task too difficult to perform. And second, the analysis of inaccuracies in the meaning of the text would be inevitably connected to narrow fields of biology, while the collected material is helpful for translators and editors dealing with the texts on different areas of natural sciences.

Key words: scientific translation, scientific editing, infelicities of style.

Задача переводчика состоит в том, чтобы верно передать смысл оригинала в форме, по возможности близкой к оригиналу. «По возможности близкой» означает, что все отступления должны быть оправданы особенностями русского языка, требованиями ясности или иными требованиями стиля.

Перевод в целом не должен быть ни буквальным подстрочником, ни вольным пересказом оригинала, хотя элементы того и другого обязательно будут в любом случае. Если буквальный перевод какой-то фразы хорошо передает ее смысл и хорошо звучит по-русски, нет оснований изменять его. И наоборот, можно (и должно) пересказать содержание своими словами, если иначе «никак не получается». В последнем случае не нужно лишь допускать потерю существенной информации или, наоборот, приносить от себя то, чего нет в тексте (или хотя бы в достаточном явном подтексте) оригинала.

Верность научного перевода будет определяться тем, насколько хорошо переводчик знает язык оригинала и, главное, насколько он знаком с соответствующей областью науки. Однако перевод должен быть не только верным: нужно, чтобы его легко было читать, чтобы верный смысл был передан ясно и доходчиво. Иными словами, переводчик должен в какой-то мере владеть литературным стилем — уметь хотя бы избегать грубых стилистических дефектов, затрудняющих чтение и понимание. Язык научного перевода может не быть изящным, но во всяком случае не должен быть корявым и тяжеловесным.

Значение чисто стилистической работы над переводом можно показать на следующем примере. Может встретиться, скажем, такой перевод подрисуночной подписи:

* Электронная микрофотография подвергнутого осмотическому шоку эритроцита кролика.

Этот перевод точно передает смысл подлинника и правилен с точки зрения формальной грамматики — он «только» плохо читается: получилось невнятное нагромождение слов! Главная причина этого — то, что причастный оборот «подвергнутого осмотическому шоку» поставлен впереди слова, к которому он относится, а не после него. Помимо прочего, в таком положении его нельзя акцентировать — можно только пробежать скороговоркой, а ведь в этих словах здесь самое главное (не какой-нибудь эритроцит, а именно лопнувший от осмотического шока!). Попробуем сделать перестановку:

✓ Электронная микрофотография эритроцита кролика, подвергнутого осмотическому шоку.

Предложение в целом теперь читается гораздо легче. «Шок», как главный момент, занимает вы-

годную позицию на конце фразы. Возникла, однако, новая неприятность — «паразитная связь» *кролика, подвергнутого...*, по меньшей мере нежелательная. В данном случае можно написать *кроличьего эритроцита, подвергнутого...*, и все будет ясно. Но как быть, если речь пойдет об эритроците тритона или сирийского хомячка? К счастью, можно найти вариант, пригодный для всех животных, в котором все расчленено наиболее четко:

✓ Эритроцит кролика, подвергнутый осмотическому шоку (электронная микрофотография).

Перейдем теперь к отдельным дефектам. Примеры взяты в основном из подлинных переводов, но некоторые фразы частично подправлены, с тем чтобы оставить в каждой только один дефект — тот, для иллюстрации которого служит данный пример.

«Научообразные» обороты (часто громоздкие), канцеляризм и т.д.

- * У животных *определенного типа...*
- ✓ У некоторых животных... (Все равно непонятно, что значит «определенного типа».)
- * Эксперименты, *выполненные* на тканевых культурах... (Язык официального отчета!)
- ✓ ...проведенные; или просто: эксперименты на тканевых культурах...
- * ...*отличаются* большим разнообразием... (Еще тяжелее: *характеризуются*.)
- ✓ ...более разнообразны...
- * ...которые легко распознать, *поскольку* они имеют характерную форму...
- ✓ ...так как...
- * ...*свидетельствует* о том, что... (Еще более громоздко: *служит*, или *является свидетельством* того, что...)
- ✓ показывает, что...
- ✓ говорит о том, что...
- ✓ означает, что...
- * Этот способ, как будет *изложено ниже*...
- ✓ как мы увидим...
- * обновляется *с более высокой скоростью*...
- ✓ быстрее...
- * Эти клетки можно *классифицировать* как центральные и периферические. (Калька с английского: *can be classified as...*)
- ✓ ...подразделить на...
- * ...и *справедливость* этого предположения подтверждают опыты с...
- ✓ ...и это подтверждают опыты с...
- * Мед концентрируется так, чтобы *содержание* в нем воды составляло примерно 20%...
- ✓ ...чтобы в нем оставалось лишь около 20% воды...
- * *Длительность пребывания* в гнезде у них *увеличена*...
- ✓ Они дольше остаются (находятся) в гнезде...

✗ Цитоплазматические частицы передвигаются здесь так, как будто они время от времени получают *внезапный импульс силы, с большой скоростью переталкивающей* (!) их то в одном, то в другом направлении.

✓ ...получают сильный толчок то в одном, то...

✗ ...препятствует значительному *увеличению продольных размеров* клетки.

✓ ...не позволяет клетке сильно удлиниться.

✗ ...устраивают гнезда в местах, защищенных от *неблагоприятных погодных воздействий*.

✓ ...защищенных от непогоды.

✗ Ни один из исследованных *до настоящего времени* видов...

✓ ...до сих пор видов...

✗ В *настоящей* главе будет *предпринята попытка* объяснить...

✓ В этой главе мы попытаемся объяснить...

✗ *Вышеупомянутые*...

✓ упомянутые выше; только что упомянутые... (Если очень близко.)

✗ *Вышеприведенный* пример...

✓ Приведенный (выше) пример... (Если это идет сразу после примера, то «выше» вообще не нужно.)

✗ Этот вопрос будет рассмотрен *ниже*.

✓ позже, позднее... («Ниже» — только если прямо сейчас или где-то очень близко!)

✗ *Несмотря на то что* (*although*)...

✓ Хотя...

«Несмотря на то что» более уместно, когда подчеркивается серьезность обстоятельства, которое, казалось бы, должно чему-то мешать. Например: «Несмотря на то, что ему пошел девятый десяток, он каждый день пробегает марафонскую дистанцию».

Разумеется, не все слова и выражения, приведенные здесь в отрицательных примерах, плохи сами по себе. Речь идет о том, чтобы они не появлялись из-за одного лишь неумения находить более простые и естественные в данном контексте варианты.

Вот несколько примеров вполне уместного употребления тех же слов:

✓ Эти эксперименты, *выполненные* с соблюдением всех методических требований, ясно показали, что...

✓ Они впервые *предприняли попытку* разрешить этот сложный вопрос. (Если вопрос важный и попытка была серьезной, то «попытались», пожалуй, звучало бы слишком легковесно.)

✓ Уже одно количество подобных работ *свидетельствует о том*, что проблема начинает привлекать к себе пристальное внимание исследователей.

Здесь выражение «свидетельствует» достаточно уместно, хотя, может быть, и стоило бы несколько облегчить фразу, написав вместо этого «говорит о том, что» или «показывает, что».

О слове «является». Большинство переводчиков злоупотребляет этим словом. Между тем есть много равнозначных вариантов:

✗ ...является также мощным ингибитором...

✓ ...*служит* также мощным ингибитором; или *действует как* мощный ингибитор...

✗ Печень является самой крупной железой.

✓ Печень — самая крупная железа.

✗ Эпидермис является многослойным эпителием.

✓ Эпидермис *представляет собой*...

✗ Это часто является трудной задачей.

✓ ...часто *бывает (оказывается)* трудной задачей.

✗ Детерминация является таким изменением состояния клетки...

✓ Детерминация — *это* такое...

✗ Такое равновесие является неустойчивым.

✓ Такое равновесие неустойчиво (в некоторых случаях можно: *будет неустойчивым*)

✗ Иными словами, является ли это воздействие трофическим или сенсорным?

✓ Иными словами, трофическое это воздействие или сенсорное?

Иногда слово «является» употребляют, чтобы избежать сочетаний «не необходимо» и т.п. Но часто возможен иной выход из положения:

✗ Это *не* является необходимым.

✓ В этом нет необходимости.

✗ Это *не* является неизбежным следствием описанного процесса.

✓ Описанный процесс может и не приводить к этому.

✗ ...*не* является полностью независимым от внешней среды.

✓ в какой-то мере зависит (и) от внешней среды.

Пример уместного употребления:

✓ Так как ферменты являются белками, они подвержены тепловой денатурации.

Здесь другие варианты будут хуже — попробуйте! Но фраза «так как ферменты являются белками, они расщепляются протеазами» уже явно требует переделки. Найдите лучший вариант!

«Имеется». Поводов для употребления этого слова не так много, поэтому оно не представляет опасности для стиля в целом. Однако нужно избегать нежелательных сочетаний и тяжеловесных оборотов:

✗ *Имеются* данные о том, что эти виды встречаются ...

✓ Есть данные о том, что (по имеющимся данным) эти виды встречаются...

✗ Не имеется никаких оснований...

✓ Нет (никаких) оснований...

«Наличие». Это слово тоже не будет встречаться слишком часто, если не употреблять его без надобности.

- ✗ ...при наличии обильной пищи...
- ✓ при обилии пищи
- ✗ При наличии избытка...
- ✓ При избытке...
- ✗ При наличии личинок...
- ✓ Если имеются (есть) личинки...

«Данный». Этим словом переводчики иногда заменяют слово «этот», чтобы избежать его повторения. Но такая замена уместна не всегда. Сравните два предложения:

- ✓ Если *этот* лишайник встречается на деревьях в изобилии, можно заключить, что воздух в *данном* районе достаточно чист.
- ✗ Поскольку *к северу от Уордена* этот лишайник встречается в изобилии, можно заключить, что воздух в *данном* районе достаточно чист.

В первом случае утверждение обобщенное — имеется в виду любой район, где лишайник встречается часто, поэтому выражение «в данном» вполне приемлемо. Во втором случае речь идет об определенном, только что названном районе, а в таком значении слово «данный» приобретает уже канцелярский оттенок. Лучше написать: «воздух *там* достаточно чист».

- ✗ В *данной* главе мы рассмотрим...
- ✓ В *этой* главе... (Или, на худой конец, «в настоящей».)

Здесь имеется в виду определенная глава, поэтому «в данной» звучит очень формально.

Слова, без которых можно обойтись

- ✗ *В течение* первых трех дней...
- ✓ В первые три дня...
- ✗ *В течение* нескольких недель из яйца развивается сложный организм.
- ✓ За несколько недель... (Здесь оборот «в течение» не только лишний, но и неподходящий по смыслу, так как подчеркивается не сам процесс, а его результат.)
- ✗ *Обладает* способностью...
- ✓ Способен...
- ✗ *Принимает* участие...
- ✓ Участвует...
- ✗ *Оказывает* влияние...
- ✓ Влияет
- ✗ Такие условия *оказывают* благоприятное *воздействие* на их рост.
- ✓ Такие условия благоприятствуют (способствуют) их росту.

Подобного рода замены следует делать чаще, особенно если фраза и без того громоздкая (кроме тех случаев, когда более короткий вариант почему-либо не подходит или явно звучит хуже):

- ✗ *Происходит* деление клетки...
- ✓ Клетка делится...
- ✗ ...образование бластулы...
- ✓ ...образуется бластула...
- ✗ Перемещение клеток...
- ✓ Клетки перемещаются... (В некоторых случаях — при избытке глаголов на *-ся* — могут потребоваться и обратные замены.)
- ✗ Выведение секрета *осуществляется* путем экзоцитоза.
- ✓ Секрет выводится путем экзоцитоза.
- ✗ Самка *производит* обследование местности с воздуха...
- ✓ ...обследует местность с воздуха...
- ✗ По мере снижения *величины* pH...
- ✓ По мере снижения pH...
- ✗ Этот потенциал имеет *величину*, близкую к *величине* потенциала покоя.
- ✓ ... близок к потенциалу покоя.
- ✗ ...увеличивает *площадь* ее поверхности.
- ✓ ...ее поверхность.
- ✗ ...успевают запасти достаточное *количество* меда, чтобы...
- ✓ ...достаточно меда, чтобы...

Приведем еще несколько примеров, где фразы сильно отягощены лишними словами:

- ✗ *Имеются* многочисленные экспериментальные *данные*, *свидетельствующие о том, что*...
- ✓ Как показали многочисленные эксперименты...
- ✗ ...и нет никаких *данных*, *которые позволяли бы предполагать*, что... (Здесь по-английски одно слово — *suggesting*.)
- ✓ ...и нет никаких указаний на то, что...
- ✗ ...особями, *имеющими* такие же или более *крупные* размеры...
- ✓ ...особями такой же или большей величины...
- ✗ *если же* расположить эти виды в *порядке* *возрастания* размеров *отдельной особи*, то *последовательность* *окажется* обратной.
- ✓ ...тогда как по размерам тела эти виды расположатся в обратном порядке.
- ✗ Другие виды, обитающие в *слоях* почвы, *расположенных* ближе к поверхности...
- ✓ ...обитающие в почве ближе к поверхности...
- ✗ ...в сырых местах, *укрытых* под *тенью* сомкнутых крон дубов.
- ✓ ...в сырых местах под сомкнутыми кронами дубов. (Устраняется еще и скопление окончаний *-ах*, *-ых*!)
- ✗ Этот вид использует солнечное тепло лучше, *благодаря тому что он* строит свои гнезда *непосредственно* под поверхностью почвы.
- ✓ ...лучше, так как строит гнезда под самой поверхностью почвы.

✗ Один из способов достигнуть этого состоит в том, чтобы подразделить...

✓ С этой целью можно, например, подразделить...

✗ Это связано с тем обстоятельством, что... (Очень частый случай!)

✓ Это связано с тем, что...

Длинные слова. Без длинных (иногда очень длинных) слов обойтись, конечно, нельзя, но не следует перегружать ими текст без необходимости. Особенно надо избегать употребления нескольких многосложных слов подряд.

✗ ...подвергаются непосредственному повреждающему воздействию.

✓ ...прямому...

✗ Специфичность сигнализации определяется преимущественно синаптическими соединениями.

✓ ...в основном определяется синаптическими связями.

Вот примеры замен, которые во многих случаях возможны:

✗ непосредственно после

✓ сразу же (тотчас) после

✗ представляется вероятным

✓ кажется вероятным; вероятно

✗ преимущественно

✓ в основном; главным образом; чаще всего

✗ отсутствует

✓ нет

✗ в отсутствие

✓ без

✗ относительно

✓ о

✗ практически

✓ почти

✗ последовательность

✓ порядок; ряд; цепь (конечно, в определенных подходящих случаях!)

✗ приблизительно

✓ примерно; около

✗ необходимо

✓ нужно; надо

✗ соответствующий

✓ надлежащий; подходящий; нужный (тоже в определенных случаях.)

✗ продолжительное

✓ длительное; долгое (время)

✗ вышеупомянутый (и другие подобные слова)

✓ упомянутый выше (такая замена желательна почти всегда!)

✗ противоположный

✓ обратный (иногда)

Заметим, что в принципе, конечно, нежелательны и длинные последовательности очень коротких (и вообще одинаковых по длине) слов, но на практике такие случаи почти не встречаются.

Редкий пример:

✗ ...так как он был взят из тех мест, где нет...

✓ ...был выделен из тех участков (собран в таких местах), где не было...

Злоупотребление пассивными и возвратными формами. Оно нередко встречается у переводчиков и делает язык скучным и вялым. В биологии и без того неизбежно приходится употреблять возвратные глаголы на каждом шагу: всегда что-то развивается, образуется, дифференцируется, трансформируется, делится, соединяется, создается и т.д.

✗ Синапсы могут быть подразделены на возбуждающие и тормозные.

✓ ...можно подразделить на...

✗ Как было показано Дарвином... (Особенно нежелательны подобные обороты при несклоняемых фамилиях, например: «Еще Гольджи было показано, что...».)

✓ Как показал Дарвин...

✗ ...один из которых будет сейчас рассмотрен.

✓ ...мы сейчас рассмотрим.

✗ Если мышца стимулируется через живленный электрод...

✓ Если мышцу стимулировать... (При стимуляции мышцы...)

✗ Такая «голая» клетка называется протопластом.

✓ Такую «голую» клетку называют протопластом.

Не нужно, конечно, злоупотреблять и вторым вариантом! Он уместен главным образом при введении менее известных или необычных терминов, а также в выражениях «иногда называют», «часто называют» и т.д. Разве только в очень популярной книжке можно, например, сказать: «Науку, изучающую... называют экологией».

В некоторых случаях громоздкую возвратную форму лучше заменять пассивной:

✗ Препараты, получающиеся при таком способе очистки...

✓ ...получаемые...

✗ Высвобождающиеся из клетки вещества...

✓ Высвобождаемые (выделяемые) из клетки вещества...

«Аморфность» (неоднозначность) предложений

Под «аморфностью» мы имеем в виду такое построение предложений, когда грамматические отношения между словами становятся ясными лишь при учете смысла. Такая «потенциальная неоднозначность» обязательно подлежит устранению, если из контекста не сразу очевидно, как следует понимать данную фразу. Однако и в других случаях элементы аморфности лучше устранять, но только по воз-

возможности, не жертвуя ради этого ничем существенным (естественностью оборотов, краткостью и т. п., а также собственным временем, если подходящее изменение не приходит в голову сразу!).

Мы рассмотрим лишь некоторые случаи «аморфности» (далеко не все, так как ее проявления многообразны).

Где подлежащее и где прямое дополнение?
Иногда это нельзя достоверно определить по одним лишь грамматическим признакам.

✗ Фермент расщепляет субстрат. (Один лишь порядок слов — не решающий признак, так как возможна инверсия.)

Такие фразы в принципе допустимы (во многих случаях смысл их достаточно ясен), но все-таки предложение читается легче, когда грамматические отношения выражены однозначно, как, например, в фразе «фермент расщепляет молекулу субстрата». Это следует по возможности учитывать.

- ✗ Гормоны гипофиза стимулируют другие железы...
- ✓ ...стимулируют функцию (работу, активность, рост и т. п.) других желез...
- ✗ Этот гормон стимулирует выделение...
- ✓ ...секрецию...
- ✗ Это наблюдение подтверждает предположение...
- ✓ Эти наблюдения подтверждают предположение... (а лучше — «гипотезу», в таком случае устраняется также близость двух слов на *-ение*)
- ✗ Такое ветвление аксона влечет за собой образование добавочных синапсов.
- ✓ ...ведет к образованию...

В случае инверсии (прямое дополнение → глагол → подлежащее), когда она необходима для надлежащего логического акцента, отношения между словами следует прояснить обязательно:

- ✗ Это вещество расщепляет фермент, который...
- ✓ ...расщепляется ферментом...
- ✗ Белки синтезируют рибосомы (*proteins are synthesized by ribosomes*).
- ✓ ...синтезируются рибосомами (или: на рибосомах).

«Аморфность» сложного предложения может также зависеть от недостаточно рельефного выявления его структуры.

✗ Таковы лесные муравьи, строящие большие холмики, хорошо сохраняющие тепло, и фуражирующие на деревьях.

Здесь быстрое схватывание смысла затруднено из-за однотипности второго и третьего «этажей» предложения (в обоих случаях это активные причастные обороты, да еще оба во множественном числе).

✓ Таковы лесные муравьи, которые строят большие холмики, хорошо сохраняющие тепло, и фуражируют на деревьях.

Даже при наличии всего лишь двух «этажей» в них лучше употреблять разнотипные конструкции:

- ✗ Из участка эктодермы, который погружается внутрь зародыша, в дальнейшем развивается нервная система.
- ✓ ...который погрузился... развивается...

Можно «погружающегося», но хуже, поскольку слово более «тяжелое» и *-аю-* перекликается с *-ае-* в слове «развивается». В данном случае смысл фразы позволяет применить и другой прием — перевести главное предложение в будущее время:

- ✓ ...в дальнейшем будет формироваться нервная система.

«Паразитные связи»

Иногда в результате неудачного построения фразы может создаться ложное впечатление прямой связи между какими-то словами, на самом деле не имеющими прямого отношения друг к другу. Один такой случай уже упоминался: «...эритроцита кролика, подвергнутого осмотическому шоку». В действительности шоку подвергнут не кролик, а эритроцит. А вот другой:

- ✗ ...сопровождается образованием в освещенном участке сети актиновых филаментов.
- ✓ ...образованием сети актиновых филаментов в освещенном участке. (Чтобы стало ясно, что не «участок сети», а «сеть филаментов».)

На паразитные связи следует проверять все фразы, где перед существительным в родительном падеже вклинивается какой-нибудь оборот, не выделяемый запятыми, например:

- ✗ Внесение в аксеническую культуру другого микроорганизма...
- ✗ Создание благоприятных для этого вида условий...

Собственно, паразитная связь при этом возникает почти всегда, и нужно лишь убедиться, что она в данном случае безобидна — не затемняет смысла, как это иногда бывает, особенно при длинных вставных оборотах (их вообще лучше избегать).

Вот еще примеры нежелательных паразитных связей:

- ✗ При добавлении в культуру хондроцитов протеогликанов, характерных для...

- ✓ Если в культуру хондроцитов внести протеогликаны, характерные для...
- ✗ При добавлении в этот *раствор аминокислот...*
- ✓ Когда в этот раствор добавляют аминокислоты...

Паразитные связи возникают также на стыке творительных падежей:

- ✗ ...пронизан сосудами, *высланными эндотелиальными* клетками.

Здесь, пожалуй, лучше сказать: «которые высланы», хотя это и более громоздко. Если слово «клетками» по смыслу не обязательно, то можно написать: «*высланными эндотелием*». В таком случае окончания уже *не согласуются между собой*, поэтому паразитная связь исчезает.

Логическое ударение и порядок слов

Довольно частая ошибка — оставление *логического сказуемого* на первом месте, как это иногда бывает в английском языке с его менее гибким порядком слов. Например, в разделе о пептидах предложение «*Chromatography is often used to study peptides*» могут, не задумываясь, перевести:

- ✗ Хроматографию часто используют для изучения пептидов.

Между тем новое здесь — именно использование *хроматографии*, а не пептиды, о которых уже говорилось. В таком случае нужна инверсия:

- ✓ При изучении пептидов часто используют хроматографию.

Теперь «новое» стоит в конце, где его удобно акцентировать.

- ✗ Если удалить *половину печени у крысы...* (Перед этим было сказано, что ткань печени способна к регенерации.)
- ✓ Если удалить у крысы половину печени...

Первый вариант годился бы в том случае, если бы до этого шла, например, речь об удалении части печени у другого животного.

Для каждого предложения нужно найти такой порядок слов, при котором оно будет четко читаться с ударением в нужном месте. Чаще всего наиболее естественным будет акцент на конце фразы, поэтому обычно именно сюда следует ставить слова, на которые должно падать логическое ударение. Однако это не всегда так.

Немного теории. В большинстве предложений можно более или менее ясно выделить логическое подлежащее (тему) и логическое сказуе-

мое (рему). Тема — это то, о чем уже шла речь в предшествующем тексте, а рема — то новое, что будет сказано о том же предмете. Например (в приводимых примерах тема будет подчеркнута пунктирной чертой, рема — прямой):

- ✓ Такие клетки очень быстро делятся. (Перед этим говорилось о клетках определенного типа.)
- ✓ Быстрое деление свойственно и эмбриональным клеткам. (Перед этим речь шла о других быстро делящихся клетках.)
- ✓ Уровень глюкозы в крови возрастает. (До этого речь уже шла о регуляции уровня глюкозы в крови.)

Рема должна стоять на «сильном» месте — там, где естественно сделать ударение. Сильное место — это обычно конец фразы; однако оно может перемещаться под влиянием «слов-усилителей», таких как «даже», «именно», глаголов в отрицательной форме и т.д. При наличии усилителя рему можно перенести с конца фразы в другое место:

- ✓ Решить эту задачу способны даже низшие обезьяны.
- ✓ Даже низшие обезьяны способны решить эту задачу.

Здесь в принципе годятся оба варианта; однако первый из них более «нейтральный», а другой — более экспрессивный, и выбор того или другого может определяться общим тоном изложения материала.

- ✓ Разрешить этот вопрос Джемсу не удалось.
- ✓ Джемсу не удалось разрешить этот вопрос.
- ✓ Джемс прежде всего хотел разрешить именно этот вопрос.
- ✓ Именно этот вопрос хотел прежде всего разрешить Джемс.

Наряду с концом фразы «притягивать» к себе ударение в какой-то степени может и ее начало. Это следует использовать в предложениях, требующих двух независимых акцентов. Например:

- ✗ У рептилий терморегуляция развита очень слабо, но в процессе эволюции у птиц уже выработалось постоянство температуры тела.

Здесь во втором предложении появляются два отдельных новых элемента, требующих акцентировки: «у птиц» (в отличие от рептилий) и «выработалось постоянство...» Первый из этих новых элементов поставлен в неудачное положение — середину фразы, и поэтому логика связи двух предложений не ясна. Нужна перестановка:

- ✓ ...но у птиц в процессе эволюции уже выработалось постоянство температуры тела.

Недостаточное использование синонимов (и вообще слов, близких по значению)

У переводчиков нередко бывает склонность особенно часто употреблять некоторые из возможных синонимов и пренебрегать другими. Это приводит к однообразию, а часто и к неудачному выбору слов. Нужно стремиться к использованию всего «спектра» синонимов, выбирая слова, наиболее подходящие в каждом данном случае (с точки зрения смысла, сочетаемости с другими словами, а иногда и звучания).

Приведем некоторые из таких групп слов, близких по значению (подчеркнуты слова, употребляемые слишком часто или не к месту в ущерб другим):

относительно — сравнительно;
необходимо — нужно — надо — требуется —
приходится;
необходимость — надобность — нужда —
потребность;
также — тоже;
повышается — увеличивается —
усиливается — возрастает — растет;
снижается — понижается — уменьшается —
падает — убывает — ослабевает;
соответствующий — надлежащий —
подходящий — нужный — требуемый;
секретировать — выделять;
весьма — очень;
основной — главный — важнейший —
самый важный — самый существенный;
низкий — небольшой — малый, слабый;
высокий — большой — сильный —
интенсивный — значительный;
величина — размеры;
скорость (об изменении какой-либо
величины, протекании процесса и т.д.) —
быстрота (об осуществлении какого-либо
события, действия и т.д.); сравните: *скорость
движения*, но *быстрота движений*;
поскольку — потому что — так как — ибо —
ведь;
обнаружено — установлено — найдено —
выявлено — выяснено;
другие — иные;
прекрасный — превосходный — отличный;
внешний — наружный;
вследствие — в результате — из-за —
по причине (вследствие этого — поэтому);
в настоящее время — сейчас — теперь;
приблизительно — примерно — около —
приблизительно (оценить);
значение (величины) — величина — уровень;
значение — важность, роль, важная роль;
количество — число — численно;
в (некоторой) степени — в (некоторой) мере;
в некоторой (степени) — в известной,
определенной, какой-то;
связываться с... — присоединяться к...;

изменяется (о любом изменении) — меняется
(о существенном качественном изменении).

Отличаются — различаются. Некоторые переводчики иногда употребляют первое из этих слов там, где нужно второе.

✘ Эти вещества сильно *отличаются* по своей молекулярной массе.

✓ Эти вещества *различаются* (между собой) по молекулярной массе.

«Отличаются» требует предлога «от». Единственное исключение: выражения вроде «они отличаются большим разнообразием», т.е. им свойственно большое разнообразие.

Количество — число. Переводчики явно отдают предпочтение первому из этих слов, иногда независимо от смысла. Можно встретить количество видов, исключений, исследователей, потомков и даже пальцев на руке! Между тем в большинстве случаев, когда речь идет о дискретных предметах или событиях, нужно писать «число», а не «количество». Если «большое число» звучит недостаточно выразительно, пусть будет «множество». Особенно важно отличать число от количества, когда речь идет о веществах, — тогда это совсем не одно и то же.

Также — тоже. Зачастую употребляют первое из этих слов. Это не только способствует монотонности, но и может сделать менее ясным смысл. Рассмотрим такое предложение:

✘ Эти клетки *также* играют защитную роль.

Если сделать ударение на слове «также», это будет означать, что эти клетки (наряду с другими) служат для защиты, а если на слове «защитную», смысл будет иным — эти клетки служат (помимо прочего) и для защиты. Но на письме место ударения не отмечается особым знаком; поэтому нужно построить фразу так, чтобы ясно подсказать читателю ее правильное прочтение.

В первом случае лучше вместо «также» написать «тоже» — слово, которое всегда произносится с ударением:

✓ Эти клетки *тоже* играют защитную роль.

А во втором случае — переставить слово «также» на место, менее удобное для акцентирования:

✓ Эти клетки играют *также* защитную роль.

Еще один пример:

✘ Мы *также* знаем, что... (Звучит двусмысленно!)

✓ Мы *тоже* знаем, что..., или: *и мы* знаем, что...

✓ Мы знаем *также*, что..., или: мы знаем *и то*, что... (В обоих случаях стало ясно!)

Иногда место ударения настолько ясно, что вполне можно написать «также» в смысле «тоже»:

✗ Слишком высокие концентрации также нежелательны.

Хотя из-за близости двух «же», может быть, лучше вообще употребить иной оборот:

✓ Нежелательны и слишком высокие концентрации.

На основании — на основе. Иногда смешивают эти два выражения. Между тем основание — это то, чем оправдывается какое-то мнение, вывод и т.п., а основа — фундамент, на котором нечто строится, создается. Например, теория может быть выдвинута (или отвергнута) *на основании* каких-либо фактов, но построена *на основе* предшествующих представлений, путем их объединения и т.д.

Конструкции типа печеночные клетки — клетки печени (мышинный эмбрион — эмбрион мыши; животные клетки — клетки животных; деление клеток — клеточное деление; хромосомные аномалии — аномалии хромосом; недостаточность витаминов — витаминная недостаточность; ацетилхолиновые рецепторы — рецепторы ацетилхолина; выделительные органы — органы выделения; гипофизарные гормоны — гормоны гипофиза и т.д.)

Во многих случаях одинаково годятся оба варианта, однако часто в данном конкретном случае предпочтителен какой-то один из них.

По соображениям смысла, например, печеночные клетки — это определенный тип клеток (гепатоциты), тогда как под клетками печени можно иногда понимать все клетки этого органа (купферовские, эндотелиальные и др.). Животные клетки — это клетки животных и человека в отличие от растительных и микробных, а клетки животных — это клетки именно животных, часто каких-то конкретных, о которых идет речь.

По соображениям стиля, например, выражение «нормальные эпидермальные клетки» (дважды *-мальные*) лучше заменить на «нормальные клетки эпидермиса», а «в культуре клеток эпидермиса мыши» (три слова подряд в родительном падеже!) — на «в культуре эпидермальных клеток мыши».

Если приходится много раз подряд употреблять какой-либо из терминов этого типа, лучше кое-где чередовать оба варианта (во избежание монотонности), чаще используя при этом тот вариант, который в данном контексте больше подходит по смыслу или вообще более употребителен.

Цепочки из родительных падежей

Считается, что нужно избегать длинных цепочек из существительных в родительном падеже. Это

в общем верно, но главное здесь — не длина цепочек (если она не очень велика), а особенности образующих ее слов.

При одинаковых окончаниях и одинаковой длине слов даже двухзвенная цепочка нежелательна:

✗ Изучение липидов нейронов...

При разной длине слов и разном расположении ударений сходство окончаний уже не так заметно:

✗ Обработка кончиков электродов... (вполне сносно).

Наоборот, рифма делает цепочку явно неприемлемой:

✗ Перерезка аксонов нейронов...

С другой стороны, при разных окончаниях, местах ударения и разной длине слов даже трех- и четырехзвенные цепочки могут почти не чувствоваться:

✗ Повышение концентрации ионов натрия...

✗ Разработка нового метода выделения белков митохондриальной мембраны...

В последнем случае помогает также вклинившееся прилагательное «митохондриальной». Без него фраза звучала бы хуже:

✗ Разработке нового метода выделения белков мембраны...

Для того чтобы сократить цепочку или сделать ее менее заметной, приходится пользоваться теми возможностями, которые в каждом данном случае имеются. Например:

✗ Увеличение скорости размножения клеток печени...

Здесь можно: заменить два слова одним (увеличение скорости → *ускорение*); заменить существительное прилагательным (клетки печени → *печеночные* клетки); использовать синоним, чтобы устранить рифму (размножение → *пролиферация*).

✓ Ускорение пролиферации печеночных клеток...

Иногда нужно бывает перестроить всю конструкцию предложения:

✗ ...стоит очень трудная задача анализа множества различных способов взаимодействия...

✓ ...стоит очень трудная задача: приходится анализировать множество различных способов взаимодействия...

Приведем еще один пример:

✗ Причина смещения полосы поглощения комплекса пигмента с белком состоит в том, что...

Здесь помимо цепочки родительных падежей есть еще и соседство двух слов на *-щение*. От него можно избавиться (заодно укоротив цепочку) такими способами:

- ✓ *Сдвиг* полосы поглощения... обусловлен тем, что...
- ✓ Полоса поглощения... *смещается* вследствие того, что...

Кроме того, в обоих вариантах вместо «комплекса пигмента с белком» можно написать «пигмент-белкового комплекса». Однако прежде всего нужно было бы посмотреть, не говорилось ли в предыдущей фразе об этом самом смещении? Может быть, можно просто сказать:

- ✓ Причина *такого* смещения состоит в том, что...

Это было бы самое лучшее!

«Звуковые» дефекты

О такого рода дефектах нужно прежде всего сказать, что они тем менее заметны, чем яснее передан смысл оригинала. Когда он сразу хорошо доходит до читателя, звуковые детали его словесной оболочки просто не успевают привлечь к себе внимание. В этом случае достаточно того, чтобы не было грубых звуковых дефектов, а менее существенные встречались не слишком часто.

Вообще перевод, безукоризненный во всех отношениях, во многих случаях невозможен; тогда поневоле приходится выбирать из двух или нескольких зол наименьшее. Рассмотрим пример:

✗ Отрезок аксона, соединенный с телом нейрона, не содержал метки.

Здесь некоторую (очень незначительную) шероховатость создает рифма между двумя словами, находящимися в ударных позициях.

✗ Отрезок аксона, соединенный с телом (нервной) клетки, не содержал метки.

Появилась другая рифма, более заметная!

✗ В отрезке аксона, соединенном с телом клетки, метка отсутствовала.

Причастный оборот стал несколько «грязным» из-за нежелательного соседства двух одинаковых окончаний, различных по функциям (*-ом* означает в двух случаях разные падежи).

✓ В проксимальном отрезке аксона метка отсутствовала.

Эта фраза сама по себе безупречна (к тому же она теперь проще и короче!); однако нужно учесть, было ли объяснено слово «проксимальный», и если нет, то будет ли оно понятно читателю, на которого рассчитан текст. Если вводить это слово нежелательно, то лучше оставить первоначальный вариант; дефект был там очень небольшим...

Таким образом, в первую очередь следует, конечно, добиваться ясности выражения мысли; однако некоторое внимание необходимо уделять и устранению звуковых дефектов — они тоже в какой-то мере небезразличны для легкости понимания смысла. Поэтому мы рассмотрим наиболее распространенные из них.

Повторение одинаковых, созвучных или однокоренных слов. Заметим, что не всякое такое повторение является стилистическим дефектом. Оно нежелательно лишь тогда, когда возникает случайно и никак не способствует ясности смысла, а также в тех случаях, когда слово повторяется хотя и не случайно, но уж слишком много раз, особенно в одинаковой грамматической форме (числе, падеже и т. п.). Вот примеры, когда повторение целесообразно, так как подчеркивает параллелизм:

- ✓ Однако поведение клетки может *измениться* при *изменении* окружающих условий.
- ✓ В *разных условиях* получаются *разные результаты*.

Это относится и к употреблению «парных» созвучных слов, таких как *конвергенция* — *дивергенция*, *сборка* — *разборка*, *уменьшение* — *увеличение*, *ксилема* — *флоэма*, *прогрессивный* — *регрессивный* и т. п. Созвучие здесь, наоборот, способствует ясности; однако в таких случаях нужно избегать «третьего лишнего»:

✗ Иногда *регрессивные* изменения могут быть не менее эффективны, чем *прогрессивные*.

- ✓ ...не менее полезны для выживания, чем... (и т.п., в зависимости от контекста)

Скопление созвучных слов обычно не воспринимается как дефект и в перечислениях:

- ✓ Они часто подвергаются *ацетилированию*, *метилированию*, *фосфорилированию* или *гидроксилированию*.
- ✓ ...под влиянием *физических*, *химических* и *биологических* факторов среды.

Рассмотрим еще пример:

✗ Чужеродные клетки *включаются* во внутреннюю клеточную массу, и в результате *получается* химерный зародыш. Химеру можно получить также...

Здесь замена одного слова («получается» на «образуется») устраняет сразу два повторения. Однако существенным дефектом было только созвучие «включаются — получается». Повторение «получается — получить» играло некоторую связующую роль и поэтому не воспринималось как стилистическая небрежность. (Что касается повторения «химерный — химеру», то именно на нем держится связь двух предложений, поэтому оно здесь просто необходимо!)

Вообще мы, видимо, способны как-то подсознательно учитывать, насколько свободен автор в выборе слов. В текстах (и даже в отдельных предложениях) «общего» характера нежелательные сочетания слов гораздо более заметны, чем в точных описаниях конкретных процессов или структур, где наше внимание приковано к смысловым деталям. Сравните, например, две фразы:

- ✘ «Вечные» вопросы, волновавшие человечество на протяжении веков...
- ✓ Извлекаемые из жиров жирные кислоты переносятся внутрь митохондрий...

В первом случае сочетание «вечные — веков» ясно воспринимается как стилистическая погрешность (лучше было написать «столетий»), хотя слова стоят очень далеко друг от друга. Во втором случае слова «жиров» и «жирные», даже оказавшись рядом, не создают шероховатости, заслуживающей внимания. Конечно, «извлекаемые из триглицеридов...» само по себе звучало бы лучше. Но если перед этим синоним «триглицериды» не фигурировал, неожиданное введение его здесь, пожалуй, казалось бы неестественным (а в популярной книжке могло бы даже затемнить смысл).

Случайное и потому нежелательное созвучие особенно часто образуют слова с такими окончаниями, как *-ение*, *-аеться*, *-ительный*, *-ированный* (*-ировать*), *-ация* и др. Скопления таких слов нужно по возможности устранять.

- ✘ *Изолированные* клетки, *инкубируемые* в такой среде, активно *пролиферируют*.
- ✓ *Изолированные* клетки в такой среде активно размножаются.
- ✘ При *гаструляции* наряду с *инвагинацией* бластодермы может происходить также и *миграция* клеток.
- ✓ При образовании *гастролы* наряду с *впячиванием* бластодермы...
- ✘ Эта *поразительная* способность *соединительной* ткани, *относительно* слабо выраженная у других тканей...
- ✓ Эта *необычайная* способность, *гораздо* слабее выраженная...
- ✘ При *изучении* действия *излучения*...
- ✓ При *исследовании* (радиации)...
- ✓ *Изучая* действие радиации...

✘ По мере того как вид *распространяется*, его популяция *изменяется* — в ней *повышается* доля... (таких-то особей).

✓ По мере распространения вида его популяция *изменяется* — в ней *возрастает* доля...

✘ Если участок стенки *повреждается* и *лишается* своей эндотелиальной выстилки...

✓ Если... будет поврежден и лишится...

✘ Для *устранения нарушений* в *проведении* возбуждения нервом...

✓ Для *восстановления* нормальной способности нерва *проводить* возбуждение...

✓ Чтобы *устранить* нарушения в *проведении* (передаче) импульсов нервом...

✘ ...*выделяют* вещества, *стимулирующие* близлежащие клетки.

✓ ...*вещества*, *стимулирующие* соседние клетки.

✘ У *питающихся* растительной пищей *млекопитающих*, *обитающих* в саванне...

✓ У *травоядных* *млекопитающих* — обитателей саванны...

✘ Включение *метки* в *делящиеся* клетки...

✓ ...*делящимися* клетками...

✓ Включение (такого-то меченного вещества) в *делящиеся* клетки...

✘ Распространение их ограничивается *местами*, *поросшими кустами*.

✓ Распространение их ограничено *местами*, *поросшими кустарником*.

✓ Они *встречаются* только в *местах*, *поросших кустарником*.

Помимо рифмы, здесь были еще: тяжелый оборот в начале и паразитное сочетание «поросшими кустами».

✘ *При* применении...

✓ *При* использовании...

✘ *Для* того чтобы понять, *для* чего нужен такой механизм...

✓ Чтобы понять, *для* чего...

✓ *Для* того чтобы понять, *зачем* нужен...

✘ *Пауки*, *как* и *раки*...

✓ ...подобно ракам...

✓ ...как и *ракообразные*...

✘ *Для* длительного...

✓ *Для* продолжительного...

✘ *Как* оказалось...

✓ Как *выяснилось*...

✘ *Этот* этап...

Такое сочетание звучит плохо не из-за двукратного повторения «эт», а из-за трехкратного повторения буквы «т» с последующей гласной: то-тэ-та (*этот этап*). «На этом этапе», где такого повторения нет, звучит уже вполне приемлемо.

Подобранные нами примеры могут создать впечатление, что устранять разного рода звуковые дефекты большей частью совсем нетрудно. Однако надо учесть, что исправить что-либо в отдельном предложении (а таковы почти все наши

примеры) проще, чем в связном тексте: ведь нежелательные взаимодействия могут возникать и между словами двух соседних предложений, и в результате свобода действий уже несколько ограничивается. Мы, например, нашли подходящее слово взамен неудачного — и вдруг оказывается, что оно уже было в предыдущей фразе или будет в последующей! И приходится искать другую замену или менять что-то в соседнем предложении. Мы не будем специально останавливаться на этом — здесь пригодны те же приемы, что и при отделке изолированной фразы. Рассмотрим лишь один особый случай взаимодействия между соседними предложениями — нежелательное повторение в них однотипных придаточных предложений, вводимых словами «что» или «который». Иногда таких оборотов скапливается явно слишком много и тогда нужно их кое-где по возможности заменить другими. Например:

- ✗ А. показал, что...
- ✓ Как показал А. ...
- ✗ А. полагает, что...
- ✓ Как полагает А. ...
- ✓ По мнению А. ...
- ✗ В этой гипотезе предполагается, что...
- ✓ Согласно этой гипотезе...
- ✗ Можно ожидать, что в этом случае уровень глюкозы повысится.
- ✓ В этом случае можно ожидать повышения уровня глюкозы.

Иногда желательно бывает устранить двухэтажную конструкцию с повторением слова «что».

Если указанные выше «стандартные» способы не подходят, приходится придумывать какой-то иной выход из положения. Например:

- ✗ Эти результаты позволяют предполагать, что концентрация H_2S здесь, вероятно, настолько высока, что...
- ✓ Судя по этим результатам, концентрация H_2S здесь, вероятно, настолько высока, что...
- ✗ Из этого можно заключить, что..., что...
- ✓ Это позволяет сделать вывод:..., что...

А вот некоторые возможности замены слова «который»:

- ✗ Те гормоны, которые влияют на...
- ✓ Гормоны, влияющие на... (Это наиболее частая возможность.)
- ✗ ...вплоть до таких высот, на которых уже нет древесной растительности.
- ✓ ...высот, где уже нет...
- ✗ ...вплоть до таких глубин, которых уже не достигает свет.
- ✓ ...глубин, куда уже не проникает свет.
- ✗ ...в отличие от тех птиц, гнезда которых находятся в тени...

- ✓ ...от тех птиц, чьи гнезда...
- ✗ ...а те, которые росли на южном склоне холма...
- ✓ ...а те, что росли...

Кстати, употребляя причастный оборот со словом «которые», нужно ясно сознавать (и делать ясным для читателя!), какое он в данном случае имеет значение — характеризующее или выделительное (ограничительное):

- ✗ Змеи, которые не способны летать, вынуждены ползать.

Это могло бы означать либо, что все змеи, не будучи способными летать, вынуждены ползать, либо что вынуждены ползать только те змеи, которые не могут летать. В этом случае всякий, конечно, поймет, что хотел сказать автор. Но если бы речь шла о каком-то экзотическом животном, а читатель не был зоологом, ему, вероятно, пришлось бы задуматься. Поэтому в неясных случаях нужно сразу делать подобные предложения однозначными. Сказанное относится и к соответствующим оборотам с причастием и прилагательным:

- ✗ Термиты, неспособные летать...
- ✗ Летучие мыши, питающиеся насекомыми...

Некоторые примеры часто встречающихся не совсем удачных выражений

- ✗ Этот тип клеток *имеет* три разновидности...
 - ✓ ...представлен тремя... (...подразделяется на три...)
 - ✗ Наружный сегмент *имеет* характерное расположение микротрубочек.
 - ✓ В наружном сегменте микротрубочки расположены характерным образом.
 - ✓ Наружному сегменту свойственно характерное...
 - ✗ Среди крыс иногда встречается явление *альбинизма*.
 - ✓ У крыс иногда...
 - ✗ Орган состоит из *различных типов клеток*...
 - ✓ ...из клеток *различных типов*, или *разного типа*... (Все-таки смешивают-то клетки, и орган состоит из *клеток*, а не из типов!)
 - ✗ Эмбрион амфибий развивается...
 - ✓ Эмбрион амфибий развивается... (Если важно подчеркнуть множественное число, то лучше написать: «У амфибий эмбрион развивается...».)
 - ✗ Мозг млекопитающих хорошо развит...
 - ✓ Мозг млекопитающего...
 - ✓ У млекопитающих мозг...
- Но если первое слово не вызывает представления о каком-то единичном объекте (таким, как мозг, эмбрион и т. п.), такие сочетания вполне приемлемы:
- ✗ Кровеносная система млекопитающих...
 - ✗ В коже амфибий...

Разумеется, приведенные примеры отражают лишь наиболее распространенные стилистические ошибки перевода, но поскольку они — не редкость, причем даже в уже отредактированных текстах,

представляется важным обратить на них внимание. В заключении все же приведу небольшую сводку не стилистических, а смысловых ошибок, особенно часто встречающихся в переводах книг.

В оригинале	В переводе	Следует
are found (found)	обнаруживаются, были обнаружены, были найдены (обнаруженные, найденные)	имеются, встречаются и т.п. имеющиеся и т.п.
specific	специфический	часто: определенный
пример: ✗...повышается синтез специфических ферментов. ✓...определенных ферментов (все ферменты специфически!)		
moreover	более того	Чаще всего нужно: кроме того, а «более того» — только в некоторых случаях, где это оправдано смыслом.
evidence	доказательство	Далеко не всегда; чаще это просто «данные о...» (или «в пользу»), «указания на то, что...»
remarcable	замечательный	В научной литературе уместно в сравнительно редких случаях; чаще «поразительный», иногда удивительный, примечательный.
a major	основной, главный	важный, один из важных, существенный, значительный [тогда как the major — основной, главный]
пример: ✗Эндотелиальные клетки являются главным компонентом всех кровеносных сосудов. ✓Эндотелиальные клетки — важнейший компонент...		
in contrast	в противоположность этому	Чаще просто «в отличие». Надо проверять, действительно ли здесь прямая противоположность.
rate	скорость	Нередко также: частота (сокращений сердца, мутаций и т.п.); интенсивность (метаболизма и т. п.).
species	вид, виды	Это действительно виды, но в английских текстах очень часто употребляется в более широком смысле:
пример: ✗У амфибий бластула состоит из нескольких слоев клеток, но у некоторых других видов она бывает однослойной. ✓но у некоторых других животных... То или иное строение бластулы характерно не для отдельных видов, а для обширных групп животных, например для класса амфибий; поэтому буквальный перевод «видов» здесь звучал бы нелогично.		
rather than	скорее..., чем	не..., а..., вместо того, чтобы...

От редакции

Сводку неудачных выражений в русскоязычных переводах с заменой на более адекватные составил Юрий Ильич Лашкевич (1918–1999), будучи переводчиком и научным редактором ныне упраздненного издательства «Мир», которое выпускало переводную, в основном научную литературу.

Вскоре после окончания биолого-почвенного факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова Юрий Ильич оставил науку, начал работать в Библиотеке иностранной литературы и в качестве подработки занялся переводами с английского языка. В переводе Лашкевича было выпущено более 20 книг по биологии, физике, бионике. В 1976 г. Юрия Ильича пригласили занять должность научного редактора в отделе биологии издательства «Мир», где он трудился до выхода на пенсию (1991). За эти годы он отредактировал множество книг по биологии и в процессе работы над переводами, поступающими в редакцию, собрал подборку наиболее распространенных ошибок. Задумана она, по словам Юрия Ильича, была в помощь тем переводчикам, у которых слабое место — именно стиль, а не знание предмета или иностранного языка. Автор намеренно ограничился рассмотрением только стилистических трудностей, потому что разбор смысловых ошибок неизбежно был бы привязан к специальной биологической тематике, часто к определенным узким разделам биологии, а подобранный материал полезен переводчикам и редакторам, имеющим дело с текстами из разных областей естествознания. Очевидно, что у физиков — свои огрехи, у биологов — множество своих, и «список Лашкевича» могут продолжить специалисты разных наук. Юрий Ильич считался идеальным переводчиком и был довольно строгим редактором научных переводов. Но все, кто был с ним хоть немного знаком, вспоминают его имя с уважением и восхищением. ■

Жизнь наукой

академик Ю.В.Наточин

Институт эволюционной физиологии и биохимии имени И.М.Сеченова РАН (Санкт-Петербург, Россия)

Выдающиеся советские ученые-физиологи И.П.Павлов, Л.А.Орбели, Е.М.Крепс, А.Г.Гинецинский, Л.Г.Лейбсон и знаменитый хирург С.С.Юдин обладали удивительным сплавом ума, духа, интеллекта и верности нравственным идеалам. Творцы науки, те, кто живет наукой, обретают и счастье, и муку. Творчество их многогранно, оно дает силы для оптимизма, веру в добро, возможность реализовать себя в труднейших испытаниях. Медицина, в фундаменте которой лежит комплекс физиологических наук, сочетает науку и искусство. Это нашло яркое выражение в делах героев статьи. Павлов отстаивал честь Академии наук в 1920 годы. Орбели и Гинецинский подверглись гонениям со стороны сторонников Лысенко в начале 1950-х годов. Крепс и Юдин были арестованы и находились в ссылке. Лейбсон с трудом публиковал исследования по истории физиологии. Служение науке и искусству, переключение с творчества научного на иные грани жизни в искусстве помогло им выстоять в труднейших условиях.

Ключевые слова: история науки, физиология, И.П.Павлов, Л.А.Орбели, Е.М.Крепс, А.Г.Гинецинский, Л.Г.Лейбсон, С.С.Юдин.

Life for Science

Yu.V.Natochin, member of RAS

I.M.Sechenov Institute of Evolutionary Physiology and Biochemistry, RAS (Saint Petersburg, Russia)

Outstanding Soviet scientists-physiologists I.P.Pavlov, L.A.Orbeli, E.M.Kreps, A.G.Ginetsinsky, L.G.Leybson and the famous surgeon S.S.Yudin possessed surprising alloy of mind, spirit, intelligence and fidelity to moral ideals. Creators of science, those who live science find both happiness, and flour. Their creativity is many-sided, it gives strength for optimism, belief in good, an opportunity to realize itself in the most difficult tests. The medicine in which base the complex of physiological sciences lies combines science and art. It has found bright expression in affairs of heroes of the article. Pavlov defended honor of Academy of Sciences in 1920. Orbeli and Ginetsinsky have suffered persecution from Lysenko's supporters in the early fifties. Kreps and Yudin have been arrested and were in exile. Leybson hardly published researches on physiology history. Service to science and art, switching from creativity scientific on other sides of life in art has helped them to stand with the most difficult conditions.

Key words: History of Science, Physiology, I.P.Pavlov, L.A.Orbeli, E.M.Kreps, A.G.Ginetsinsky, L.G.Leybson, S.S.Yudin.

Хочу рассказать об удивительном сплаве ума, духа, интеллекта, нравственных идеалов у выдающихся ученых. Возможно, душой моей овладела неизбежная ностальгия в представлении образа дней минувших, величия ареопага науки, когда общество преклонялось перед силой знания. Несколько десятилетий назад стали спасать жизнь пациентов новыми лекарствами, невиданными ранее всеильными антибиотиками. В памяти у нас — имена физиков, которые осуществили расщепление до того, казалось, неделимого атома; полет Юрия Гагарина за пределы земного притяжения; ожившая сказка — успешная пересадка сердца. Одних увлекает романтика рождения идеи и ее научного воплощения, других — романтика подвига, героика участия в реализации фантастического проекта, одушевленное и осуществленное действие, дело, ставшее былью, и образ того, кто вначале представил его в своем воображении, а затем и создал. В романтике мира свершений хочу вспомнить имена великих ученых, рассказать об их достижениях и их страданиях.

Судьба подарила мне возможность работать с выдающимися личностями минувшего века. Одна из широко признанных и великих научных школ России — школа физиологии академика И.П.Павлова. В моем воображении науку о функциях живого организма можно сравнить с многогранным сверкающим алмазом. За каждым разделом физиологии (изучением деятельности мозга и мышцы, работы почки и эндокринной железы, проникновением в механизмы зрения и вкуса, обоняния и осязания) стоит имя ученого, творца, раскрывшего механизм функции организма. За каждым словом — живой образ, личность с горящими глазами. В 2017 г. исполняется 100 лет со дня создания Павловым Русского физиологического общества. Это великая школа науки и жизни, единый, признанный мировым научным сообществом целостный организм со своими проблемами, заботами, трудностями, это собрание увлеченных, поклоняющихся науке, преданных и служащих ей творческих личностей. И.П.Павлов, Л.А.Орбели, Е.М.Крепс, А.Г.Гинецинский, Л.Г.Лейбсон, их ученики и сотрудники — мне выпало счастье видеть в работе их всех, кроме Павлова. Крепс и Гинецинский проявили нестигаемый характер под тяжестью несправедливых обвинений, сделали все для сохранения имени и традиций физиологических школ Павлова и Орбели.

Перед величием и значением физиологии для медицины преклонялся великий хирург XX в. С.С.Юдин, осуществивший реконструкцию пищевода и впервые переливший кровь, взятую от внезапно умерших людей, чем была возвращена жизнь многим пациентам. Мне довелось видеть безбрежность присущего Юдину энциклопедиче-

ского знания в сочетании с всемогуществом божественного таланта виртуозно реализующих его идеи искусных пальцев рук. Судьба уготовила ему тяжелейшие испытания, но он устоял.

Трудности в науке заложены в самой ее природе. Поиск истины лишь иногда приводит к успеху на пути в неизведанное. Творческая жизнь в науке бесконечно сложна, непредсказуема, но и безгранично интересна. Это судьба, и каждый наедине с нею. На этом пути кроме повседневных, неизбежных проблем самого процесса познания встают сложности принципиально иной природы, трудности бытия, обусловленные жизнью в обществе, где многим подчас уготованы ураганы и политические бури. Это требует иных черт личности, связанных с необходимостью владения иными навыками, с наличием характера, с умением выстоять и противостоять несправедливости. Это особенно остро ощущают те, кто, как никто другой, не заслуживает такой участи, но более других подвержены ударам судьбы. О силе духа в постижении истины, о жизни в науке, о поиске решений невероятно сложных проблем, о науке жизни творческой личности и пойдет речь в этой статье.

И.П.Павлов

Имя Ивана Петровича Павлова вызывает много ассоциаций*. Он создал новые методы исследования, понял и сформулировал основные элементы физиологической картины пищеварения в организме человека и животных. Иван Петрович представил организм как целостную систему, нашел подходы к изучению работы мозга, ключом к чему стал метод условных рефлексов. Он разработал способы изучения регуляции функции желудка и сердца, а его метод наложения фистулы мочевого пузыря позволил исследовать функции почки у живого ненаркотизированного животного. Эксперименты Павлова остаются непревзойденным примером изучения функций разных органов и систем у животных в их естественном состоянии. Великие достижения в науке отнюдь не охраняли Павлова от жестоких ударов судьбы, которые не раз получал Иван Петрович, но он достойно проходил эти испытания и находил честный выход в решении проблем.

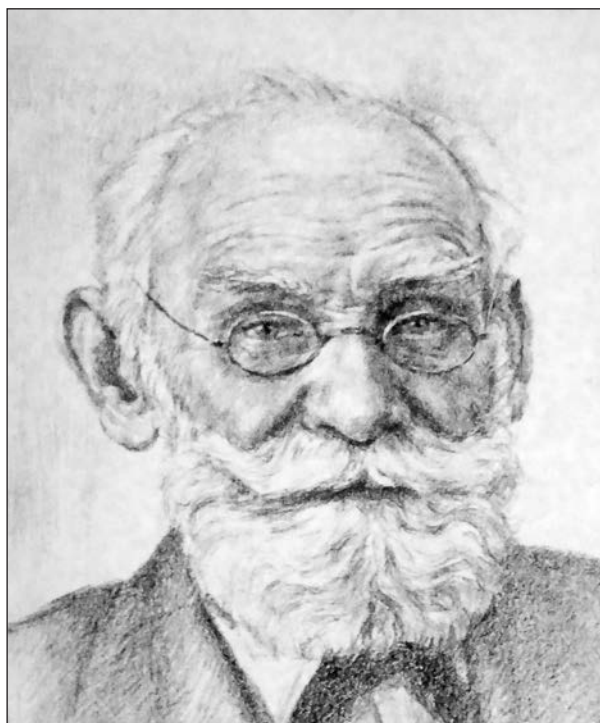
Вначале судьба его складывалась удачно. Павлов приехал из Рязани, поступил в Императорский Санкт-Петербургский университет, успешно окончил его, а второе образование получил в Императорской Медико-хирургической (с 1881 г. — Военно-медицинской) академии. Защитив 23 мая 1883 г. диссертацию на соискание ученой степени доктора медицины, он уже 24 апреля 1884 г. стал приват-доцентом кафедры физиологии Военно-

* К 150-летию И.П.Павлова был подготовлен специальный выпуск журнала «Природа» (1999. №8).

медицинской академии в Санкт-Петербурге. Вскоре Иван Петрович был направлен в зарубежную командировку в ведущие лаборатории Европы и выехал в Германию к профессору Р.Гейденгайну, которого потом называл своим учителем, а затем поехал к профессору К.Людвигу. Вернувшись на Родину, Павлов продолжил исследования в физиологической лаборатории клиники профессора С.П.Боткина.

Через несколько лет Павлов стал искать место для самостоятельной работы. Он подал документы на вакансию руководителя кафедры физиологии Санкт-Петербургского университета, но был забаллотирован, избрали Н.Е.Введенского. Через некоторое время коллеги Ивана Петровича попросили министра назначить его на должность профессора кафедры фармакологии Томского университета, но вновь неудача — в начале 1889 г. министр народного просвещения И.Д.Делянов принял решение о назначении другого претендента на эту должность — В.Н.Великого. Состояние Павлова образно описывает в мемуарах его жена, С.В.Павлова. Она называет начало 1889 г. отчаянным: Иван Петрович погрузился в то время в ипохондрию, очень переживал, был мрачен, возвращаясь с работы домой, долго лежал на кровати, отвернувшись к стене. Почти год он пребывал в этом состоянии*. Наконец положение стало меняться**. В 1890 г. Павлов был избран экстраординарным профессором кафедры фармакологии Военно-медицинской академии, а вскоре при поддержке принца А.П.Ольденбургского он получает должность руководителя физиологического отдела в Императорском институте экспериментальной медицины. К работе там Иван Петрович приступил 1 января 1891 г. В 90-х годах XIX в. ему удалось получить прекрасные результаты в изучении физиологии пищеварения, что было отмечено в 1904 г. Нобелевской премией. Иван Петрович стал первым ее лауреатом в России. Через несколько лет, 1 декабря 1907 г., член-корреспондент И.П.Павлов был избран ординарным академиком по биологическому разряду Физико-математического отделения Императорской Санкт-Петербургской академии наук.

Во всем, что касалось науки, Павлов отличался очень высокой принципиальностью, отстаивал независимость и достоинство академии***. В 1928 г. шла подготовка к выборам новых членов в Академию наук СССР. 27 ноября у А.П.Карпинского, президента академии, состоялось заседание, на котором говорилось о том, что из высоких сфер пришло предложение избрать ряд новых членов, рекомендованных комиссией Политбюро



Портрет И.П.Павлова, рисунок Г.С.Верейского. Подарок автору от Л.А.Орбели.

ЦК ВКП(б). Приближенные к власти лица боялись своеволия и свобод академиков и не были уверены, что все намеченные кандидаты из этого списка будут избраны. В соответствии с уставом Академии наук выборы обязательно проходят по каждой кандидатуре индивидуально и тайным голосованием, это касается всех претендентов. Но, чтобы избежать возможного провала некоторых из намеченных кандидатов, было предложено применить иную процедуру выборов. В итоге поступило предложение голосовать не индивидуально, а списком, что не принято в Академии наук. Иван Петрович возмущился и сказал: *«Это лакейство, что Вы предлагаете?»* [1, с.169]. Выборы состоялись в декабре, но Павлов на них не пришел.

Иван Петрович отстаивал свободу творчества. Это хорошо видно из следующих его строк: *«Я, как говорится, на старости лет в первый раз составил стихотворение — в прозе, в прозе, господи! Я его вам сейчас прочту, потому что оно соединяет в себе, резюмирует все, что я говорил.»*

«Где ты, свобода, вечная пленительница человеческих существ от звероподобной природы до величайшего образа человеческого духа? Где ты, настоящая, подлинная? Когда придешь и останешься с нами навсегда? Увы!.. Мы обречены ждать тебя в конце длинной и непрерывной твоей борьбы с твоей безотступной соперницей — уздой...»

И этот момент будет началом высшей человеческой культуры и высшего человеческого счастья» [2, с.165].

* Наточин Ю.В. Слово о Павлове // Природа. 1999. №8. С.4–12.

** Громова Л.И. Павловы и Вальдгауеры — переплетение судеб // Природа. 2015. №11. С.78–90.

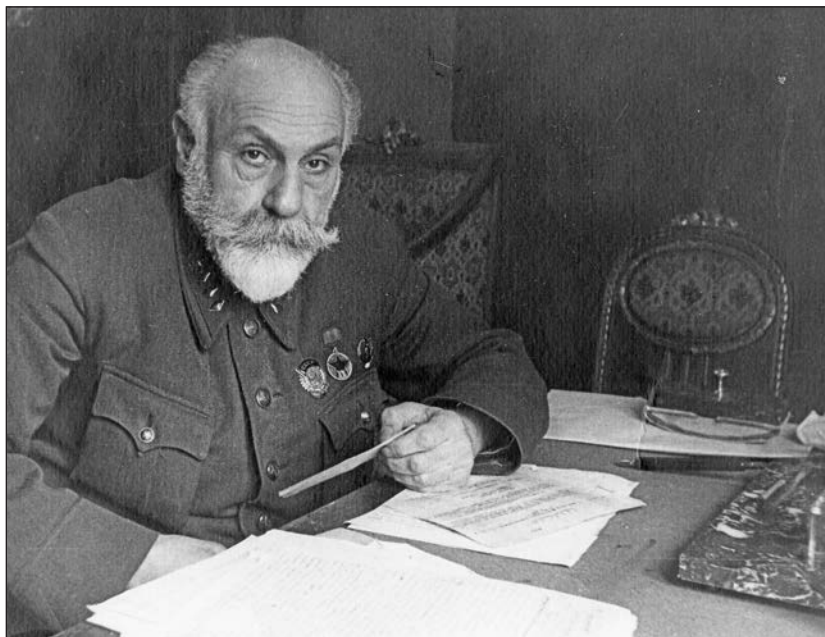
*** Космачевская Э.А., Громова Л.И. Великие современники: В.И.Вернадский и И.П.Павлов // Природа. 2013. №3. С.50–55.

Л.А.Орбели

К большой научной школе Павлова принадлежали академики Орбели и Крепс. Оба слушали лекции Ивана Петровича по физиологии. У обоих были блестящие научные биографии, но очень трудные и драматические судьбы.

Леон Абгарович Орбели много лет работал в коллективе Павлова. После ухода Ивана Петровича из Военно-медицинской академии в 1924 г. в знак протеста против гонений на детей священнослужителей (сам он был сыном священника), возглавил кафедру физиологии. После смерти Павлова в 1936 г. стал директором Физиологического института имени И.П.Павлова АН СССР. Леон Абгарович занимался широким кругом вопросов физиологии*: разрабатывал проблемы адаптационно-трофической функции симпатической нервной системы, вопросы физиологии мозжечка, органов чувств, гормональной и нервной регуляции функции почек, проблемы боли, а также эволюционной физиологии. Большое значение имеет вклад Орбели в решение прикладных задач физиологии, основанных на фундаментальных работах в области скоростных и высотных полетов. Он много сделал для создания медицины экстремальных состояний, разработки проблем физиологии глубоководных спусков (что обеспечило в дальнейшем повышение обороноспособности нашей страны благодаря созданию систем жизнеобеспечения водолазов), решения вопросов, связанных

* Лейбсон Л.Г. Основные направления научного творчества академика Л.А.Орбели // Природа. 1947. №7. С.75–84.



Л.А.Орбели за рабочим столом.

с авиационной медициной, а затем и с полетом человека в космос.

Как Павлов в 1930-х годах, когда был на физиологическом олимпе, так и Орбели в 1940-х занимал лидирующее положение в области физиологии в нашей стране и много сделал для разработки основных разделов этой науки. Во время Великой Отечественной войны, имея высшее воинское звание в медицинской службе (генерал-полковника), он участвовал в решении важнейших задач обеспечения лечения раненых, подготовки кадров военных врачей. В военные годы Орбели был вице-президентом АН СССР [3]. Но ничто не спасло Леона Абгаровича от тяжелейших испытаний в 1950 г. Тогда над ним сгустились тучи в связи с ростом влияния сторонников Т.Д.Лысенко, борцов с «формальной» генетикой. В то время Орбели, как академик-секретарь Отделения биологических наук АН СССР, отвечал за развитие всех направлений биологии в институтах академии. После разгрома генетики на сессии ВАСХНИЛ в 1948 г. стала готовиться научная сессия, посвященная развитию физиологического учения Павлова. Кампанию возглавлял Ю.А.Жданов. Он заведовал отделом науки управления пропаганды ЦК ВКП(б) (а с 1949 г. был зятем И.В.Сталина). Уже 28 июня 1950 г. — с первого дня Павловской сессии — стало ясно, что готовится разгром нескольких научных физиологических школ, прежде всего школы Орбели. 4 июля — на десятом заседании объединенной научной сессии Академии наук СССР и Академии медицинских наук СССР — было принято постановление, в котором отмечалось:

...В ходе сессии с полной ясностью установлено, что академик Л.А.Орбели и группа его ближайших учеников... пошли по неправильному пути, сбивали исследователей и нанесли ущерб развитию учения И.П.Павлова [4, с.106]. Более того, сессия «пришла к выводу» об ошибочности позиции академика Орбели, который в ряде случаев подменял взгляды Павлова своими ошибочными высказываниями. Расправа свершилась быстро. 17 июля 1950 г., через две недели после принятия этого постановления, Орбели получил правительственную телеграмму, которую подписал главный ученый секретарь Президиума АН СССР, академик А.В.Топчиев. В ней говорилось, что Президиум АН СССР и Президиум АМН СССР постановили освободить академика Орбели от должности директора Физиологического института имени И.П.Павлова АН СССР и от должности

Фото из архива «Природы»

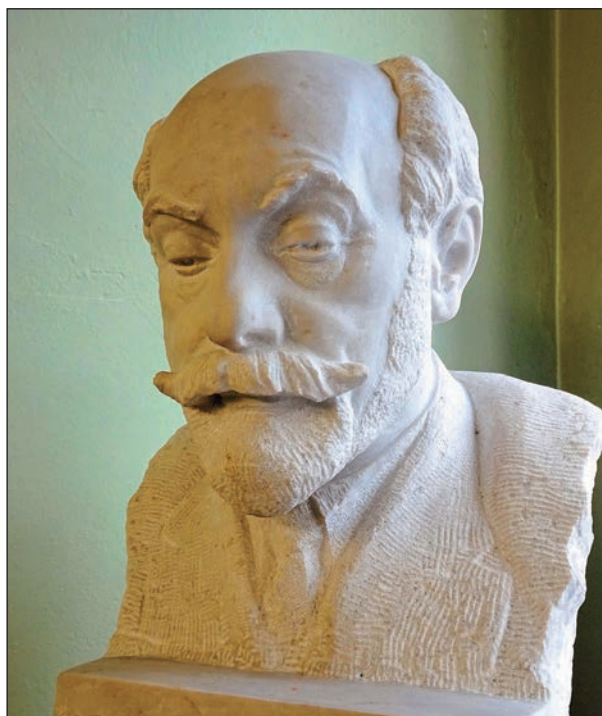
директора Института эволюционной физиологии и патологии высшей нервной деятельности АМН СССР [4]. Сняли его и с должности начальника кафедры физиологии Военно-медицинской академии, во главе которой он был четверть века. Пришло уведомление и об освобождении от обязанностей главного редактора «Физиологического журнала СССР имени И.М.Сеченова». Ближайшие ученики Орбели вскоре также лишились работы.

Но это стало лишь началом гонений. После объединенной сессии двух академий был создан Научный совет по проблемам физиологического учения академика И.П.Павлова, подчиненный Президиуму АН СССР, во главе его поставили академика К.М.Быкова. И даже теперь, спустя много лет, нельзя без душевной боли читать стенограммы заседаний этого совета. На них Орбели неоднократно подвергали унижению, над ним просто издевались, нравственно изматывали его. В заключение одного из заседаний ответственный секретарь совета, профессор Э.Ш.Айрапетьянц (он ранее сотрудничал с Леоном Абгаровичем) выступил с такими словами: *...Академик Л.А.Орбели оказался вне интересов советской физиологии, не признал искренне, по-граждански ни один пункт постановления сессии. Как удачно выразился акад. Быков, открывая 3-е совещание, акад. Орбели не разоружился и продолжает держать в руках то оружие, которое было осуждено объединенной сессией, оружие, направленное против учения И.П.Павлова* [4, с.143]. Невольно возникает ассоциация с судьбой Б.Л.Пастернака, который был удостоен в 1958 г. Нобелевской премии за роман «Доктор Живаго», но поплатился за это жестоким осуждением и разнузданным шельмованием в печати. В январе 1959 г. в стихотворении «Нобелевская премия» он написал:

*Я пропал, как зверь в загоне.
Где-то люди, воля, свет,
А за мною шум погони,
Мне наружу хода нет...
Что же сделал я за пакость,
Я убийца и злодей?**

Лишь после смерти Сталина постепенно возвратилась возможность для полноценной работы Орбели. В годы тяжелых испытаний он смог найти в себе силы для разработки новых направлений физиологии. С 1909 г. Леон Абгарович в течение многих лет интересовался проблемами эволюционной физиологии, а в те трудные годы ему удалось сформулировать новые пути ее развития. В 1954 г. Президиум АН СССР создал Лабораторию эволюционной физиологии АН СССР, в 1956 г. она была преобразована в Институт эволюционной физиологии имени И.М.Сеченова АН СССР. И Орбели был назначен его директором.

* Пастернак Б.Л. Стихотворения и поэмы / Библиотека поэта: Большая серия. Л., 1990. Т.2. С.130–131.



Скульптурный бюст Л.А.Орбели работы Д.М.Епифанова. Институт эволюционной физиологии и биохимии имени И.М.Сеченова РАН.

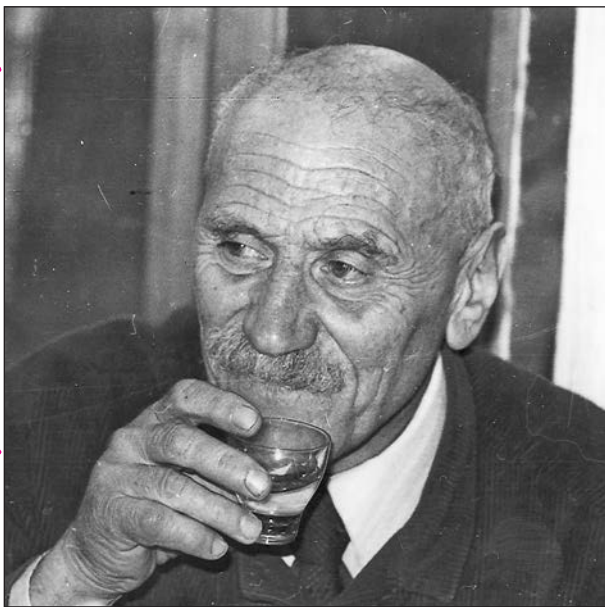
Здесь и далее фото автора

Е.М.Крепс

Яркая и трудная судьба ждала еще одного сотрудника Павлова и Орбели — академика Евгения Михайловича Крепса [5]. Вначале все было безоблачно. Он слушал лекции Павлова, стал адъюнктом Военно-медицинской академии, был командирован в 1930–1931 гг. в физиологические лаборатории Англии и Норвегии, участвовал в 1933 г. вместе с Орбели в организации лаборатории сравнительной физиологии во Всесоюзном институте экспериментальной медицины. Стал профессором и читал лекции в Ленинградском государственном университете. Ему была присуждена степень доктора биологических наук (без защиты диссертации) за совокупность научных работ по сравнительной физиологии**. В то время ему было только 35 лет...

В 1936 г., после смерти Павлова, Орбели, назначенный на пост директора Физиологического института имени И.П.Павлова АН СССР, пригласил Евгения Михайловича стать его заместителем. Увлечение научной работой Крепс сочетал с выполнением разнообразных административных обязанностей. Огромная ответственность легла на его плечи в связи с развертыванием прикладных исследований: Евгений Михайлович был заместителем председателя комиссии по подводной фи-

** Островский АН. Непотопляемый: жизнь Евгения Михайловича Крепса // Природа. 2009. №12. С.59–68.



Е.М.Крепс в день 85-летия. Снимок сделан 1 мая 1984 г. на его даче под Ленинградом.

зиологии, участвовал в трудной работе по морской биологии, которую очень любил, занимался не лишеными риска испытаниями водолазов на Черном море. Круговорот дел и забот отнимали все его время.

Наступил апрель 1938 г., внезапный арест, почти «подарок» ко дню рождения (Евгений Михайлович родился 1 мая) — он был осужден Особым совещанием, отправлен вначале во Владивосток на пересыльный пункт «2-я Речка», оттуда на Колыму, далее был переведен на прииск Тоскан, некоторое время спустя — в Магадан. А на воле Ор-



Научно-исследовательское судно «Академик Крепс».

Фото из коллекции автора

бели смело, решительно, умно делал все, чтобы вызволить Крепса. Через несколько лет удалось добиться пересмотра дела, а затем и освобождения — *ввиду отсутствия состава преступления*.

Евгений Михайлович сумел сохранить свое «я» в невероятном кошмаре лагерной жизни. Получив свободу, он вернулся к занятиям научной работой и смог развернуть исследования по сравнительной и эволюционной биохимии и нейробиологии. В годы войны обосновал и внедрил новый метод диагностики сепсиса по измерению активности фермента карбоангидразы, после войны возглавил работы по радиационной биохимии. Принял участие в рейсах научно-исследовательского судна «Витязь». И снова судьба уготовила ему испытание. В конце 1958 г., когда не стало Орбели, обязанности директора Института эволюционной физиологии имени И.М.Сеченова АН СССР исполнял член-корреспондент АМН СССР А.Г.Гинецинский — заместитель и ученик Орбели. Не прошло и нескольких месяцев, как разразилась склока. Против него выступила часть сотрудников института. Это были противники ломки стереотипов, они написали письмо в газету «Известия Советов депутатов трудящихся СССР», а их представители побывали в высших партийных инстанциях. Появилась статья корреспондента «Известий» Н.Ермоловича «Не ко двору». В ней речь шла о том, что Гинецинский не ко двору в Институте имени И.М.Сеченова. Под угрозой оказалось существование созданного Орбели Института эволюционной физиологии. Борьба за сохранение и развитие института была беспрецедентно острой. Компромисс был найден Президиумом АН СССР: на место директора вместо Гинецинского поставили выдающегося физиолога и биохимика, члена-корреспондента

АН СССР Крепса, а не представителя зачинщиков склоки, как они того хотели. В то время Евгений Михайлович находился на корабле «Витязь» в Индийском океане, где руководил радиохимическим отрядом. Судно шло Аравийским морем, омывающим западное побережье Индостана, по пути в Бомбей. В этот момент на корабль пришла радиограмма от президента Академии наук СССР академика А.Н.Несмеянова. В ней было сказано, что Крепс должен покинуть судно и лететь в Москву, причина не объяснялась. Просьба Евгения Михайловича отложить вопрос до прихода судна в Одессу была отклонена — лететь надо было сразу. Генеральный консул СССР в Бомбее заказал билет из Дели в Ташкент, за-

тем в Москву. Президент АН СССР тотчас принял Крепса. Он просил его стать директором института: *Если вам дорого дело Орбели, соглашайтесь.* Евгений Михайлович вернулся в Ленинград, перешел из Института физиологии имени И.П.Павлова в Институт эволюционной физиологии имени И.М.Сеченова и возглавлял его с 1960 до 1975 г.

Вспомним поэтический образ из приведенного выше стихотворения в прозе Павлова. Он невольно приходит на ум, когда читаешь рассказы Крепса о путешествии к островам Индийского океана. Он начал их со слов: *У каждого человека есть мечта. У меня с юных лет была мечта — увидеть атолл. Я помню смутно, как она возникла. Я читал какую-то книгу про морские путешествия, не то Роберта Льюиса Стивенсона, не то Джека Лондона. И до сих пор помню фразу: «Шхуна приближалась к атоллу. Пальмы рождались из моря». Я представил себе зеленые кроны пальм, выступающие из синего моря, и мне до смерти захотелось это увидеть, пожалуй, больше всего на свете.* [5, с.356]. Шли годы, мечта не угасала, жила в глубинах сознания. Евгений Михайлович делал свое дело, много плавал, видел айсберги Ледовитого океана, тайфуны морей Дальнего Востока, синь Черного моря, спускался в глубины вод. Мечта об атолле у него жила и казалась неосуществимой. И вдруг неожиданный поворот судьбы... Шло заседание Отделения биологических наук АН СССР, с докладом выступал океанолог, член-корреспондент АН СССР Л.А.Зенкевич и рассказывал о жизни в глубоководных впадинах океана, о поразительной способности организмов жить на громадных глубинах при колоссальных давлениях. В перерыве заседания члены-корреспонденты АН СССР В.Г.Богоров, Л.А.Зенкевич и Е.М.Крепс, старые друзья по путешествиям, собрались вместе, и Богоров сказал, что через десять дней «Витязь» уходит в плавание в центральную часть Тихого океана, нужен физиолог, и предложил Крепсу идти с ними в плавание. Так Евгений Михайлович смог одолеть драматические перипетии судьбы, тюрьму, лагерь, восстать духом и в итоге так много сделать во благо науки, вернувшись к счастливой жизни.

Л.Г.Лейбсон

Из плеяды имен физиологической школы Орбели хочу упомянуть его многолетнего сотрудника, выдающегося специалиста в области эволюционной эндокринологии, историографа научной школы, профессора Льва Германовича Лейбсона. Он сочетал талант ученого и яркий поэтический дар. Ровесник XX в., замечательный представитель петербургской интеллигенции, одаренный талантом доброты, наделенный богатством человеческой природы, он нес в себе и прекрасные черты тех, кто олицетворял школу Орбели, — обладал граж-



Скульптурный бюст Е.М.Крепса работы Д.М.Епифанова. Институт эволюционной физиологии и биохимии имени И.М.Сеченова РАН.

данской совестью и достоинством во всей многогранности значения этих слов. Когда Орбели не стало, он написал следующие строки:

*Мы ждем привычно ласкового слова,
Тепла и света, льющихся из глаз.
Но он молчит. И мы склоняем снова
Главу у гроба в этот скорбный час...
Он нам являл могучий дух дерзання,
И светлый ум, и душу — как кристалл.
Не будет он забыт... Минуют годы,
Исчезнет многое в стремнине дней.
Но долго разрастаться будут всходы
На ниве им посеянных идей*.*

Лев Германович был великим тружеником. В 60-х годах XX в. он написал:

*Все человек достигает трудом:
Пашет ли поле, строит ли дом,
Пишет ли книгу великий писатель**.*

Многие годы он отдал служению эволюционной физиологии, был одним из создателей эво-

* Лейбсон Л.Г. Мой век. Стихи. СПб., 1993.

** Там же.



Л.Г.Лейбсон.

Фото И.Б.Сухова

люционной эндокринологии. Его таланту, его перу принадлежит книга об Орбели и его научной школе, где он не только описал, но и помог понять становление этого уникального явления отечественной науки и культуры, понять особенности научной жизни первой половины минувшего века. Мне памятли слова Льва Германовича о времени его творческих мук, невероятного напряжения сил для обобщения большого объема литературы, собранной им для описания научной жизни школы Орбели, и мучительного общения с цензорами. Не могу не вспомнить о страданиях, пережитых автором жизнеописания Орбели. Об этом я знаю со слов Крепса, который был редактором монографии Л.Г.Лейбсона «Леон Абгарович Орбели» [3]. Нужно сказать, что ни Павлов, ни Орбели, ни Гинецинский, ни Крепс, занимающие высокие посты, не были членами КПСС. И все же Крепсу в многотрудном общении с отделом науки обкома КПСС удалось помочь Лейбсону опубликовать в начале 1970-х годов книгу об Орбели с минимальным количеством цензурных изъятий (были удалены лишь разделы об опале Орбели в 50-х годах XX в. после объединенной сессии двух академий и о его помощи жертвам сталинских репрессий). Уже много позже, лишь в 1990 г., эти изъятые главы с дополнениями увидели свет и были опубликованы издательством «Наука», но уже не было в живых ни Орбели, ни Крепса [4].

Природа одарила Льва Германовича и жизненным, творческим потенциалом, который он сохранил до последних дней жизни. Он продол-

жал работать, и когда ему было уже 85 лет, написал тогда слова, отражающие его мироощущение:

*Не верьте паспорту. В нем скучный счет годам,
Бездушный счет сухого счетовода.
Не знает он, что щедрая природа
Имеет свой устав, даруя силы нам.
Живите вольно, радостней и дольше,
Своим годам ведите сами вольный счет*...*

А.Г.Гинецинский

Уже не раз я упоминал имя замечательного ученого, ученика Орбели и соавтора Лейбсона, Александра Григорьевича Гинецинского. Он родился 17 ноября 1895 г. в Великом Устюге. Еще будучи студентом, увлекся физиологией, его именем назван один из эффектов симпатической нервной системы — феномен Орбели—Гинецинского. Труды Александра Григорьевича посвящены широкому кругу проблем физиологии, в том числе механизму передачи сигнала от нерва к мышце, акклиматизации животных и человека к пониженному содержанию кислорода в воздухе, регуляции водно-солевого обмена. В 1946 г. он был избран членом-корреспондентом АМН СССР, руководил лабораторией в Физиологическом институте имени И.П.Павлова АН СССР, был заместителем Орбели по научной работе, создал кафедру нормальной физиологии и заведовал ею в Педиатрическом медицинском институте в Ленинграде. Блестящие успехи в науке, интереснейшие перспективы исследований, искренняя преданность своему учителю Орбели — такова картина напряженной научной жизни Гинецинского в предвоенные годы.

Вот уже и война позади, ученые возвращаются из эвакуации, налаживается научная работа в институте, восстанавливается деятельность на кафедре нормальной физиологии, появляются новые планы исследований. И вдруг трудное и страшное лето 1950 г., приведшее к внезапному крушению судеб многих выдающихся личностей. В июле Гинецинский — в Москве на Павловской сессии АН СССР и АМН СССР. На его глазах произошел несправедливый и драматический разгром школы Орбели. Александр Григорьевич на заседании выступил в защиту учителя, но результат для него был печальный — через несколько недель его уволили с работы в Физиологическом институте имени И.П.Павлова, появились разгромные статьи в газетах, журналах. Но Гинецинский продолжал защищать научную истину, не унимался, тогда в 1951 г. его уволили и с поста руководителя им же созданной кафедры нормальной физиологии в Педиатрическом медицинском институте. Управление кадров Министерства здравоохранения СССР направило его в Сибирь, в Красноярский медицин-

* Лейбсон Л.Г. Мой век.

ский институт. Об этом решении узнал его друг К.В.Ромодановский, с которым до войны они вместе работали в Ленинграде. В то время Ромодановский был заместителем директора Новосибирского медицинского института, он предложил Александру Григорьевичу кафедру нормальной физиологии в этом институте. Осенью 1951 г. Гинецинский приехал из Ленинграда и занял свободный в то время пост заведующего кафедрой. На новом месте он начал чтение лекций студентам 2-го курса лечебного факультета, разработал новое направление исследований, посвященное физиологическим механизмам регуляции водно-солевого обмена. После лекций Александр Григорьевич часто в окружении студентов и аспирантов шел пешком по Красному проспекту домой, обсуждал новые проблемы. Его жизнь в Сибири начала налаживаться. Однако просветы в сумраке существования и надежда на восстановление работы в школе Орбели появились лишь после смерти Сталина. В 1954 г. Орбели пригласил Гинецинского вернуться и начать работать в Лаборатории эволюционной физиологии АН СССР. В 1955 г. Александр Григорьевич приехал в Ленинград, а в 1956 г. Орбели рекомендовал его на должность заместителя директора по научной работе уже в Институте имени И.М.Сеченова. В том же году Александр Григорьевич организовал свою лабораторию в этом институте.

Годы работы в Новосибирске не были потерянными, они стали временем нового творческого подъема, позволили Гинецинскому найти оригинальные пути развития физиологии водно-солевого обмена. Человек пьет воду, она выделяется почкой. А как почка узнает, что надо увеличить выделение воды? Как она ощущает разбавление крови выпитой водой? Вопрос в том, только ли в мозге находятся эти рецепторы, или чувствительные к осмотическому давлению рецепторы расположены и в центрах мозга, как думали в то время, и имеются в разных частях тела и передают информацию в мозг? Для решения этой задачи Александр Григорьевич предложил оригинальную форму эксперимента. В итоге в опытах на собаках было выяснено, что осморорецепторы есть не только в головном мозге, но и в разных органах и тканях. Другая проблема, у истоков которой был Гинецинский в те годы, — это переход от описательной физиологии почки к выяснению сути механизма физиологических процессов на молекулярном уровне. Этот подход был им реализован: удалось по-

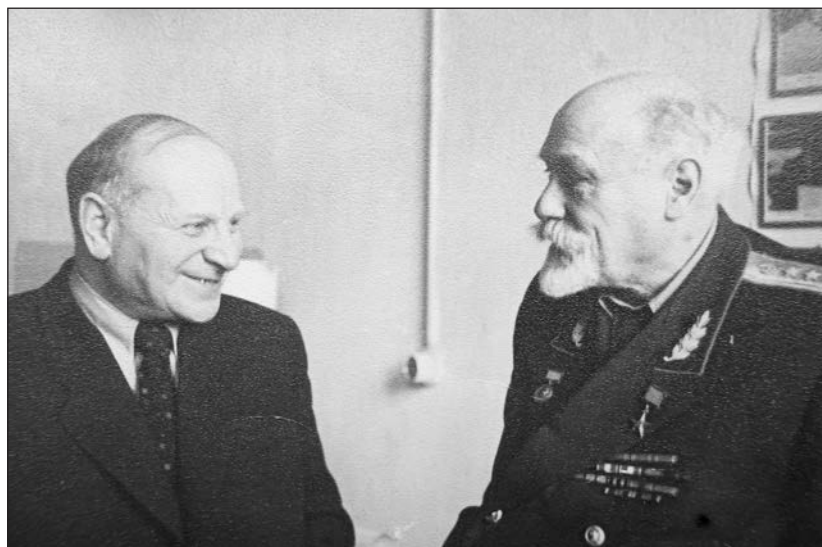


А.Г.Гинецинский. 1959 г.

Здесь и далее фото автора

казать, что в изменении выделения воды почкой участвует фермент гиалуронидаза. Эти исследования были продолжены и после возвращения Александра Григорьевича в Ленинград, в творческий коллектив Орбели.

Выстоять и выдержать непрекращающиеся удары судьбы помог характер, не приемлющий беспринципных поступков, разносторонность



А.Г.Гинецинский и Л.А.Орбели. После моего доклада на Всесоюзной научно-студенческой конференции в апреле 1956 г. академик Орбели (он был председателем заседания) пригласил посетить Институт эволюционной физиологии АН СССР. Снимок сделан перед кабинетом Орбели.

натуры, любовь к жизни, творчеству, поэзии. Первое стихотворение Гинецинского было опубликовано в газете, издававшейся в Вологде, где в то время жили его родители. Ему, гимназисту, было тогда 15 лет. Спустя 10 лет, он иронически подвел итоги прошедших лет:

*Четверть века, как носят ноги
Вас, уважаемый мой поэт...
Счет первый — за право рождения,
Косность в бухгалтерах лежит,
Это явное заблуждение:
Счет оплате не подлежит...
За талант. Внизу примечание:
Срок векселя истекает,
Вследствие скорого окончания,
Стихами не принимают*.*

Перу Александра Григорьевича принадлежит венок сонетов, поэтический перевод с немецкого языка поэмы Н.Ленау «Фауст», впервые опубликованный лишь в 1999 г. Гинецинский поступил в 1913 г. на медицинский факультет в г.Галле, в России из-за процентной нормы он не мог учиться в университете. Жизнь в Германии в течение года позволила в совершенстве освоить немецкий язык, а потом уже в России осуществить перевод этой поэмы. Приведу несколько строк слов Фауста в ответе Мефистофелю, они важны для понимания духа самого Александра Григорьевича:

*Забывать Творца, не знаю горя злее,
Но любит сердце истину сильнее**.*

С.С.Юдин

Еще одна выдающаяся личность, человек, для которого так много значила физиологическая школа Павлова, — это великий хирург, академик АМН СССР Сергей Сергеевич Юдин. Его история тоже полна трагизма [6]. На долю Сергея Сергеевича выпали тяжелейшие испытания, быть может, самые трудные из рассказанных в этом очерке, но его дух не был сломлен, он явил умение найти решение проблем жизни служением науке. С именем Юдина связана разработка метода переливания трупной крови, это открытие было отмечено Ленинской премией в 1962 г. (правда, уже после кончины ученого). Его обобщения в области лечения заболеваний пищеварительной системы (основанные на опыте более чем 17 тыс. операций при разнообразной хирургической патологии желудочно-кишечного тракта) легли в основу новых методов лечения и понимания физиологических особенностей пищеварения у человека. Он нашел оригинальные пути хирургических подходов восстановительного лечения непроходимости пищевода (эта работа

в 1948 г. была удостоена Сталинской премии первой степени). Его талант, его достижения признаны в нашей стране и в международном медицинском сообществе: Юдин избран действительным членом АМН СССР (1944), почетным членом Английского королевского колледжа хирургов (1943), Американской ассоциации хирургов (1943), Хирургического общества Парижского университета (1947), а также почетным доктором Сорбонны (1946), удостоен многих других званий [6, 7].

В Новосибирске, где Сергей Сергеевич был в ссылке в 1952–1953 гг., мне довелось практически ежедневно находиться рядом с ним, быть свидетелем ожидания свободы, мечтаний о будущей работе, рождения новых планов, каждодневных трудов. Будучи в те годы студентом медицинского института, я познакомил Юдина с Гинецинским, который был лишен работы в Ленинграде, переехал в Новосибирск и в Медицинском институте читал нам лекции. Впервые статью о жизни Юдина в ссылке я написал в годы перестройки, а редакция журнала «Наука и жизнь» в 1989 г. проявила смелость опубликовать ее, но даже тогда еще нельзя было в заглавии статьи указать имя Сергея Сергеевича, поэтому она называлась «Год в Новосибирске»***.

При всей беспросветности жизни Сергей Сергеевич откуда-то черпал силы — видимо, так была устроена его душа. Реалии тех дней не внушали надежд на возможность полного освобождения. Еще летом 1952 г. я участвовал в проводимых им исследованиях, ассистировал ему во время операций на животных. А уже осенью запретили не только работу, но и встречи с ним, даже присутствие студентов на проводимых им операциях. Поздней осенью в сопровождении представителя органов госбезопасности Сергей Сергеевич с женой Натальей Владимировной выезжал на несколько недель в Москву. Они вернулись, но все оставалось без перемен. В январе 1953 г. развернулась драма «дела врачей», ряд знакомых Юдина оказались под стражей. Тучи сгущались, становилось все тревожнее. Несмотря на эти события, Сергей Сергеевич продолжал творческую работу.

Юдин был носителем лучших традиций клинической медицины XX в. В самом конце 1948 г. он был ночью арестован****, по указанию полковни-

*** Наточин Ю.В. Год в Новосибирске // Наука и жизнь. 1989. №1. С.80–84.

**** 23 декабря 1948 г. С.С.Юдин был арестован по ложному обвинению, как «враг Советского государства, снабжавший английскую разведку шпионскими сведениями о нашей стране». С 1948 по 1952 г. он находился в заключении в Лесфортово, где перенес второй инфаркт. Во время пребывания в тюрьме написал книгу «Размышления хирурга». Расстрел «за измену Родине» был заменен ссылкой в г.Бердск Новосибирской обл. сроком на 10 лет. Через несколько месяцев после приезда в этот город ему разрешили жить и работать в Новосибирске, а лишь отмечаться — в Бердске.

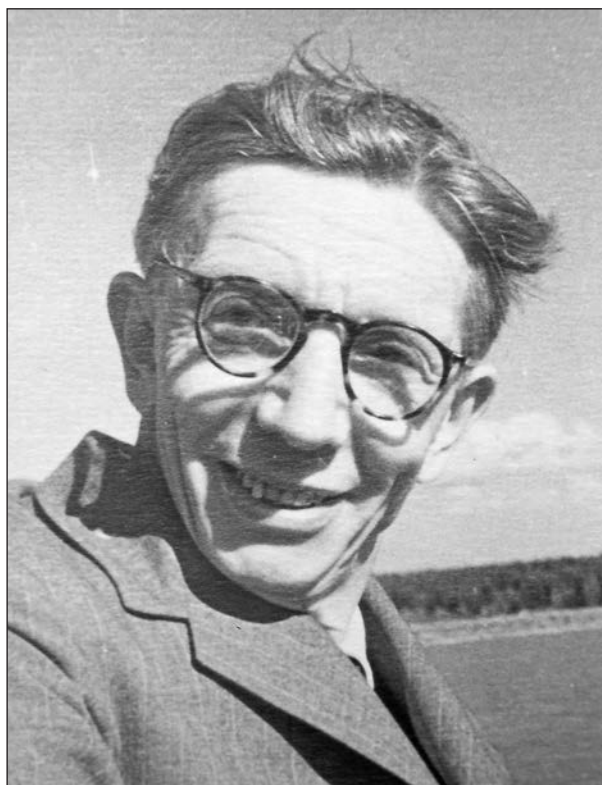
* Гинецинская Т.А. Служитель Муз и Эскулапа (Записки об отце). СПб., 1995. С.37–38.

** Ленау Н. Фауст / Пер. А.Г.Гинецинского. СПб., 1999. С.20.

ка Комарова его доставили в Лефортовскую тюрьму [6]. В этих невероятно трудных условиях он продемонстрировал образец науки жизни. В тюремной камере Сергей Сергеевич дал великолепное описание природы творчества врача-хирурга, показав, что это и наука, и искусство. Строки, приведенные ниже, написаны им буквально на клочках бумаги во время заточения в тюремной камере. Я видел эти листки: Юдин в 1952 г. рассказывал мне о своем пребывании в тюрьме. Тексты, написанные им в тюремной камере, были опубликованы лишь в 1968 г., после его кончины. Вот как проникновенно он писал о работе хирурга: *...Ни в одной отрасли человеческой деятельности не соединяется столько различных свойств, как в хирургии. Тут нужны четкость и быстрота пальцев скрипача и пианиста, верность глазомера и зоркость охотника, способность различать малейшие нюансы цвета и оттенков, как у художников, чувство формы и гармонии тела, как у лучших скульпторов, тщательность кружевниц и вышивальщиц шелком и бисером, мастерство кройки, присущее опытным закройщикам и модельным баумачникам, а главное — умение шить и завязывать узлы двумя-тремя пальцами вслепую, на большой глубине, т.е. проявляя свойства профессиональных фокусников и жонглеров. Ибо очень многие хирургические операции на конечностях уподобляются точнейшим столярным работам, а многие случаи обработки и свинчивания костей требуют не просто слесарных, а тонких механических приемов. Операции на лице, щеках и веках подобны художественным аппликациям или инкрустациям перламутром и драгоценными породами дерева, а глазные операции требуют буквально ювелирной работы**. Так в невероятных условиях заточения нашла выражение сила духа и умение жить, сохраняя душу.

Несколько слов о том, как Сергей Сергеевич обрел свободу. 5 марта 1953 г. умер Сталин, 26 июня был арестован Л.П.Берия, 2 июля начался пленум ЦК КПСС по «делу Л.П.Берии». Уже 4 июля в УВД Новосибирска позвонил заместитель министра внутренних дел генерал-полковник И.А.Серов и дал указание: *Освободить 5 июля 1953 г. профессора С.С.Юдина*. Ранним утром Сергею Сергеевичу по телефону предложили придти в УВД Новосибирска. Начальник управления объявил ему: *Вы можете уехать в любой город Советского Союза, но Вас ждет Москва*. В столице ему было предоставлено несколько вариантов квартир, он выбрал высотный дом у станции метро «Красные ворота», просил восстановить его в должности главного хирурга Научно-исследовательского института скорой помощи имени Н.В.Склифосовского, которую он занимал до ареста.

После известия о возвращенной свободе Юдин, потрясенный долгожданным решением,



С.С.Юдин. Новосибирск. Фотография сделана на катере во время прогулки по р.Обь. 1952 г.



Портрет хирурга С.С.Юдина работы М.В.Нестерова. 1933 г. Государственный Русский музей, Санкт-Петербург.

* Юдин С.С. Размышления хирурга. М., 1968. С.16–17.



Могила С.С.Юдина на Новодевичьем кладбище в Москве.
Фото С.Семенова

пошел не домой, а в находившуюся неподалеку областную больницу, к тем коллегам, с которыми в последнее время работал, к так нуждавшимся в нем пациентам. Через несколько дней он вернулся в Москву. Он пригласил меня к себе в гости в свою новую квартиру, я помню волнение, когда кабина лифта поднялась на девятый этаж высот-

ного дома, и как я вошел в квартиру, где Сергей Сергеевич обрел новую, свободную жизнь.

* * *

Так творческие взлеты сочетались с тяжелыми днями в жизни выдающихся ученых, в их трудной судьбе, в умении найти решение сложнейших проблем бытия во благо науки, с чувством собственного достоинства и выполненного долга. Творчество в физиологии, медицине необозримо. Можно назвать много имен физиологов и врачей, получивших известность и своими поэтическими и прозаическими произведениями. Разносторонность личности, любовь к искусству, музыке, театру, ваянию присущи многим, кому судьба дала добрые и понимающие глаза и руки врача. В физиологии и медицине важно сочетание глубоких знаний с творческими задатками. Наверное, неспроста в древнегреческих мифах и легендах врачевное сословие находится под покровительством бога Асклепия, сына Аполлона и внука Зевса, матерью его была нимфа Коронида. В гневе за измену Аполлон убил Корониду, но в ее чреве был их сын. Аполлон достал его и отдал на воспитание кентавру Хирону, научившего Асклепия врачеванию.

Творцы науки, те, кто живет наукой, обретают и счастье, и муку. Творчество их многогранно, оно дает силы для оптимизма, веру в добро, возможность реализовать себя в труднейших испытаниях. Физиологи, о которых шла речь, ясно осознавали, что медицина, в фундаменте которой лежит комплекс физиологических наук, сочетает в себе науку и искусство. Это получило яркое выражение в их делах. В тяжелейших условиях они нашли выход в поклонении науке и искусству, в переключении с творчества научного на иные грани жизни в искусстве. И смогли сохранить себя, свое имя. ■

Литература

1. Каганович Б.С. Сергей Федорович Ольденбург. Опыт биографии. СПб, 2013. [Kaganovich B.S. Sergey Fyodorovich Oldenburg. Experience of the biography. SPb., 2013. (In Russ.)]
2. И.П.Павлов: pro et contra. СПб, 1999. [I.P.Pavlov: pro et contra. SPb., 1999. (In Russ.)]
3. Лейбсон Л.Г. Леон Абгарович Орбели. Л., 1973. [Leybson L.G. Leon Abgarovich Orbeli. L., 1973 (In Russ.)]
4. Лейбсон Л.Г. Академик Л.А.Орбели. Неопубликованные главы биографии. Л., 1990. [Leybson L.G. L.A.Orbeli. Unpublished chapters of the biography. L., 1990. (In Russ.)]
5. Крепс Е.М. «Я прожил интересную жизнь». Избранные труды. СПб., 2007. [Krepis E.M. «I have lived interesting life». Selected Works. SPb, 2007. (In Russ.)]
6. Понурова В.Н. Сергей Сергеевич Юдин. Новосибирск, 2009. [Ponurova V.N. Sergey Sergeevich Yudin. Novosibirsk, 2009. (In Russ.)]
7. Каликинская Е.И. Личность в эпоху переломов. К 125-летию академика С.С.Юдина. М., 2016. [Kalikinskaya E.I. The personality during an era of changes. To the 125 anniversary of the academician S.S.Yudin. M., 2016. (In Russ.)]

Планетные исследования

Последняя миссия космического аппарата «Кассини»

Близится к завершению один из самых амбициозных и дорогих проектов американской космической программы «Кассини—Гюйгенс». Он разрабатывался НАСА совместно с Европейским космическим агентством для изучения Сатурна. Межпланетная станция «Кассини», названная в честь итало-французского астронома Джованни Кассини (1625–1712), со спускаемым аппаратом «Гюйгенс» была запущена в 1997 г. и достигла орбиты планеты 1 июля 2004 г. На борту космического зонда установлено 12 научных приборов и выдвигающаяся штанга для магнитометра. Для связи с Землей используется 4-метровая антенна. У аппарата нет солнечных батарей (на расстоянии примерно 1,4 млрд. км от Солнца они малоэффективны) — энергией его обеспечивают три радиоизотопных термоэлектрических генератора, содержащих почти 33 кг радиоактивного плутония.

Спустив в 2005 г. на поверхность Титана, спутника Сатурна, посадочный модуль, орбитальная станция «Кассини» продолжила изучение шестой планеты Солнечной системы и ее спутников.

На протяжении последних 13 лет ей удалось передать на Землю более 500 Гбайт данных, на основе которых написаны 3 тыс. научных статей. Станция обогнула Сатурн более 200 раз и открыла семь новых спутников планеты. Она обнаружила выбросы водяного пара и сложных углеводородов на шестом по размеру спутнике — Энцеладе; показала, что на Титане есть реки и озера, и сделала множество других открытий. Однако, проведя около 20 лет в космосе, «Кассини» почти исчерпала топливные ресурсы, необходимые для работы двигателя. Вместо того чтобы рисковать незапланированным падением на одну из 62 лун, в НАСА приняли решение с максимальной эффективностью для науки использовать последнее время жизни аппарата и закончить миссию путем погружения зонда в атмосферу газового гиганта, где он и сгорит, как метеорит.

В преддверии «большого финала», начавшегося в апреле 2017 г., аппарат совершил для увеличения скорости своеобразный трюк — гравитационный маневр вблизи Титана, а затем «нырнул» в узкую щель шириной 2 тыс. км между верхними слоями атмосферы Сатурна и внутренним краем колец. Во время маневра станция прошла всего в 300 км от внутреннего края кольца F и на расстоянии 3 тыс. км от верхних слоев облаков планеты. Как



«Кассини» приближается к Сатурну. Художественная интерпретация: NASA/JPL-Caltech.

заметил руководитель миссии Эрл Мейз, ни один аппарат не подлетал так близко к Сатурну.

Несмотря на то, что члены миссии были уверены в безопасности маневра, они приняли ряд мер предосторожности. Согласно существующим моделям, узкая щель между планетой и внутренним краем колец может содержать мелкие частицы, которые несут потенциальную угрозу аппарату, пролетающему сквозь них со скоростью 30 км/с. Для предотвращения возможного ущерба ученые сориентировали передающую антенну так, чтобы она защищала большую часть приборов. При этом для поиска безопасных орбит исследователи сделали ряд высококонтрастных снимков внутренней области колец и смоделировали распределение частиц пыли. Первый нырок стал началом входа «Кассини» в финальную фазу многолетнего изучения Сатурна. Зонд должен совершить в общей сложности 22 витка вокруг планеты, во время которых он будет проходить между внутренним краем колец и облачным покровом Сатурна. Ни один земной посланец еще никогда не делал ничего подобного. Героическая миссия аппарата должна завершиться 15 сентября 2017 г.

До этого времени наземные станции Европейского космического агентства будут работать в тесном сотрудничестве с антеннами Сети дальней космической связи НАСА, чтобы точно записать радиосигналы, приходящие от «Кассини». Эта информация поможет ученым изучить состав, структуру и динамику атмосферы Сатурна, а также оценить массу его загадочных колец, которые стоят в ряду самых удивительных феноменов Солнечной системы.

Одна из главных задач миссии — определить массу и, соответственно, возраст колец Сатурна, состоящих из многочисленных ледяных образований разных размеров (от микрометров до десятков, а иногда даже и сотен метров), которые вращаются с большой скоростью вокруг планеты. Однозначного мнения среди астрономов об их происхождении пока нет. Возможно, кольца сформировались сравнительно недавно (если сопоставлять с возрастом Солнечной системы) — примерно 100 млн лет назад, когда космический объект размером с Луну слишком близко подошел к Сатурну и был разорван его гравитационным полем на бесчисленные фрагменты. Это предположение подтверждается анализом стабильности колец и тем, что они такие яркие (а значит, сравнительно мало подвергались ударам многочисленных маленьких темных метеоров). Однако полученные в последнее время новые данные, наоборот, повышают вероятность гипотезы, что некоторые из колец могут иметь возраст в несколько миллиардов лет и быть почти такими же старыми, как и Сатурн. Возможно, изучение самых детализированных в истории снимков планеты и ее кольцевой системы даст точный ответ и на этот вопрос.

Nature. 2017. V.544. P.149–150.

Астрофизика

Центр галактики NGC 2617: занавес остается открытым

Наша группа, в которую входят астрофизики из России, Азербайджана, ЮАР, Финляндии, Чили, Израиля и США, в течение нескольких лет изучавшая поведение сверхмассивной черной дыры в центре галактики NGC 2617, опубликовала в журнале английского Королевского астрономического общества «Monthly Notices of the Royal Astronomical Society» (MNRAS) результаты наблюдений и предложила новую интерпретацию изменений излучения вблизи этого объекта*.

Считается, что сверхмассивные черные дыры, масса которых порой в миллионы и даже в миллиард раз превышает солнечную, есть в ядрах большинства спиральных и эллиптических галактик, включая Млечный Путь. Но одни из них неактивны (например, черная дыра в нашей Галактике), а другие, «питаются» пылью, газом и/или близлежащими звездами, падающими в них по спирали со скоростью, в тысячи раз превышающей скорость звука, генерируют мощное излучение в широчайшем диапазоне длин волн. Выход энергии из окружения такой черной дыры сопровождается видимым светом, интенсивность которого может превышать светимость сотен миллиардов звезд в остальной части галактики. Эти яркие центры, называемые активными ядрами галактик (АЯГ), делятся на два типа: доступные для наблюдения процессов падения вещества в черную дыру и полностью скрытые пылью и газом.

На протяжении десятилетий астрономы задавались вопросом: почему в одних активных ядрах галактик мы видим внутренние области, а в других — нет? Наиболее популярное объяснение заключается в разном угле наблюдения: если АЯГ расположено по отношению к наблюдателю с Земли плашмя, то можно рассмотреть падающий по спирали в ее черную дыру горячий газ, а если оно наклонено к лучу зрения, то видимыми будут только медленно движущиеся газовые облака на расстоянии светового года или более от черной дыры. Но существуют АЯГ, которые не вписываются в эти представления: они могут то открывать внутреннюю область ядра, то скрывать ее, иными словами — менять свой тип.

В 1984 г. мы обнаружили изменение типа активного ядра галактики NGC 4151**. Тогда это был редкий случай трансформации. Сегодня насчитывается несколько десятков галактик с переходным типом АЯГ. NGC 2617 — в их числе.

* Oknyansky VL., Gaskell C.M., Huseynov N.A. et al. The curtain remains open: NGC 2617 continues in a high state // MNRAS. 2017. V.467. №2. P.1496–1504.

** Лютый В.М., Окнянский В.Л., Чуватов К.К. NGC 4151-Sy2 в глубоком фотометрическом минимуме // Письма в астрон. журн. 1984. Т.11. С.803–808.

Эта спиральная галактика, расположенная в созвездии Гидры, привлекла внимание в 2013 г., когда ее центральный объект стал намного ярче, а газовые облака вблизи сверхмассивной черной дыры, ранее скрытые от наблюдателя, — видимыми*. Чтобы узнать причину таких изменений, мы провели комплексные длительные наблюдения NGC 2617 в различных длинах волн — от рентгеновских до инфракрасных — с использованием Глобальной роботизированной сети оптического мониторинга MASTER, созданной под руководством профессора Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова В.М.Липунова, нового 2.5-метрового телескопа обсерватории МГУ, расположенной в 20 км от Кисловодска, двухметрового телескопа Шамахинской астрофизической обсерватории НАН Азербайджана, рентгеновского спутника SWIFT (НАСА), а также некоторых других телескопов. Анализ опубликованных данных позволяет заключить, что резкая смена типа активного галактического ядра — явление не редкое, а скорее, наоборот, вполне типичное. Общепринятого мнения по поводу такой трансформации нет. Возможно, резкое увеличение яркости активного ядра связано с фактом разрушения звезды, приблизившейся к черной дыре и разорванной ее тяготением. Но все же объяснить наблюдаемую частоту изменений типа АЯГ этим нельзя — по теоретическим оценкам черные дыры в ядрах галактик разрывают звезды не чаще одного раза в несколько тысяч лет. Мы рассматриваем другую модель. Суть ее — в изменении «режима питания» объекта. По мере увеличения количества падающего вещества в направлении черной дыры, последняя испускает все более мощное излучение, которое разрушает часть пыли, окружающей ядро, что позволяет наблюдать внутренние области в ее окрестностях. Испарение пыли, точнее ее сублимация, при увеличении светимости — факт, хорошо известный из наблюдений**. В центре активного ядра образуется зона, свободная от пыли, которую мы называем «пылевой дырой»***. При этом ее размеры зависят от изменения яркости свечения из ближайших окрестностей черной дыры: повышение яркости увеличивает эту зону, ослабление ведет к образованию пыли, закрывающей внутреннюю область ядра.

Как долго ближайшие окрестности черной дыры в галактике NGC 2617 будут оставаться види-

мыми для наблюдения, предсказать довольно сложно. Статья американских астрономов и их зарубежных коллег, вышедшая в 2014 г. по результатам исследования этого объекта, называлась «Человек за кулисами...»****. Мы же назвали свою статью «Занавес остается открытым...»*****, потому что продолжаем следить за изменением излучения вблизи активного ядра галактики NGC 2617 и надеемся увидеть момент, когда занавес закроется. Но об этом — в следующих публикациях. Сейчас к нашему проекту присоединились еще несколько ученых из Китая и США.

© В.Л.Окнянский,

кандидат физико-математических наук
Государственный астрономический институт
имени П.К.Штернберга
Московского государственного университета
имени М.В.Ломоносова

Н.А.Гусейнов, Х.М.Микаилов,

кандидаты физико-математических наук
Шамахинская астрофизическая
обсерватория НАН Азербайджана
Баку

К.М.Гаскелл

Калифорнийский университет
Санта-Круз, США

Кристаллография

Игольчатые алмазные кристаллиты: необычная обычность

Алмазы могут, видимо, служить синонимом «привлекательности» благодаря их широкому использованию в качестве бриллиантов, а также постоянно возрастающему спросу на применение в науке и технике. Важнейшим толчком к расширению сферы технических применений алмаза послужили фундаментальные научные открытия и разработанные на их основе способы получения тонких алмазных пленок. Приоритет этих открытий во многом принадлежит отечественным ученым. Обычно такие пленки выращивают в виде поликристаллических слоев, хотя возможен и гомоэпитаксиальный рост монокристаллического алмаза. Закономерности, определяющие формирование кристаллической структуры алмазных пленок, носят более или менее общий характер. Поликристаллические алмазные пленки, как правило, имеют так называемую столбчатую структуру, т.е. состоят из кристаллитов, вытянутых в направлении, перпендикулярном подложке. Столбчатая структура проявляется не только в алмазных пленках, но и при формировании других разновидностей поликристаллических материалов. Например, лед, образующийся на поверхности озер, часто имеет столбчатую поликристаллическую

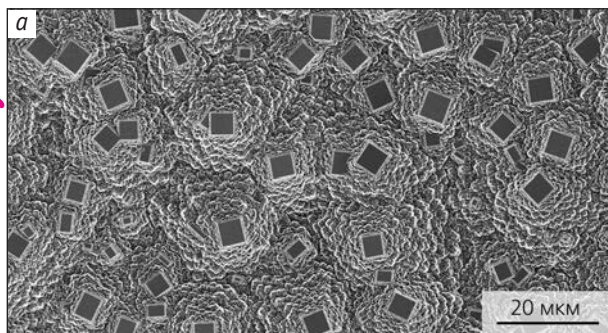
* Shappee B, Prieto J, Grupe D. et al. The man behind the curtain: X-rays drive the UV through NIR variability in the 2013 AGN outburst in NGC 2617 // *Astrophys. J.* 2014. V.788. №48. P.1–13.

** Окнянский В.Л., Лютый В.М., Таранова О.Г., Шенаврин В.И. Correlation between the infrared and optical variations of NGC 4151 in 30 years: Change in the sizes of the infrared source // *Astron. Lett.* 1999. V.25. P.483–492.

*** Окнянский В.Л., Хорн К. Reverberation radii of dust holes in active galactic nuclei // *ASP Conference Proceedings.* 2001. V.224. P.149–158.

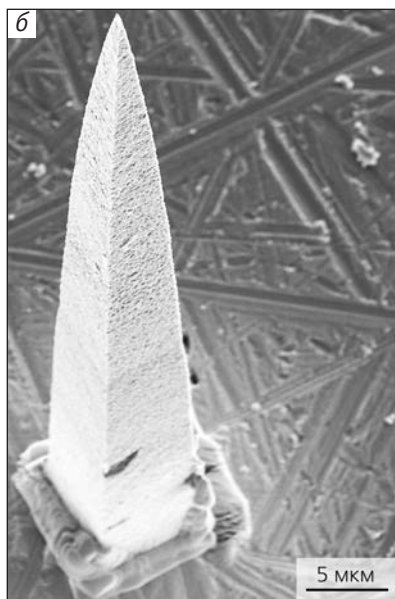
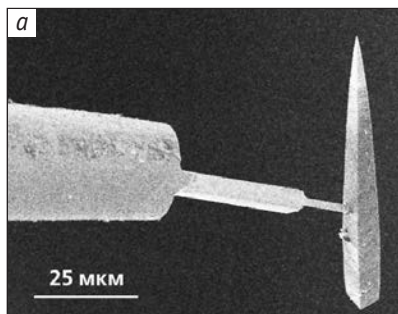
**** Shappee B, Prieto J, Grupe D. et al. Op. cit.

***** Oknyansky V.L., Gaskell C.M., Huseynov N.A. et al. Op. cit.



Электронно-микроскопические изображения исходной поликристаллической алмазной пленки (а) и алмазных кристаллитов, оставшихся после окисления пленки на воздухе посредством ее выдержки при температуре 650°C в течение 20 ч (б). В исходном состоянии квадратные основания алмазных игл выделяются на фоне разупорядоченного материала (а), который удаляется при окислении из состава пленки в виде газа.

структуру, которая отчетливо проявляется ранней весной при его таянии и распаде с характерным шелестящим звуком на отдельные иглоподобные льдинки. Научное описание формирования структурных особенностей этого типа дал выдающийся



Электронно-микроскопические изображения отдельной алмазной пирамидки — она закреплена на держателе, соединенном с микроманипулятором, который переносит иглу в нужное место (а). Алмазная игла, закрепленная на массивном основании (б). Борозды на поверхности основания возникают при его механической обработке.

отечественный кристаллограф А.В.Шубников в своей модели «геометрического отбора», или «конкурентного роста кристаллов».

В соответствии с этой моделью геометрическая форма игольчатых кристаллов определяется условиями формирования и типом кристаллической решетки. В случае алмазных пленок научный поиск шел в основном с целью обеспечения их формирования в виде плотно соприкасающихся кристаллитов с минимальным содержанием неалмазного (графитоподобного или аморфного) материала между ними. Дополнительное структурное совершенство материалу придавало обеспечение роста кристаллитов с одинаковой или преимущественной ориентацией в пространстве — так называемые текстурированные пленки. Однако, как показано в серии недавних публикаций*, алмазные пленки, содержащие большое количество структурно разупорядоченного материала и по этой причине ранее считавшиеся «плохими», могут оказаться источником кристаллитов игольчатой формы. Благодаря особенностям атомной структуры алмаза они имеют вид геометрически правильных четырехугольных пирамид, окруженных разупорядоченным материалом. Для «извлечения» пирамидальных кристаллитов из выращенной алмазной пленки был использован простой и эффективный способ, основанный на нагреве углеродного материала в кислородсодержащей среде (например, на воздухе), что приводит к его окислению и газификации в виде газообразных оксидов углерода. Скорость процесса газификации заметно увеличивается с уменьшением степени упорядочения атомной структуры углеродного материала пленок. Так, оказалось, что при температуре около 650°C можно примерно за 20 ч полностью удалить из ее состава весь неупорядоченный углерод.

При этом пирамидальные алмазные кристаллиты окисляются незначительно и сохраняют свою начальную форму. Полученный в результате такой процедуры материал можно использовать либо как порошок, либо в виде отдельных кристаллитов, размеры которых определяются длительностью процесса роста пленки и составляют от нескольких до сотен микрометров в длину. Другие гео-

* *Obraztsov A.N. et al.* Production of single crystal diamond needles by a combination of CVD growth and thermal oxidation // *Diamond and Related Materials*. 2009. V.18. P.1289; *Zolotukhin A.A. et al.* Single-crystal diamond microneedles shaped at growth stage // *Diamond and Related Materials*. 2014. V.42. P.15.

метрические величины определяются параметрами процесса роста пленок. Для использования отдельных кристаллитов требуется соответствующая техника, позволяющая удерживать и прецизионно перемещать объекты микрометрового размера.

Кроме необычной формы, пирамидальные алмазные кристаллиты обладают всем замечательным набором свойств алмаза, включая рекордно высокие твердость и теплопроводность, уникальные электронные, оптические и люминесцентные качества. Некоторые из них уже продемонстрированы нашей группой, работающей на физическом факультете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова, в кооперации с коллегами из Франции, Финляндии, Германии и Испании*. Дальнейшее изучение этой разновидности алмазных материалов, обладающих привлекательным внешним видом и набором уникальных физических свойств, обещает новые результаты, которые позволят расширить сферу применения алмазов в технических областях — от зондов для измерителей твердости до алмазных кубитов квантовых компьютеров.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 14-12-00511).

© А.Н.Образцов,

доктор физико-математических наук
Московский государственный университет
имени М.В.Ломоносова

Нанотехнологии и наноматериалы

Ультратвердый углеродный нанокompозит на основе фуллерита

Важную роль в науке и технике играют сверхтвердые материалы, которые могут быть использованы в различных областях промышленности. Благодаря уникальным механическим свойствам они широко применяются в добывающей, оборонной и космической отраслях. Наибольшей твердостью среди всех известных материалов обладает монокристаллический алмаз. Последние несколько десятилетий теоретические и экспериментальные исследования направлены на поиск и синтез новых материалов, чьи механические характеристики были бы сравнимы или превышали соответствующие значения алмаза.

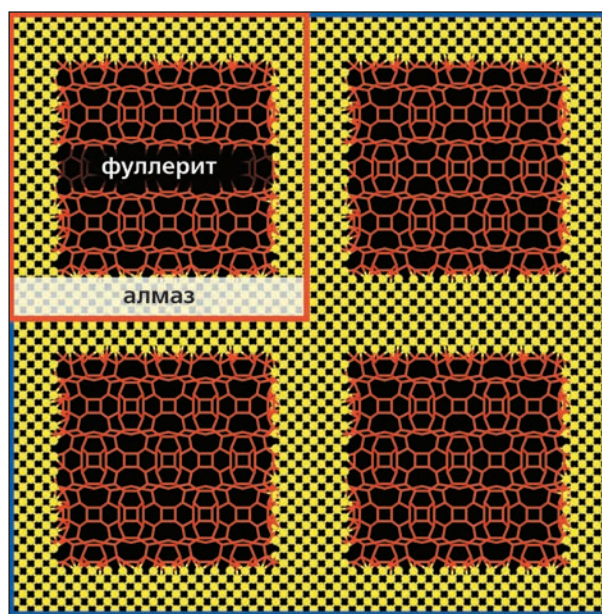
Так, в 1998 г. группа, возглавляемая профессором В.Д.Бланком, впервые синтезировала с использованием высокого давления (>10 ГПа) материал, обладающий выдающейся механической жесткостью и твердостью**. Его изготовили в Технологическом институте сверхтвердых и новых углеродных материалов (ТИСНУМ, Москва) и потому назвали тиснумитом (tisnumit). Материал представляет собой 3D-полимеризованный фуллерит, в котором молекулы фуллеренов C_{60} соединяются между собой ковалентными углеродными связями. Однако он не относится к монокристаллическим и проявляет нерегулярную структуру. Его атомная структура и характер превосходной жесткости долгое время оставались загадкой.

В 1999 г. Л.А.Чернозатонский, Н.Р.Серебряная и Б.Н.Маврин предложили несколько моделей 3D-полимерных фаз фуллерита, названных SH-фазами (SuperHard)***, которые хорошо согласовывались с экспериментальными данными по рентгеновской дифракции****. Однако квантово-механические расчеты «из первых принципов» (ab initio)****,

*** Chernozatonskii L., Serebryanaya N., Mavrin B. The superhard crystalline three-dimensional polymerized C_{60} phase // Chem. Phys. Lett. 1999. V.316. P.199–204.
**** Serebryanaya NR, Chernozatonskii LA. Modelling and interpretation of the experimental data on the 3D polymerized C_{60} fullerites // Solid State Commun. 2000. V.114.

** Blank V.D. et al. Is C_{60} fullerite harder than diamond? // Phys. Lett. 1994. V.188. P.281–286; Blank V.D. et al. High-pressure polymerized phases of C_{60} // Carbon. 1998. V.36. P.319–343; Blank V.D. et al. Elastic properties of ultrahard fullerites // J. Exp. Theor. Phys. 1998. V.87. P.741–746.

**** Ab initio (от лат. «начала») — решение задачи из первых основополагающих принципов без привлечения дополнительных эмпирических предположений. — Прим. ред.



Схематичное изображение структуры предложенного нанокompозита. Желтым цветом показан монокристаллический алмаз, красным — структура фуллерита. Красной рамкой выделена элементарная ячейка композита.

* Orekhov AS. et al. Structural peculiarities of single crystal diamond needles of nanometer thickness // Nanotechnology. 2016. V.27. P.455707; Tsyakova F.T. et al. Photo- and cathodo-luminescence of needle-like single crystal diamonds // J. of Luminescence 2016. V.179. P.539; Klesbcb VI. et al. Single crystal diamond needle as point electron source // Scientific Reports. 2016. V.6. P.35260.

проведенные позже, спорным образом показали, что предлагаемая модель SH-фазы не обладает сверхвысокой жесткостью при нормальных условиях. Скорее, наоборот: у этого материала характеристики хуже, чем у алмаза. Причина таких результатов, противоречащих друг другу, кроется в различных параметрах решетки в модели Чернозатонского и в структуре, полученной с помощью современных методов квантовой химии в состоянии после релаксации.

Было выдвинуто предположение, что если структуру сжать до размера модели Чернозатонского, то ее жесткость должна значительно возрасти. Главное — определить механизм такого сжатия. Почему сжатая структура останется таковой при нормальных условиях и не восстановит свою форму? Наша группа исследователей, представляющая Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов, Московский физико-технический институт (государственный университет), Сколковский институт науки и технологий, Институт биохимической физики имени Н.М.Эмануэля РАН и Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», попыталась ответить на этот вопрос в недавно опубликованной работе*.

Из экспериментальных данных известно, что сжатый 3D-полимеризованный фуллерит может быть окружен аморфной оболочкой из атомов углерода с алмазоподобными sp^3 -гибридизованными связями, которая не допускает расширения фуллерита, находящегося внутри. В ходе работы была предложена простая модель нанокompозита, состоящая из фуллерита, заключенного в оболочку из монокристаллического алмаза. Фуллерит можно рассматривать как зерно нанокompозита, а алмаз — как оболочку. Таким образом, у нас есть система, в которой зерна фуллерита периодически размещаются в монокристаллическом алмазе. В нем под действием давления происходит преобразование: алмаз переходит в аморфную фазу, SH-фаза фуллерита — в наноструктуру с еще большей твердостью, которая остается в аморфной оболочке при снятии давления и определяет твердость нанокompозита. Мы рассчитали спектры рентгеновской дифракции для нанокompозитов с различным размером зерна. При этом с увеличением размера зерна (>6 нм) спектр начинал демонстрировать характерные особенности сверхтвердого материала, полученного в эксперименте. Были также рассчитаны механические характеристики (объемный модуль упругости) предложенных нанокompозитов в зависимости от размера зерна в алмазной матрице. Как оказалось, увеличение зерна до 6 нм приводит к росту объемного модуля нанокompозита до 1 ТПа (1000 ГПа), что в два

раза выше объемного модуля алмаза. Кроме того, исследованные механические характеристики нанокompозитов показали значительное увеличение (от 1 до 2 ТПа) объемного модуля, вызванное сжатием фуллерита внутри алмазной матрицы, по сравнению с монокристаллическим алмазом.

Эту работу можно рассматривать как еще один важный шаг к контролируемому получению ультра-твердых углеродных нанокompозитов с высокой механической жесткостью, превышающей это значение алмаза. Устройства, изготовленные из такого материала, по причине высокой стойкости к истиранию будут работать дольше.

© Ю.А.Квашнина,

Технологический институт сверхтвердых
и новых углеродных материалов
Москва

Московский физико-технический институт
(государственный университет)

А.Г.Квашнин,

кандидат физико-математических наук
Сколковский институт науки и технологий

Л.А.Чернозатонский,

доктор физико-математических наук
Институт биохимической физики
имени Н.М.Эмануэля РАН
Москва

П.Б.Сорокин,

доктор физико-математических наук
Технологический институт сверхтвердых
и новых углеродных материалов
Институт биохимической физики
имени Н.М.Эмануэля РАН
Национальный исследовательский
технологический университет «МИСиС»

Палеонтология

Новый плиозавр из Ульяновского Поволжья

Наша исследовательская группа, объединяющая ученых Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова, Саратовского государственного технического университета имени А.Ю.Гагарина, Ульяновского государственного университета и Ульяновского областного музея краеведения, а также бельгийских и британских палеонтологов, завершила описание нового морского ящера-плиозавра (Pliosauridae) и представила результаты своей работы в журнале «Current Biology»**.

Остатки плиозавра обнаружил Г.Н.Успенский в 2002 г. на берегу Волги у с.Сланцевый Рудник (Ульяновская обл.) в отложениях готеривского яруса мелового периода (около 130 млн лет). Из вмещающих глин удалось извлечь почти пол-

* Kvasbnina Yu.A., Kvasbnin A.G., Chernozatonskii L.A., Sorokin P.B. Fullerite-based nanocomposites with ultrahigh stiffness. Theoretical investigation // Carbon. 2017. V.115. P.546–549.

** Fischer V., Benson R., Zverkov N. et al. Plasticity and convergence in the evolution of short-necked plesiosaurs // Current Biology. 2017. Doi:10.1016/j.cub.2017.04.052.



Реконструкция внешнего вида морского ящера-плиозавра *Luskhan itilensis*.

Рисунок А.А.Атучина

ный скелет животного. Более 10 лет продолжалась кропотливая работа по препарированию и консервации ископаемых остатков. И не удивительно — скелет достигает 6,5 м в длину (только длина черепа оставляет 1,6 м).

Имя лусхан (*Luskhan itilensis*), данное плиозавру, имеет символическое значение. В монгольской мифологии лусами (луусами) называли духов — хозяев водоемов, а Лусхан был их правителем. Итиль — древнее тюрко-монгольское название Волги. В целом же название ископаемой рептилии можно интерпретировать как «повелитель волжских вод».

Долгое время о раннемеловых плиозаврах почти ничего не знали и именовали этот период «раннемеловым пробелом» в истории плиозавров. Однако находки последних лет изменили картину. Специалисты помнят описанного в 2015 г. плиозавра *Makbaira rossica* (что значит «русская бритва»), которого обнаружили в тех же местах и отложениях того же возраста, а также открытого годом позже плиозавра *Stenorhynchosaurus munozi* из баррем — аптских отложений Колумбии. В родовом древе плиозавров лусхан занял промежуточное положение между этими двумя формами, заполнив нижнемеловой пробел в граде (группе) плиозавров, постепенно ведущей к наиболее эволюционно продвинутым формам — таким, как известный многим кронозавр (*Kronosaurus*).

Анатомия лусхана заинтериговала нас. Ранее палеонтологи полагали, что все представители плиозавров (как юрских, так и меловых) были свирепыми хищниками высших трофических уровней. Изучение остатков лусхана показало, что его череп по строению очень напоминает представителей другой, не родственной им группы короткошеих плезиозавров — семейства поликоти-

лид (*Polycotyliidae*), которые относятся к быстрым и небольшим пловцам-рыбоядам. Подобное конвергентное сходство подчеркивает экоморфологическое разнообразие плиозавриды и показывает более сложный, чем предполагалось ранее, характер их эволюционной истории, а также опровергает сложившийся стереотип о принадлежности исключительно всех плиозавров к гигантским хищникам мезозойских морских экосистем. Кроме того, новый плиозавр характеризуется сочетанием консервативных и продвинутых признаков, что позволяет рассматривать его в качестве базального представителя подсемейства браухенин (*Brachaucheninae*).

Одна из любопытных особенностей лусхана — располагающаяся в почти горизонтальном положении первая пара зубов верхней челюсти. Если набраться смелости, то можно провести достаточно спорную аналогию с некоторыми клюворылыми китами (например, с *Ziphius cavirostris*), самцы которых также имеют на кончике морды торчащие вперед зубы, используемые во время брачных турниров. Могло ли развиться столь сложное поведение у плиозавров — вопрос достаточно трудный и неоднозначный.

Скелет лусхана — один из самых полных по сохранности среди найденных во всем мире меловых плиозавров. Его остатки уже экспонируются в Ульяновском областном музее краеведения.

© М.С.Архангельский,

кандидат геолого-минералогических наук
Саратовский государственный технический
университет имени А.Ю.Гагарина

Н.Г.Зверьков

Московский государственный университет
имени М.В.Ломоносова

Замечательная книга о Космосе

академик А.М.Черепашук

Государственный астрономический институт имени П.К.Штернберга
Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова

Космические исследования, начало которых было положено в 1957 г. запуском в СССР первого искусственного спутника Земли, необычайно обогатили наши представления о ближнем и дальнем Космосе. К настоящему времени, когда исследовательские аппараты летают за пределы Солнечной системы, а на орбитах Земли работают обитаемая станция и телескопы, назрела необходимость систематизировать и обобщить накопленные астрономические данные, довести их до широкого читателя. Хотя подобные попытки периодически предпринимаются (с переменным успехом), принципиально важно, чтобы был обеспечен настоящий научный подход при подаче информации. И для решения этой задачи издательство «Физматлит» вряд ли могло найти лучшего автора, чем академик Михаил Яковлевич Маров, чья книга «Космос. От Солнечной системы вглубь Вселенной» вышла в свет в 2016 г.

Маров — выдающийся ученый, крупный специалист в области астрофизики и космических исследований, участник многих космических экспериментов по изучению Солнечной системы. Большой опыт инструментальных исследований и талант астрофизика-теоретика позволили ему в доступной и достаточно строгой научно-популярной форме изложить большинство важнейших достижений современной астрономии, что придает книге энциклопедический характер. Собственно, и писательский опыт у Марова немалый — достаточно вспомнить его прекрасную книгу «Планеты Солнечной системы», вышедшую в издательстве «Наука» в 1981 г. и переизданную в 1987 г., которая получила широкую известность и всеобщее признание. И все последующие годы автор продолжал (и продолжает) активную деятельность, работая над актуальными проблемами астрофизики (космогония), лунно-планетных исследований (отечественная космическая программа), механики (проблемы турбулентности неоднородных сред и их приложения). По результатам этих исследований он написал ряд монографий для престижных отечественных и зарубежных издательств. В частности, советская космическая программа детально рассмотрена в монографии «Советские роботы в Солнечной системе. Технологии и открытия», написанной совместно с американским ученым У.Хантресом и опубликованной в издательствах «Наука» и «Springer».

В рецензируемой книге Маров излагает как новейшие достижения в области исследований Солнечной системы, так и последние представления о звездах, галактиках и Вселенной в целом. Одиннадцать глав книги охватывают широкий круг проблем современной астрономии. Автор старается по возможности рассказать о сложном простым языком, не прибегая к математическому аппарату, а в ряде случаев объясняет специальные понятия в примечаниях внизу страницы, что позволяет не терять темп повествования. Состояние предмета представлено на самом современном уровне, при этом не остаются без внимания и существующие противоречия в осознании проблем, находящихся на переднем крае науки.

© А.М.Черепашук А.М., 2017



**М.Я.Маров. КОСМОС.
ОТ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ
ВГЛУБЬ ВСЕЛЕННОЙ.**

М.: Физматлит, 2016. 532 с.



Иллюстрация из книги, на которой видны борозды на поверхности Марса, очевидно, оставленные текущей водой, — древние сухие русла рек.

Книгу условно можно разделить на три части. В первой представлена информация о Солнечной системе, полученная в основном космическими методами. Во второй части описаны звезды, экзопланеты, изложены сведения из планетной космогонии и астробиологии. В третьей приведены

данные о структуре Вселенной и описаны проблемы современной космологии.

Автор начинает свой рассказ с экскурса в общую астрономию и с описания Солнечной системы в целом, с особым акцентом на обсуждение ее динамики, в частности различных типов резонан-

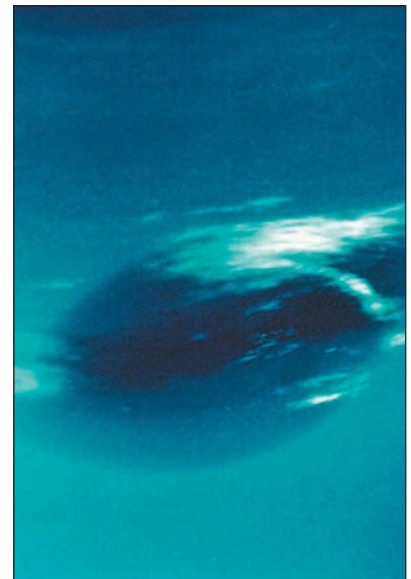
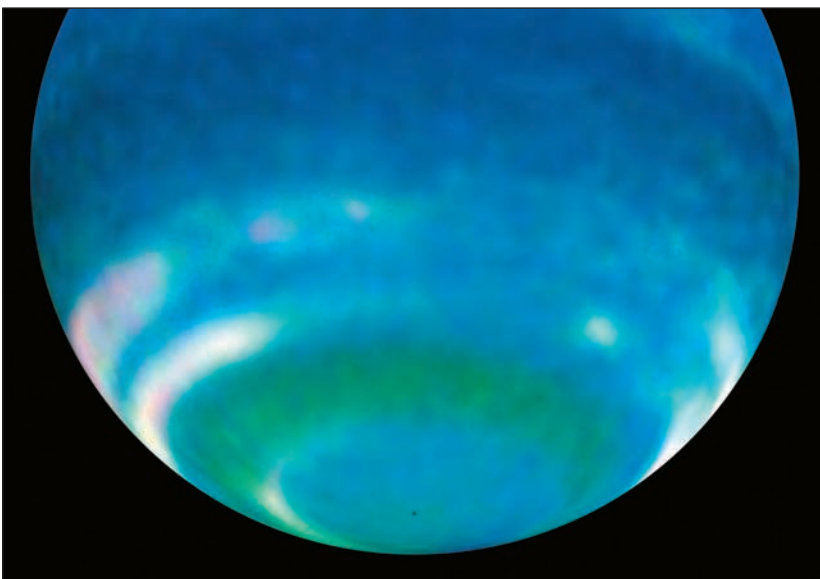


Иллюстрация из книги, показывающая Нептун с системой полос, которые обусловлены зональной циркуляцией на уровне облаков и Большое темное пятно на планете (справа).

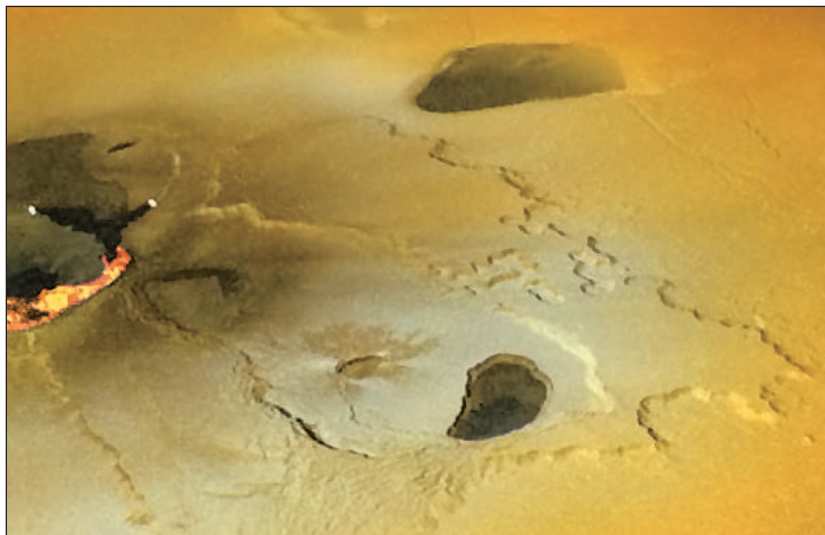
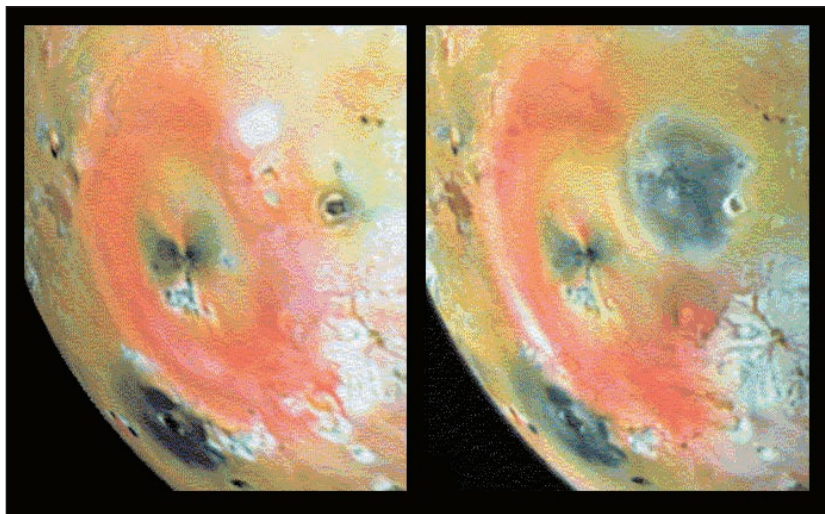


Иллюстрация из книги, демонстрирующая широко распространенный вулканизм на спутнике Юпитера Ио (вверху слева — изображение, полученное «Вояджером» в 1981 г., справа — «Галилеем» в 1996 г.; за истекшее время поверхность Ио подверглась небольшим изменениям). На нижнем снимке («Галилей») непосредственно видно извержение лавы.

сов и миграции малых тел, игравших важную роль в процессе эволюции Солнечной системы.

Затем, в главах 2–5, описываются характеристики конкретных тел Солнечной системы: планет земной группы, планет-гигантов, малых тел, а также самого нашего светила. Подробно обсуждаются физические и геологические свойства поверхностей планет земной группы, их атмосфер, анализируется их внутреннее строение. Методами сравнительной планетологии сопоставляются истории их формирования, в ходе которых на соседних планетах сложились условия, принципиально отличные от земных.

Рассказывая о планетах-гигантах, автор большое внимание уделяет особенностям их внутреннего строения, атмосферной циркуляции и уни-

кальным физическим условиям на поверхностях их многочисленных спутников. В том числе рассматривается, возможно ли существование в предполагаемых океанах под ледяной поверхностью ряда спутников Юпитера и Сатурна различных форм жизни.

Приведенные параметры обширного семейства малых тел Солнечной системы тем интереснее, что многие из последних (например, кометы) сохранили в своем составе первичное вещество, из которого образовалась Солнечная система. Описаны характеристики пояса Койпера и облака Оорта, а также свойства метеоритов, которые изучаются в земных лабораториях. Химический минералогический и изотопный состав вещества различных метеоритов важен для реконструкции эволюционных процессов в Солнечной системе. И, что непременно взволнует читателя, приводится оценка космических угроз для Земли.

Нашему светилу, которое управляет движением планет, комет и астероидов, посвящена глава 5. Рассмотрены параметры Солнца как звезды — внутреннее строение, состав, особенности фотосферы, хромосферы и короны, солнечная активность, 22-летний цикл. Охарактеризованы свойства гелиосферы и гелиопаузы, а также особенности взаимодействия солнечной плазмы с магнитосферой Земли и с другими планетами.

И тут возникает естественный переход — автор обращается к проблемам физики звезд, их рождения и эволюции, а также поздних и заключительных стадий звездной жизни — стадий существования гигантов, сверхгигантов, белых карликов, нейтронных звезд и черных дыр. А рассказ о звездах, разумеется, не может обойтись без новейших данных об экзопланетах — как мы теперь знаем, их имеют многие звезды. Особое внимание уделено открытию экзопланет, по массе и размерам подобных Земле и расположенных в пределах так называемой зоны обитания, где температурный режим способствует существованию жидкой воды. Поиск на таких экзопланетах признаков жизни (например, линий кислорода, озона, воды и метана в спектрах их атмосфер) не может нико-

го оставить равнодушным. Благодаря открытию многих систем экзопланет, а также протопланетных дисков вокруг ряда звезд в последние годы наблюдается большой прогресс в космогонии планет, которой посвящена глава 8.

Вероятно, самой интригующей для читателя окажется глава 9, где обсуждаются проблемы астробиологии, проблемы зарождения и развития жизни на различных планетах. Эта глава демонстрирует широкий научный кругозор автора. Автор затрагивает также вопрос связи с внеземными цивилизациями, который имеет глубокое философское значение.

В главах 10 и 11 мы попадаем на просторы Вселенной. Описав ее структурные элементы — галактики, скопления галактик, сверхскопления, темную материю и их взаимодействия, автор сосредоточивается на современных проблемах космологии — разбегании галактик, Большом взрыве, реликтовом излучении, темной энергии, ускоренном расширении Вселенной. Подчеркивается, что известная нам барионная форма материи — атомы и молекулы — составляет по плотности всего лишь несколько процентов от полной материи во Вселенной, а основной ее частью оказывается так называемый невидимый сектор — темная материя и темная энергия. Автор делает акцент на взаимопроникновении макро- и микрофизики, основой которых служат, в частности, физика элементарных частиц, квантовая механика и теория гравитации. В связи с этим отмечается важность недавних открытий — гравитационных волн от слияния черных дыр во Вселенной и бозона Хиггса в ускорительном эксперименте. Кратко описываются свойства Мультивселенной и характеристики кротовых нор как информационных мостов между различными вселенными Мультимира.

В целом книга Марова дает богатое представление о достижениях современной астрономии, астрофизики и науки о космических исследованиях. Она легко читается и содержит ценные сведения о многочисленных объектах Вселенной. Широта охвата излагаемых проблем, как уже отмечалось, придает книге энциклопедический характер.

К сожалению, как это часто бывает в диалектике, достоинство книги — ее многосторонний ха-

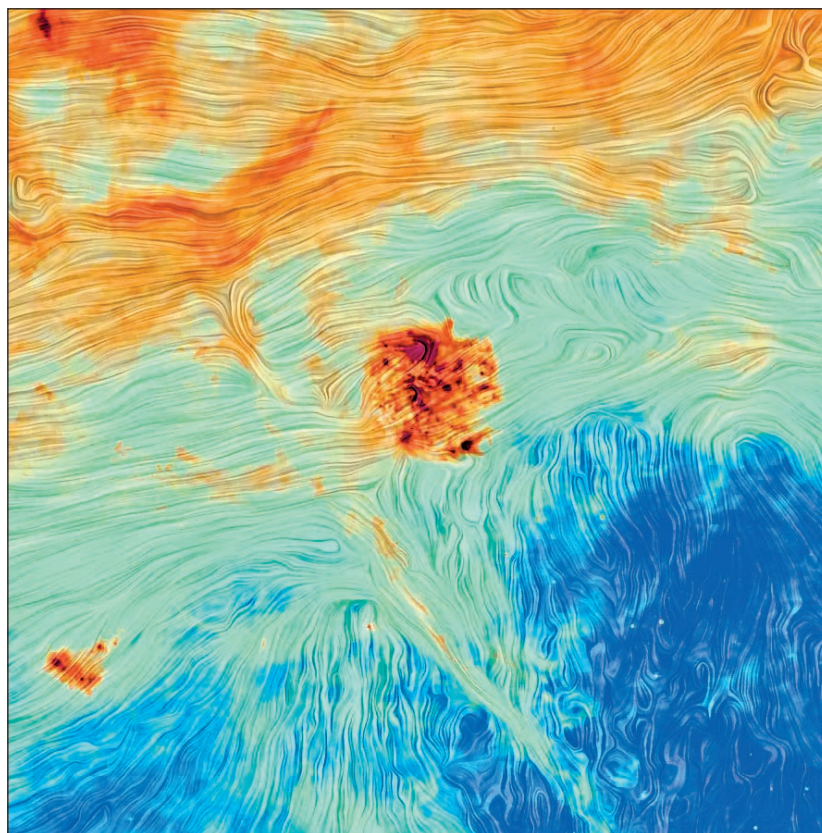


Иллюстрация из книги, напоминающая полотна импрессионистов. На самом деле это удивительное изображение Магеллановых облаков, ближайшей к Земле карликовой галактики. Ее образуют Большое и Малое Магеллановы облака, которые находятся от нас на расстоянии, соответственно, 160 000 и 200 000 св. лет. Большое видно как коричневое пятно в центре изображения, Малое — внизу слева. Их фоном служат частицы пыли, ориентированные в направлении межзвездных магнитных полей различной ориентации, что создает наблюдаемую волокнистую структуру (изображение получено спутником «Планк»).

ракт — порождает и недостатки. Если первая и вторая части книги, посвященные проблемам физики Солнечной системы и астробиологии и отвечающие узкой специализации автора, написаны на высоком научно-популярном уровне, то третья часть про Вселенную в целом и космологию не лишена отдельных досадных неточностей, опечаток и дефектов изложения. Но автор о них проинформирован, и можно надеяться, что они будут устранены во втором издании книги.

Отмеченные недостатки несколько не умаляют общую высокую оценку качества материала, изложенного в издании, которое будет полезно профессорам, преподавателям, аспирантам, студентам, школьникам, любителям астрономии и др. Можно поздравить Марова и всех нас с выходом в свет столь прекрасной и интересной книги. Она должна занять почетное место на полке всех читателей, интересующихся устройством окружающего нас мира. ■

История науки. Агронимия

О.Ю.Елина. У ИСТОКОВ РОССИЙСКОЙ СЕЛЕКЦИИ И СЕМЕНОВОДСТВА. ПЕТР ИВАНОВИЧ ЛИСИЦЫН НА ШАТИЛОВСКОЙ ОПЫТНОЙ СТАНЦИИ И ГОССЕМКУЛЬТУРЕ. М.: Наука, 2016. 360 с.

Петр Иванович Лисицын (1877–1948) — действительный член ВАСХНИЛ, выдающийся селекционер и организатор семеноводства в нашей стране. Конец XIX — начало XX в. — период не просто становления аграрной интеллигенции в России, когда десятки выпускников университетов получали дополнительно агрономическое образование и стремились в провинцию, чтобы улучшить сельское хозяйство. На то время пришелся удивительный этап в истории агрономической науки: начавшийся успешный диалог ученых и власти привел к объединению под эгидой ведомства земледелия прежде разрозненных частных, общественных и правительственных инициатив в единую государственную программу форсированного создания опытных учреждений, призванных провести научную модернизацию сельского хозяйства. В фокусе внимания оказалось приоритетное развитие селекции — передовой в то время агрономической дисциплины. Политику «патронажа селекции» продолжило правительство большевиков, что немало способствовало успешному развитию сельскохозяйственной науки и практики в ранний советский период 1920-х годов.

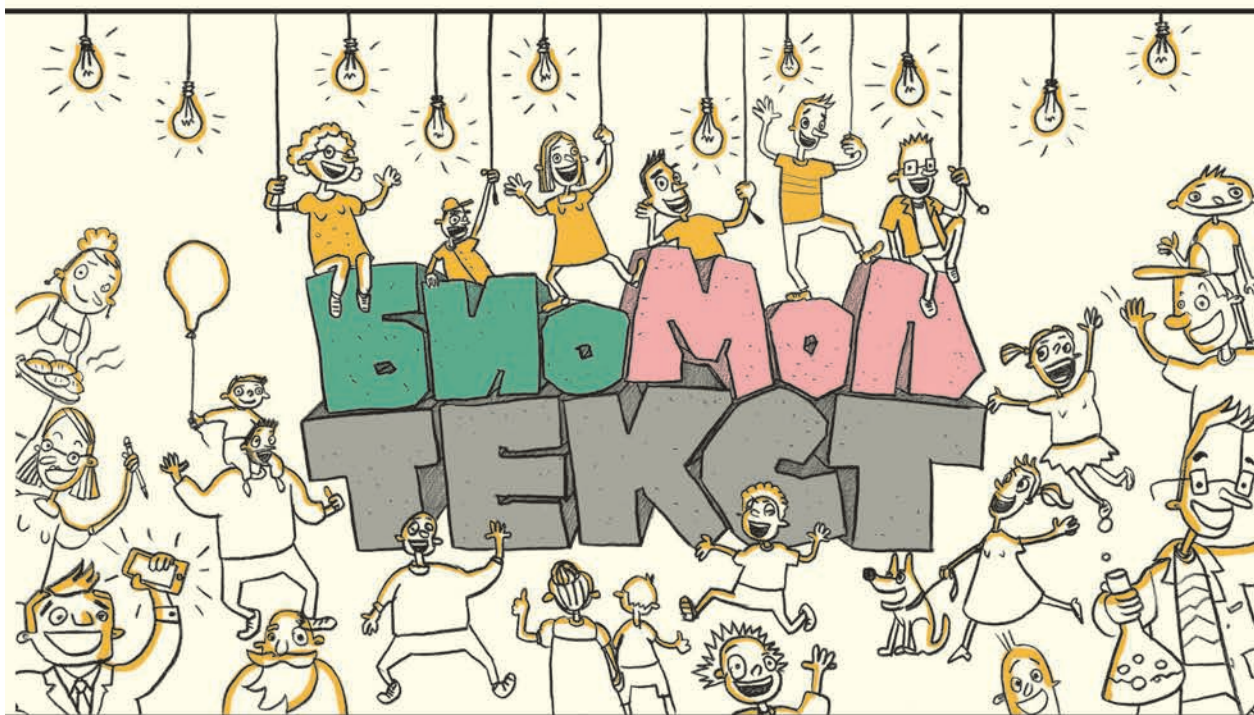
В книге дана биографическая реконструкция 20 лет жизни Лисицына, отданных Шатиловской сельскохозяйственной опытной станции (располагавшейся в Тульской губернии, впоследствии — Орловской обл.). Там он начал работать младшим помощником заведующего, а покинул станцию в должности директора, будучи известным селекционером. Менялись правительства и режимы, но удавалось осуществлять масштабные проекты в области селекции и семеноводства. Вместе с коллегами он смог превратить Шатиловскую станцию в крупнейшее опытное учреждение СССР, знаменитое селекционными достижениями (в 1920-х годах ученый вывел сорт ржи Лисицына и сорт овса Шатиловский-56, на которые получены первые в Советской России авторские свидетельства №1 и №2). В 1920-х же годах был создан и грандиозный проект в области семеноводства: Лисицын разработал основы и осуществил практическую реализацию государственной системы размножения чистосортных семян. Станции Госсемкультуры, создание которых началось с Шатиловской в 1922 г., позволили в короткий срок осуществить сортомену и обеспечили стабильный прирост урожайности зерновых в первые же годы своего существования.

Издание основано на изучении документов семьи Лисицыных (писем, дневников, тетрадей, рукописей научных работ, семейной переписки, рукописных журналов и др.), в том числе хранящихся в мемориальном кабинете-библиотеке П.И.Лисицына и в фондах Государственного архива Калужской обл. Широко использованы материалы из государственных российских архивов. А началом работы над книгой стала беседа с А.П.Лисицыным — ведущим российским океанологом, академиком РАН, сыном Петра Ивановича. Он провел детство на Шатиловской станции, и именно благодаря его рассказам ожили эпизоды из жизни Шатиловки, известные автору книги до того лишь в общих чертах. Из бесед стало ясно, что жизненные устои и научные устремления селекционера были заложены еще семьей и прежде всего его отцом.



● Биомолекула

Научно-популярный сайт
о современной биологии



Конкурс научно-популярных статей

Номинации

- Свободная тема по биологии
- Своя работа
- Биомедицина сегодня и завтра*
- Наглядно о ненаглядном: нарисуй науку!
«Места»: где работать в биологии?

* Работы в этой номинации оценивает известный биохимик Борис Животовский

Призы

- Приз в каждой номинации — 30 тыс. руб.
- Приз зрительских симпатий — большой чекап «Инвитро»

Партнеры конкурса

INVITRO

Бластим
Работа в биотехе

VISUAL SCIENCE
Visualization, Communication & Education

АНО
АЛЬПИНА НОН-ФИКСН



Прием работ до 1 октября 2017 года!

biomolecula.ru/biomoltext/bio-mol-tekst-2017



«Старички» из повести Чехова «Степь»

В конце номера

В.Ю.Архипов^{1,2}

¹Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН
(г.Пушино, Московская обл., Россия);

²Государственный природный заповедник «Рдейский»
(г.Холм, Новгородская обл., Россия)

Над дорогой с веселым криком носились старички, в траве перекликались суслики, где-то далеко влево плакали чибисы. <...> Старички улетели, куропатки не видно [1]. Суслики, чибисы, куропатки — понятно, но кто же такие «старички»? — гадал я, в очередной раз перечитывая «Степь» А.П.Чехова. Яркая живая картина природы Причерноморской степи, так точно переданная автором, вдруг затуманилась. Даже орнитологу сейчас неясно, каких птиц называет Чехов «старичками».

В русской литературе эта повесть содержит поэтическое и, пожалуй, самое точное описание степи. Все в раскрывающейся в повести картине природы понятно натуралисту, все близко. Почти все названия птиц, населяющих «Степь», известны и используются орнитологами в настоящее время. Бекас, коршун, грачи, чибисы, стрепет, перепел, соловей — современные нам общепринятые видовые названия птиц, в «дрохве» мы легко распознаем дрофу, а в ночной птице «сплюк» — сплюшку, тем более что Чехов точно описывает ее голос: «сплю! сплю! сплю!». И единственная орнитологическая загадка в повести — это «старички». В специальной работе, посвященной флоре и фауне повести, говорится, что «старички» это донское название ласточки-береговушки [2]. Но береговушки с точки зрения орнитолога плохо подходят под описание Чехова, птицы в «Степи» летают «с веселым криком», а береговушки бы летали с веселым щебетом или чириканьем. И вообще, береговушки хорошо заметны у своих колоний в обрывах речных берегов, а в чистой степи их не так то легко и заметить. Чехов в описании птиц нигде не ошибается, не пишет приблизительно, а, наоборот, дает очень точные описания. Вот, например, «стадо куропаток, испуганное бричкой, вспорхнуло и со своим мягким “тррр” полетело к холмам» или «где-то не близко плакал один чибис», а вот здесь тоже есть крик «...зеленела густая, пышная осока, из которой, когда подъезжала бричка, с криком вылетело три бекаса». И этот крик подходит к описанию голоса бекаса — ку-

лика, но точно не к описанию щебета маленьких ласточек. Я попробовал найти название «старички» в современной Чехову орнитологической литературе и проверил ряд старых орнитологических сводок по птицам юга России и Причерноморья [3–6], но безрезультатно, нигде похожего названия не встретил. То, что речь в повести идет о приазовской степи и даже, точнее, окрестностях Таганрога, писал двоюродному брату (Г.М.Чехову) сам Антон Павлович 9 февраля 1888 г. [7].



Тиркушка степная. Хотя она и относится к куликам, внешне на них мало похожа.



Тиркушки степные в полете. Астраханская область.

Фото И.И.Уколова

Наконец мне попала недавно опубликованная рукопись М.М.Алфераки о птицах Нижнего Дона [8], и я уже уверенный в том, что речь у Чехова идет о каких-то куликах, автоматически проверил список видов и увидел: «Тиркушка степная (*Glareola nordmanni*). Кирбитка, кибитка, *стапушок*, красноустик». Ну конечно — тиркушка. Именно тиркушки летали с веселыми криками над бричковой в приазовской степи. Конечно же, их бесполойные вскрики «тирик-тирик» лучше всего подходят под описание «веселые крики». Их крики я записал в Прикаспии в 2004 г. и выложил для примера в онлайн-базу голосов*. А еще два народных названия тиркушки — степная [3] и морская [9] ласточка — из-за внешнего сходства птиц перекликаются с ласточкой-береговушкой. И конечно, такие красивые и быстрые птицы, как тиркушки, легко могли привлечь внимание мальчика.

Тиркушковые (*Glareolidae*) — это небольшое семейство куликов, которые резко отличаются от других куликов по внешнему виду и больше всего похожи на крачек или крупных ласточек [10]. Степная тиркушка раньше была обычна в степях Евразии от Дуная до Оби, но в настоящее время во многих местах исчезла [11]. В том числе степных

тиркушек почти не осталось в Приазовье [12], и вероятно, что с исчезновением вида забылось его старое местное название «старичок». А современному читателю при отсутствии опыта встреч с этим видом стало трудно предположить, о каких же птицах идет речь в повести. Во времена Чехова степные тиркушки были еще обычны и даже многочисленны в Приазовских и Причерноморских степях. Например, в Таганрогском округе в августе 1913 г. «наблюдались тысячные стаи пролетных птиц, которые несколько дней вились над степью, как рои комаров» [8].

Удивительна судьба рукописи М.М.Алфераки, казака, эмигрировавшего из России в начале 1920 г. в Грецию [13]. Из Греции после смерти Алфераки его документы попадают в Сан-Франциско, в Музей русской культуры, и только в 2012 г. публикуются в орнитологическом журнале «Стрепет» [8, 14]. И вот вместе с бесценной информацией по распространению птиц в начале XX в. на Нижнем Дону и в Приазовье эти неизвестные почти 100 лет науке записи неожиданно принесли ответ к маленькой орнитологической загадке в великой повести. Так что теперь уже нет никаких сомнений, что именно тиркушки «с веселым криком» «носились над дорогой», по которой ехал мальчик из повести Чехова «Степь». ■

* www.xeno-canto.org/304519

Литература

1. *Чехов А.П.* Степь. История одной поездки // Полное собрание сочинений и писем: В 30 т. Т.7. М., 1977. С.16, 17.
2. *Ларионова М.Ч., Маркитан Л.В.* Флора и фауна степи и «Степи» // А.П.Чехов: пространство природы и культуры: Сб. материалов Международной научной конференции. Таганрог, 2013. С.396–401.
3. *Кесслер К.* Естественная история губерний Киевского учебного округа. Птицы голенастые и водяные. Киев, 1853.
4. *Кесслер К.Ф.* Путешествие с зоологической целью к северному берегу Черного моря и в Крым в 1858 году. Киев, 1860.
5. *Богданов М.* Птицы и звери черноземной полосы Поволжья и долины Средней и Нижней Волги. Казань, 1871.
6. *Мензбир М.А.* Охотничьи и промысловые птицы Европейской России и Кавказа: Атлас. М., 1902.
7. *Чехов А.П.* Полное собрание сочинений и писем: В 30 т. Письма: В 12 т. Т.2. М., 1975. С.196.
8. *Белик В.П., Шергалин Е.Э., Франкьен И.Ж.* М.М.Алфераки. Птицы Нижнего Дона: Non-Passeriformes // Стрепет. 2012. Т.10. Вып.1. С.5–53.
9. *Аксаков С.Т.* Записки ружейного охотника Оренбургской губернии. М., 1987.
10. *Коблик Е.А., Редькин Я.А., Калякин М.В. и др.* Полный определитель птиц европейской части России. М., 2013.
11. *Белик В.П.* Степная тиркушка (*Glareola nordmanni*) // Красная книга РФ. Животные. М., 2001. С.520–522.
12. Красная книга Ростовской области. Ростов-на-Дону, 2014. Т.1: Животные.
13. *Франкьен И., Шергалин Е.Э.* Новое имя в орнитологии Приазовья — Михаил Михайлович Алфераки (1889–1958) // Стрепет. 2010. Т.8. Вып.2. С.114–124.
14. *Белик В.П., Шергалин Е.Э., Франкьен И.Ж.* М.М.Алфераки. Птицы Нижнего Дона: Passeriformes // Стрепет. 2013. Т.11. Вып.2. С.5–22.

ПРИРОДА

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

Литературный редактор
Е.Е.ЖУКОВА

Научные редакторы
М.Б.БУРЗИН

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Т.С.КЛЮВИТКИНА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

К.Л.СОРОКИНА

Н.В.УЛЬЯНОВА

Перевод содержания
А.О.ЯКИМЕНКО

М.Е.ХАЛИЗЕВА

О.И.ШУТОВА

Графика, верстка:
С.В.УСКОВ

А.О.ЯКИМЕНКО

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 26.06.2017

Формат 60×88 1/8
Бумага офсетная. Цифровая печать
Усл. печ. л. 11,16. Уч. изд. л. 12,2
Тираж 310 экз. Заказ 1229
Цена свободная

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

© Российская академия наук, журнал «Природа», 2017

© ФГУП «Издательство «Наука», 2017

© Составление. Редколлегия журнала «Природа», 2017

в следующем номере



Сибирская лягушка (*Rana amurensis*) — самая северная бесхвостая амфибия в Азии. Какие адаптации позволяют ей жить в наиболее холодных регионах Сибири и Дальнего Востока? Предполагалось, что сибирская лягушка — одна из наиболее холодоустойчивых амфибий. Однако это мнение оказалось ошибочным: лишь часть особей переносит продолжительное охлаждение до -2.5°C . На большей части ареала сибирская лягушка с выявленной холодоустойчивостью может зимовать только в воде (в литературе обсуждаются и наземные убежища). Между тем, для многих водоемов Сибири и Дальнего Востока зимой характерно катастрофическое падение концентрации кислорода, что приводит к массовой гибели водных животных. Этот фактор считают одним из ограничивающих распространение сибирской лягушки, однако в водоемах Магаданской и Амурской областей, где она зимует, содержание кислорода к весне не превышает $0.2-2.1$ мг/л, что ниже пороговых значений для самых толерантных к гипоксии видов лягушек. Проведенное исследование свидетельствует о возможном существовании адаптации сибирской лягушки к гипоксии, которая могла играть решающую роль при освоении территории Сибири.

Берман Д.И., Булахова Н.А., Балан И.В. САМАЯ СИБИРСКАЯ ЛЯГУШКА