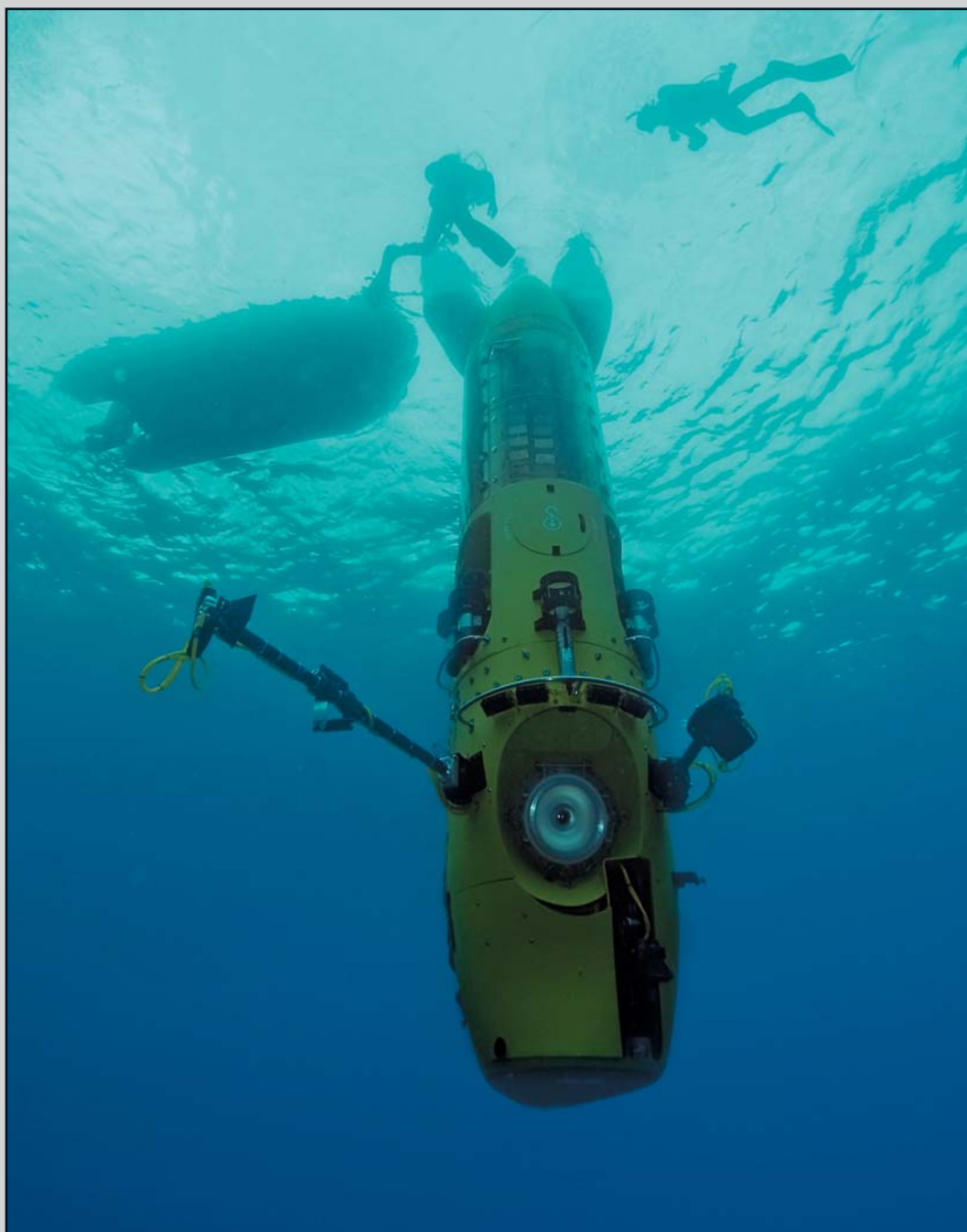


ПРИРОДА

11 12



В НОМЕРЕ:**3 Куденко Ю.Г.****Нейтринная физика:
год угла смешивания θ_{13}**

Последние полтора года усилия двух ускорительных и трех реакторных осцилляционных экспериментов были сконцентрированы на измерении угла смешивания θ_{13} . Почему этот параметр столь важен, какие результаты уже получены, а что еще предстоит выяснить?

14 Савельева Г.Н., Белокрыс А.М.**Хромиты — руда,
рожденная в мантии Земли**

Хромовые руды — единственное промышленное хромсодержащее сырье, а кроме того, они несут информацию о процессах, происходящих в мантии, в огромном диапазоне геологического времени и в широком интервале глубин.

24 Никонов А.А.**Ялтинское землетрясение XV века**

О землетрясении давностью в несколько столетий можно судить по нескольким независимым источникам: по письменным упоминаниям, фольклорным сведениям и материалам археологов и геологов.

35 Чичагов В.П.**Синайская пустыня и древний
Пелусий**

Более 5 тыс. лет Синайский полуостров — северо-восточная окраина Египта — находится под воздействием длительно, интенсивно и разнообразно проявляющихся антропогенных процессов. Их сочетание с геолого-геоморфологическими и климатическими факторами и определяет современный облик Северо-Синайской пустыни.

43 Сагалевич А.М.**Глубоководные погружения
в Марианскую впадину**

В 1960 г. Жак Пикар и Дон Волш на батискафе «Триест» совершили погружение в Марианскую впадину, достигнув отметки 10 916 м. И лишь спустя полвека известный режиссер Джеймс Камерон на новом одноместном аппарате «Дипси Челленджер» покорил глубину в 11 034 м.

51 Талалай П.Г.**Альфред Вегенер и его экспедиции
в Гренландию.**

К 100-летию теории дрейфа материков

Научные сообщения**57 Келлер Н.Б.****Пути проникновения склерактиний
в глубины океана****65 «НАУКА ИНТЕРНАЦИОНАЛЬНА,
ЭТО ЕЕ ОСНОВА»**

К 125-летию со дня рождения Н.И.Вавилова

**Вавилов Ю.Н., Раменская М.Е.,
Стуков В.И.****Последние годы Н.И.Вавилова (66)****Авруцкая Т.Б.****Письма Н.И.Вавилова —
Н.П.Макарову (74)****Рецензии****84 Глушков В.В.****Аэрофоторазведка как предтеча
аэрофототопографии**

(на кн.: Л.М.Матиясевич. Аэрофоторазведка. прошлое — настоящее — будущее)

87**Новые книги****В конце номера****89 Потапов Р.Л.****Попугай, который жил с пингвинами**

CONTENTS:

- 3 Kudenko Yu.G.**
**Neutrino Physics:
 The Year of The Mixing Angle θ_{13}**
The efforts of two accelerator and three reactor neutrino oscillation experiments were focused on measurements of the mixing angle θ_{13} over the last year and a half. Why this parameter is so important, what results are already obtained and what still needs to be clarified?

- 14 Savel'eva G.N., Belokryz A.M.**
**Chromites – An Ore Originated
 in the Earth Mantle**
Chromites are the only industrial chromium raw materials, and in addition they carry information about processes that occur in the mantle, in a huge range of geological time and in a wide range of depths.

- 24 Nikonov A.A.**
Yalta Earthquake of 15th Century
We can evaluate an earthquake that happened centuries ago from several independent sources: the written references, folk knowledge and archeological and geological data.

- 35 Chichagov V.P.**
Sinai Desert and Ancient Pelusiy
More than 5 thousand years the Sinai Peninsula – a northern-eastern outskirts of Egypt – has been affected by protracted, intensive and diverse anthropogenic influences. Their combination with geological, geomorphic and climatic factors plays a decisive role in defining contemporary shape of the Northern Sinai desert.

- 43 Sagalevich A.M.**
Deep-Sea Dives into Mariana Trench
In 1960 Jacques Piccard and Don Walsh performed a dive in bathyscaphe «Triest» into Mariana Trench, having achieved the depth 10 916 m. And only after half a century a famous film director James Cameron in a new one-person apparatus «Deepsea Challenger» conquered a depth 11 034 m.

- 51 Talalay P.G.**
**Alfred Wegener and His Greenland
 Expeditions.**
 To Centenary of Continents Drift Theory

Scientific Communications

- 57 Keller N.B.**
**The Paths of Invasion of Scleractinia
 into Ocean Depths**

- 65 «SCIENCE IS INTERNATIONAL, THIS IS ITS
 FOUNDATION»**
 To 125th Anniversary of N.I.Vavilov
**Vavilov Yu.N., Ramenskaya M.E.,
 Stukov V.I.**
The Last Years of N.I.Vavilov (66)

- Avrutskaya T.B.**
**Letters of N.I.Vavilov
 to N.P.Makarov (74)**

Book Reviews

- 84 Glushkov V.V.**
**Aerial Photography as Forerunner
 of Cartography** (on book:
 L.M.Matiyasevich. Aerophotoprospecting:
 past, present and future)

- 87** **New Books**

In the End of The Issue

- 89 Potapov R.L.**
**A Parrot Who Lived amongst
 Penguins**

Нейтринная физика: год угла смешивания θ_{13}

Ю.Г.Куденко

Одно из самых ярких открытий последних лет — доказательство наличия у нейтрино ненулевой массы покоя и смешивания различных типов нейтрино.

Смешивание, называемое осцилляциями нейтрино, невозможно в Стандартной модели физики элементарных частиц. В этой модели постулируется, что существует три поколения (аромата) активных (взаимодействующих, хоть и очень слабо, с другими частицами) нейтрино: электронное (ν_e), мюонное (ν_μ) и тау-нейтрино (ν_τ), которые не имеют массы, перемещаются со скоростью света и не могут менять свой аромат в процессе распространения (т.е. не смешиваются между собой). Каждому поколению нейтрино соответствует свое анти-нейтрино. Наличие осцилляций, заключающееся в переходе активного нейтрино одного типа в частицу другого типа, означает, что массы нейтрино не равны нулю, хотя и очень малы, а все активные нейтрино суть разные линейные комбинации массовых состояний ν_1 , ν_2 , ν_3 , имеющих массы m_1 , m_2 , m_3 соответственно.

Идея о возможности перехода нейтрино из одного аромата в другой, выдвинутая Б.М. Понтекорво в 1957 г. [1, 2], была подтверждена в экспериментах с солнечными и атмосферными



Юрий Григорьевич Куденко, профессор, доктор физико-математических наук, заведующий отделом физики высоких энергий Института ядерных исследований Российской академии наук. Область научных интересов — физика элементарных частиц, нейтринная физика.

нейтрино*. Открытие осцилляций стало прямым экспериментальным доказательством существования «новой физики» за пределами Стандартной модели и одновременно положило начало изучению этой физики.

Как уловить аромат

Изменение аромата нейтрино может быть зафиксировано двумя способами. Первый из них заключается в детектировании нейтрино аромата β в пучке, изначально состоящем из частиц аромата α , и называется «экспериментом на появление». Другой метод основывается на измерении известного начального потока ν_α и наблюдении уменьшения этого потока по сравнению с величиной, которая была бы в отсутствие осцилляций. Он называется «экспериментом на исчезновение». Следует также отметить, что в последнем варианте должно происходить искажение начального энергетического спектра нейтрино, характерное для осцилляций. Если для простоты рассмотреть случай двух нейтрино, электронного и мюонного, ко-

* Подробнее об этом см.: Котылов А.В. Проблема солнечных нейтрино: от прошлого к будущему // Природа. 1998. №5. С.31—40, №6. С.27—36; Котылов А.В. Солнечные нейтрино продолжают удивлять // Природа. 2002. №10. С.3—5; Комар А.А. Проблема дефицита солнечных нейтрино экспериментально решена // Там же. С.5—7; Скорыхватов М.Д. Солнечные нейтрино и международный проект «Борексино» // Природа. 2009. №5. С.13—24.

торым соответствуют два массовых состояния m_1 и m_2 , то можно составить только одну разность квадратов масс: $\Delta m^2 = \Delta m_{21}^2 = m_2^2 - m_1^2$ (эта разность оказывается очень важной характеристикой). Тогда вероятность появления электронных нейтрино в пучке мюонных, пролетевших в вакууме расстояние L от источника, выглядит следующим образом:

$$P(\nu_\mu \rightarrow \nu_e) \approx \sin^2(2\theta)\sin^2(\Delta m^2 L/4E), \quad (1)$$

где E — энергия нейтрино, а θ — угол смешивания между массовыми состояниями 1 и 2. Угол смешивания — не менее важный параметр (чем он больше, тем сильнее смешивание) матрицы Понтекорво—Маки—Накагавы—Сакаты [3], которая была введена для формального описания процесса «перерождения» нейтрино. Точнее, настоящая матрица, размерностью 3×3 , возникает в реальной ситуации, когда рассматриваются взаимные переходы нейтрино всех трех типов. Термин «угол» здесь совсем не случаен — он связан с тем, что таким образом задаются три ортогональных вращения, которыми определяются переходы между активными и массовыми состояниями. Если представить себе трехмерное пространство, по осям которого (x, y, z) отложены собственные массовые состояния ν_1 (с массой m_1), ν_2 (m_2) и ν_3 (m_3), то векторы, отражающие активные собственные состояния (ν_e, ν_μ, ν_τ), будут повернуты на соответствующие углы смешивания. В случае двух нейтрино массовые состояния представляют два ортогональных вектора $\nu_1(m_1)$ и $\nu_2(m_2)$ на плоскости, а активные состояния ν_e, ν_μ — два других ортогональных вектора, повернутые в той же плоскости на угол θ относительно массовых. В свою очередь, вероятность, что мюонные нейтрино сохранят свой аромат, равна $1 - P(\nu_\mu \rightarrow \nu_e)$, т.е.

$$P(\nu_\mu \rightarrow \nu_\mu) \approx 1 - \sin^2(2\theta)\sin^2(\Delta m^2 L/4E). \quad (2)$$

Из этих выражений следует, что положение максимума (минимума) вероятности процесса однозначно связано с величиной Δm^2 , а высота максимума (глубина минимума) пропорциональна $\sin^2(2\theta)$.

Смешивание нейтрино трех активных типов ν_e, ν_μ и ν_τ , которым отвечают массовые состояния ν_1, ν_2, ν_3 , соответственно характеризуется уже большим числом параметров (здесь и появляется упомянутая полноценная матрица). Перечислим их: это разности масс $\Delta m_{12}^2 = m_2^2 - m_1^2$, $\Delta m_{23}^2 = m_3^2 - m_2^2$, угол θ_{12} , который описывает смешивание между первым и вторым массовыми состояниями, угол θ_{23} , который характеризует смешивание между массовыми состояниями 2 и 3, угол θ_{13} , который определяет смешивание между массовыми состояниями 1 и 3, а также CP-нечетная фаза δ , которая делает элементы матрицы комплексными величинами, что имеет место, если в лептонном секторе комбинированная зарядово-пространственная четность нарушается. Выражение (1) для вероятности переходов $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ в случае трех типов

нейтрино и распространения нейтрино в среде модифицируется так:

$$P(\nu_\mu \rightarrow \nu_e) \approx \sin^2(2\theta_{13})\sin^2\theta_{23}\sin^2(\Delta m_{13}^2 L/4E) + \text{CPV} + \text{matter} + \dots, \quad (3)$$

где CPV обозначает вклад CP-нечетного члена в вероятность перехода, а matter учитывает эффект прохождения нейтрино через вещество (например, Землю), которое состоит из нуклонов (кварков) и электронов. Электронные нейтрино могут испытывать упругое рассеяние через заряженные токи на электронах среды под малыми углами без изменения импульса, что меняет вероятность осцилляций по сравнению с таковой в вакууме. Вклад в вероятность осцилляций, связанный с эффектом вещества, пропорционален энергии нейтрино и имеет разный знак для нейтрино и антинейтрино. Например, при энергии мюонных нейтрино ~ 1 ГэВ и пути в толще Земли около 300 км изменение вероятности осцилляции $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ по сравнению с вероятностью такого перехода в вакууме составит около 10%. Из этого выражения следует, что доминирующим вкладом в вероятность будет член, пропорциональный $\sin^2(2\theta_{13})$, но величина угла θ_{13} , извлеченная из измерения вероятности (3), зависит от значения δ , а также от того, какая иерархия масс реализуется в природе: нормальная, когда массы имеют порядок $m_3 \gg m_2 > m_1$, или инверсная, когда масса m_3 много меньше масс m_2 и m_1 , т.е. $m_3 \ll m_1 < m_2$. Эффект вещества увеличивает вероятность переходов $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ (3) для нормальной иерархии, а для инверсной — уменьшает. Для осцилляций антинейтрино картина меняется: нормальная иерархия масс снижает вероятность (3), а инверсная — увеличивает. Приведем еще формулу для вероятности «исчезновения» электронных антинейтрино (именно они рождаются при работе ядерного реактора и используются в реакторных экспериментах):

$$P(\bar{\nu}_e \rightarrow \bar{\nu}_e) \approx 1 - \sin^2(2\theta_{13})\sin^2\left(\frac{\Delta m_{13}^2 L}{4E}\right). \quad (4)$$

В ней отсутствует вклад от CP-нечетной фазы δ и нет члена, связанного с прохождением реакторных антинейтрино через Землю (из-за малой энергии антинейтрино $E \sim 1-6$ МэВ и обычного для экспериментов расстояния $L \sim 1$ км).

В течение короткого времени (с июня 2011 г.) ландшафт нейтринной физики существенно изменился, поэтому, чтобы говорить о новых достижениях, необходимо упомянуть, каким было состояние дел год назад. В экспериментах с солнечными, атмосферными и реакторными нейтрино были установлены следующие осцилляционные параметры: $\Delta m_{12}^2 = 7.6 \cdot 10^{-5}$ эВ², $|\Delta m_{23}^2| = 2.4 \cdot 10^{-3}$ эВ², $\theta_{12} \approx 34^\circ$, $\theta_{23} \approx 45^\circ$. Оставался неизвестным знак разности квадратов масс Δm_{23}^2 , т.е. была неизвестна иерархия масс. Угол θ_{13} не был измерен, и существовало только ограничение на его величину

(<15°), полученное в эксперименте Chooz [4]. На измерении этого угла и были сфокусированы усилия почти всех современных осцилляционных экспериментов с длинной базой: двух ускорительных (T2K и MINOS) и трех реакторных (Double Chooz, Daya Bay и RENO).

Загадка θ_{13}

Почему же такие большие усилия и ресурсы оказались сконцентрированы на измерении последнего угла? Ответ заключается в той роли, которая отведена этому параметру в механизме смешивания нейтрино. В то время как кварки смешиваются между собой довольно слабо, смешивание в нейтринном секторе описывается двумя большими углами θ_{12} и θ_{23} и, как считалось до недавнего времени, одним малым или нулевым углом θ_{13} . Наиболее популярное объяснение такого смешивания было представлено в так называемой модели с двумя максимальными (или почти максимальными) углами и одним нулевым углом (tri-bimaximal-смешивание), в которой $\theta_{12} \approx 35^\circ$, $\theta_{23} = 45^\circ$, $\theta_{13} = 0$ и $\delta = 0$, т.е. CP-четность в лептонном секторе не нарушается. Как предполагалось, в основе такого смешивания может лежать какой-то фундаментальный базис или новая симметрия, характерная для массивных нейтрино. Малую (или нулевую) величину θ_{13} по сравнению с двумя другими углами предсказывало большинство теоретических моделей. А вот о величине δ отсутствуют какие-либо теоретические предсказания: фаза может принимать любое значение в интервале от 0 до 2π (для случаев $\delta = 0$ или $\delta = 2\pi$, повторим, CP в лептонном секторе сохраняется). В осцилляционных экспериментах CP-нарушение, если оно существует, должно проявиться в виде разницы между вероятностью осцилляции мюонных нейтрино в электронные нейтрино и вероятностью

осцилляции мюонных антинейтрино в электронные антинейтрино, т.е. асимметрия

$$A_{CP} = \frac{P(\nu_\mu \rightarrow \nu_e) - P(\bar{\nu}_\mu \rightarrow \bar{\nu}_e)}{P(\nu_\mu \rightarrow \nu_e) + P(\bar{\nu}_\mu \rightarrow \bar{\nu}_e)} \sim \frac{\sin\delta}{\sin\theta_{13}} \quad (5)$$

должна иметь ненулевое значение. Следует особо подчеркнуть фундаментальное значение угла θ_{13} для поиска CP-нарушения — во всех выражениях для вероятности осцилляций параметры θ_{13} и δ входят в виде произведения $\sin\theta_{13}e^{-i\delta}$, поэтому поиск CP-нарушения в осцилляционных экспериментах возможен только в случае ненулевой (и не очень малой) величины θ_{13} . Таким образом, первоочередной задачей последнего десятилетия, стоявшей перед ускорительными и реакторными осцилляционными экспериментами, было измерение угла θ_{13} — важнейшего элемента для понимания механизма смешивания нейтрино и для поиска CP-нарушения в нейтринных осцилляциях.

Хотя для проведения подобных исследований обычно создаются большие международные коллаборации ученых, та или иная установка имеет конкретную национальную «прописку», поэтому совершим виртуальное путешествие вокруг света по нейтринным лабораториям.

Япония: эксперимент T2K

Первое указание на осцилляции мюонных нейтрино в электронные и на ненулевую величину угла θ_{13} было получено в ускорительном эксперименте с длинной базой второго поколения T2K (Tokai-to-Kamioka, Япония) [5]. Основные элементы установки T2K (рис.1) — нейтринный канал, комплекс ближних нейтринных детекторов на расстоянии 280 м от мишени и дальний детектор нейтрино SuperKamiokande, расположенный под горой Икенояма. Толщина грунта над детектором

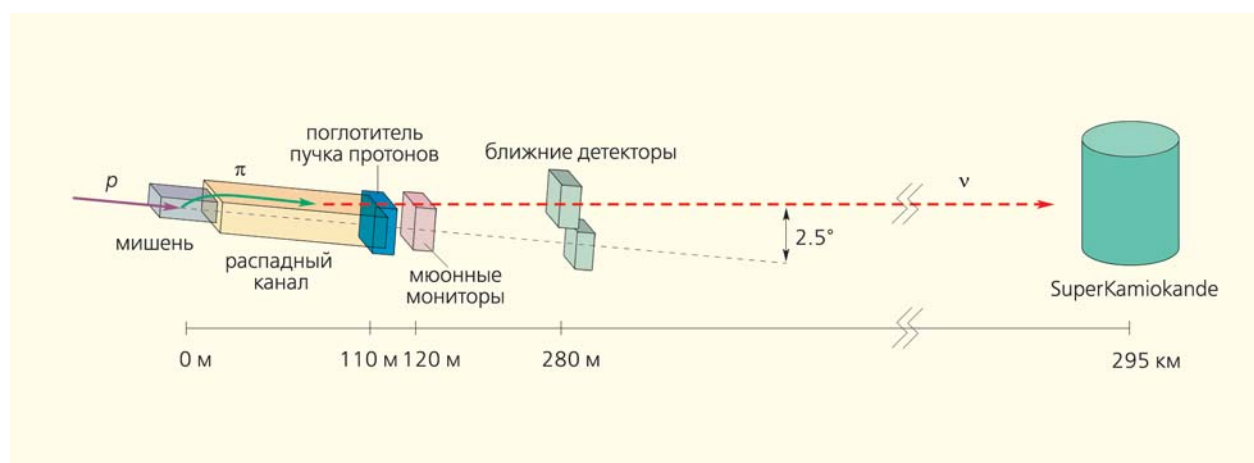


Рис.1. Схема эксперимента T2K. Нейтрино пролетают от нейтринного канала в J-PARC через ближний детектор ND280, а затем в течение 1 мс проходят 295 км в толще Земли до дальнего детектора SuperKamiokande.

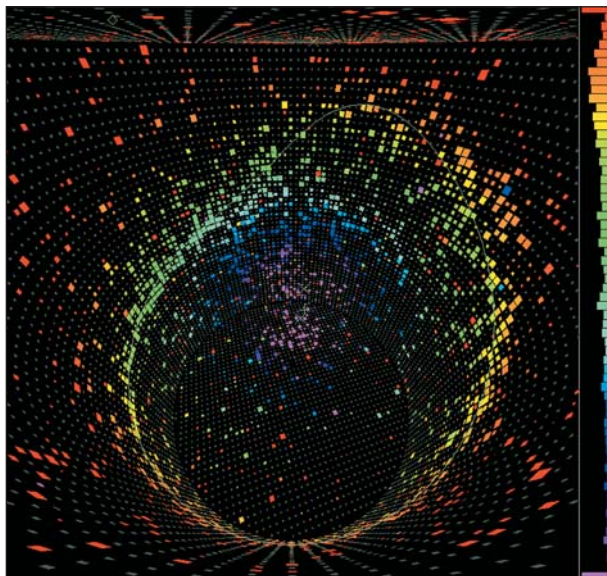


Рис.2. Одно из электроноподобных событий, зарегистрированное в дальнем детекторе SuperKamioKANDE через реакцию $\nu_e + n \rightarrow e^- + p$.

составляет 1000 м, что позволяет существенно снизить в детекторе фон космических мюонов. От места своего рождения до регистрации в SuperKamioKANDE нейтрино пролетают в толще Земли расстояние 295 км.

В эксперименте используется чистый (примесь электронных нейтрино в максимуме спектра 600 МэВ составляет менее 0.5%) квазимоноэнергетичный пучок мюонных нейтрино. Получить такой пучок позволяет кинематика распада пионов, рожденных при взаимодействии протонов с мишенью, на мюоны и мюонные нейтрино и выбор направления полета нейтрино в 2.5° по отношению к направлению протонного пучка. Вероятность перехода мюонных нейтрино с энергией E в электронные при прохождении расстояния L описывается выражением (3). Энергия нейтрино и прелетная база в эксперименте выбраны таким образом, чтобы получить максимальную чувствительность к осцилляциям $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ при значении $\Delta m_{23}^2 = 2.4 \cdot 10^{-3} \text{ эВ}^2$, определенном по осцилляциям атмосферных нейтрино.

Детектор SuperKamioKANDE представляет собой гигантский бак диаметром 39 м и высотой 42 м, заполненный чистой водой массой 50 кт. По стенкам, дну и крыше детектора расположены около 11 тыс. больших фотоэлектронных умножителей, которые регистрируют черенковское излучение от заряженных частиц, появляющихся в результате взаимодействия нейтрино с веществом детектора. Например, электронное и мюонное нейтрино детектируются по реакциям квазиупругого рассеяния через заряженный ток $\nu_e + n \rightarrow e^- + p$ и $\nu_\mu + n \rightarrow \mu^- + p$. Детектор регистрирует нейтрино в диапазоне энергий от 4.5 МэВ до 1 ТэВ. Размер, направление и форма черенковского конуса исполь-

зуются для идентификации события: однокольцевое мюноподобное, однокольцевое электроноподобное или многокольцевое событие. Мюноподобное кольцо от черенковского излучения мюона имеет четкую форму с резкими краями, а кольцо от электрона — размытую. Временная синхронизация с протонным пучком осуществляется через навигационную систему GPS с точностью около 50 нс. Такая точность дает возможность наблюдать временную структуру зарегистрированных нейтринных событий и ее соответствие временной структуре протонного пучка, что позволяет подавить фон от атмосферных нейтрино до пребрежимо малого уровня.

Эксперимент начал набор статистики в январе 2010 г. Сильнейшее землетрясение магнитудой 9 баллов, которое произошло в Японии 11 марта 2011 г., серьезно повредило ускорительный комплекс J-PARC. Интенсивные восстановительные работы были закончены в декабре 2011 г., и новый физический сеанс с пучком нейтрино начался в январе 2012 г.

Первый результат T2K был получен после обработки данных, накопленных еще до землетрясения. За это время в активном объеме детектора шесть событий были идентифицированы как электроноподобные, появившиеся в результате взаимодействия в детекторе электронных нейтрино через заряженный ток. Одно из таких событий показано на рис.2.

Ожидаемое число таких событий при отсутствии осцилляций $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ (т.е. если $\theta_{13} = 0$) составляет величину 1.5 ± 0.3 . Вероятность того, что шесть событий стали следствием флуктуации фоновых событий, а не осцилляций, оценена в 0.7%. Таким образом, с вероятностью 99.3% этот результат был интерпретирован как указание на осцилляции $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ [6] и первое доказательство ненулевого значения угла θ_{13} . Анализ данных, накопленных после землетрясения, подтвердил первый результат T2K. После обработки всей информации было обнаружено 11 электроноподобных событий при ожидаемом фоне 3.22 ± 0.43 события. Итак, осцилляции $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$, т.е. появление электронных нейтрино в пучке мюонных, зафиксированы в эксперименте T2K с вероятностью 99.92% (3.2σ) [7]. Распределение по энергии зарегистрированных электронных нейтрино показано на рис.3.

Связь между значением $\sin^2 2\theta_{13}$ и величиной δ для обеих возможных иерархий масс нейтрино показана на рис.4. В случае $\delta = 0$ центр допустимого интервала для $\sin^2 2\theta_{13}$ приходится на 0.104 для нормальной иерархии масс нейтрино и на 0.128 для инверсной. Этот результат стал очередным сюрпризом в нейтринной физике, поскольку большинство теоретических моделей предсказывали существенно меньшее значение этого параметра, и все дальнейшие программы экспериментальных исследований нейтрино исходили из малой величины θ_{13} . В частности, полагалось что по-

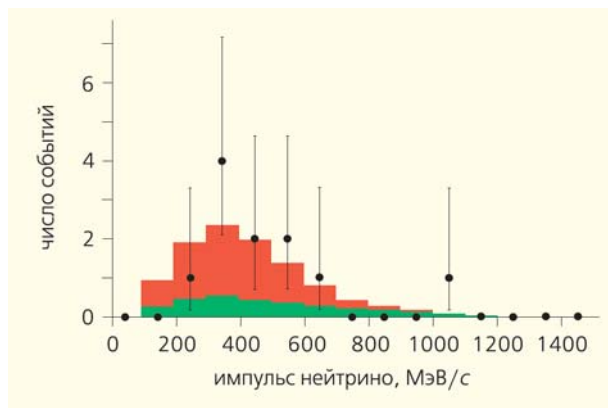


Рис.3. Энергетический спектр электроподобных событий, зарегистрированных в эксперименте T2K. Черные точки представляют экспериментальные данные, вертикальные линии — статистические ошибки. Гистограммы демонстрируют результаты моделирования: красный цвет соответствует сигналу для $\sin^2 2\theta_{13} = 0.1$, $\delta = 0$ и нормальной иерархии масс; зеленый показывает вклад в сигнал от основных фоновых процессов.

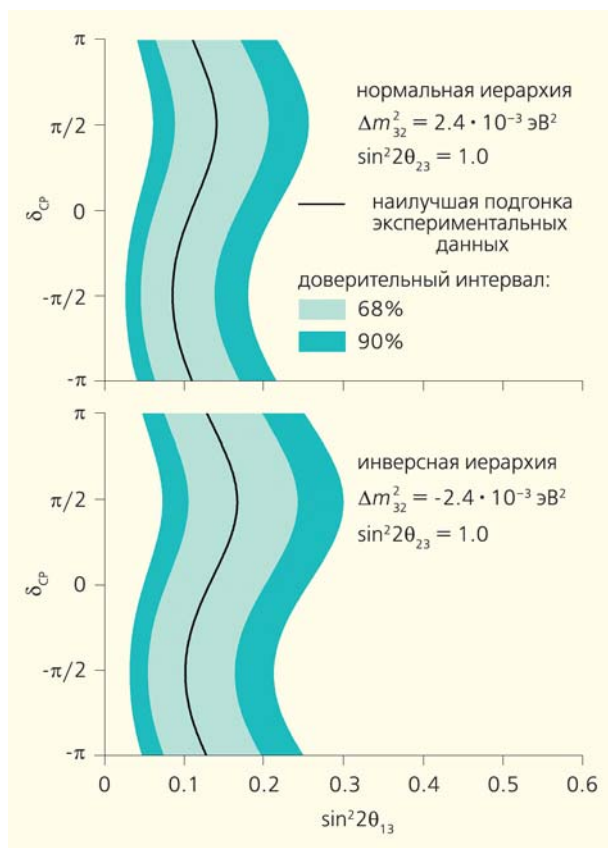


Рис.4. Результат эксперимента T2K [7]: допустимые области значений угла θ_{13} и величины CP-нечетной фазы δ для нормальной (верхний рисунок) и инверсной иерархий масс (нижний рисунок) [7]. Кривая черного цвета показывает наиболее вероятную величину θ_{13} для всех значений δ от $-\pi$ до π .

иск CP-нарушения в лептонном секторе с достаточной чувствительностью возможен только в весьма отдаленном будущем на нейтринной фабрике или с использованием бета-пучков, в которых пучок электронных нейтрино или антинейтрино получается при бета-распадах ускоренных радиоактивных ионов. Обнаружение большой величины угла θ_{13} положило начало пересмотру всей стратегии планируемых осцилляционных экспериментов, так как открылись возможности для поиска CP-нарушения в экспериментах на существующих интенсивных пучках нейтрино, хотя, конечно, повышение интенсивности и модернизация нейтринных детекторов остаются ключевыми условиями для успешного проведения таких экспериментов.

США: эксперимент MINOS

Результаты, полученные в T2K, были впоследствии подтверждены в эксперименте MINOS (Main Injector Neutrino Oscillation Search, Национальная ускорительная лаборатория им.Э.Ферми — Фермилаб, Батавия, штат Иллинойс, США), который использует пучок мюонных нейтрино в широком диапазоне энергий от 1 до 10 ГэВ [8]. Нейтрино, рожденные в Фермилаб, проходят через Землю расстояние 735 км и регистрируются дальним детектором весом 5.4 кт, расположенным на глубине 714 м в шахте Соудан (штат Северная Миннесота, США). Детектор (рис.5) представляет собой находящийся в магнитном поле трековый калориметр, состоящий из чередующихся слоев пассивного материала (стали) и активного материала (сцинтилляционных пластин). Ближний детектор той же конфигурации, но весом 1 кт, находящийся на расстоянии 1 км от мишени, измеряет спектр и состав нейтринного пучка вблизи мишени до возможных осцилляций. В результате анализа событий, набранных в дальнем детекторе с пучком нейтрино в течение нескольких лет, было выделено 62 случая, интерпретируемых как электронные нейтрино (при ожидаемом фоне 50 событий) [8]. Статистическая значимость превышения числа событий над фоном составила 1.7σ , и нулевая величина θ_{13} была исключена на уровне около 85%. Таким образом, эффект, обнаруженный в эксперименте T2K, был подтвержден в другом осцилляционном эксперименте с ускорительными нейтрино. Затем окончательное слово было сказано тремя реакторными экспериментами.

Франция: эксперимент Double Chooz

В реакторном эксперименте Double Chooz (Франция) [9] измеряется поток электронных антинейтрино на среднем расстоянии около 1 км от реакторов мощностью 4.2 ГВт атомной станции

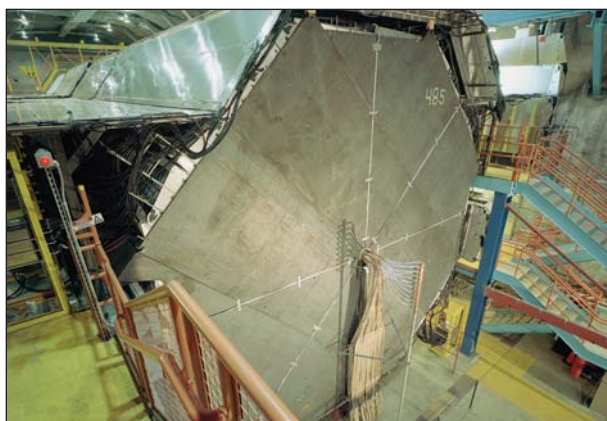
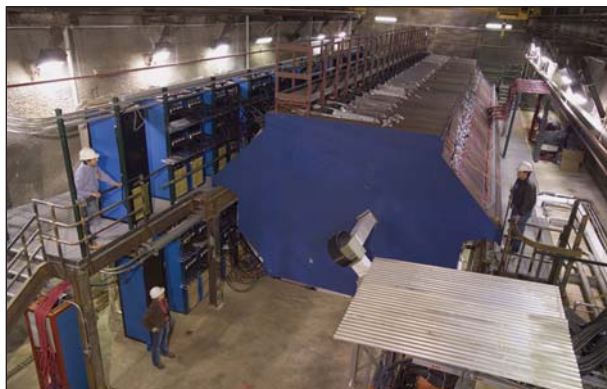


Рис.5. Ближний (вверху) и дальний нейтринные детекторы эксперимента MINOS.

Chooz, расположенной на севере Франции, в Арденнах, вблизи границы с Бельгией. Слово «Double» означает, что в эксперименте используются два детектора нейтрино: ближний и дальний. Реакторы и расположение детекторов показано на рис.6. Дальний детектор нейтрино (нейтринная мишень) находится на расстоянии около 1 км от реакторов и представляет собой цилиндр объемом 10 м³, заполненный жидким сцинтиллятором с растворенным в нем гадолинием. Мишень окружена цилиндрическими детекторами, наполненными жидким сцинтиллятором и минеральным маслом (для защиты от внешнего γ -фона, космических мюонов и нейтронов, рожденных вне детектора). Электронные антинейтрино детектируются через реакцию обратного бета-распада



Совпадение мгновенного сигнала от позитрона и задержанного сигнала от нейтрона (после его замедления и захвата гадолинием) обеспечивает надежную идентификацию нейтринного взаимодействия в детекторе. После набора статистики в течение 97 дней было зарегистрировано около 4 тыс. нейтринных событий и была получена величина θ_{13} , близкая к значению Т2К. При этом нулевая величина θ_{13} была исключена с вероятностью 94.6% [9]. Эксперимент продолжил набор статистики; новые выводы были представлены на конференции «Нейтрино-2012» в Киото (Япония) и опубликованы в работе [10]. После анализа бо-



Рис.6. Схема эксперимента Double Chooz. Показаны реакторы и расположение ближнего и дальнего детекторов нейтрино. Ближний находится в стадии создания, и его запуск ожидается в 2013 г.

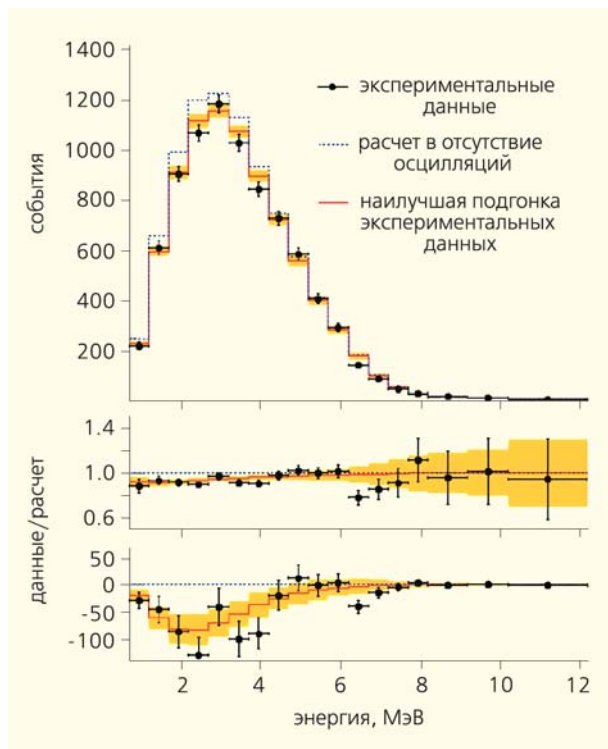


Рис.7. Спектр позитронов из реакции (6), соответствующий полной статистике эксперимента Double Chooz (вверху). Отношение измеренного спектра к предсказанному в случае отсутствия осцилляций и их разность показаны внизу. Гистограмма красного цвета отвечает наилучшему описанию экспериментальных данных с $\sin^2 2\theta_{13} = 0.109$.

лее 8000 нейтринных событий был получен следующий результат:

$$\sin^2 2\theta_{13} = 0.109 \pm 0.030 \text{ (stat)} \pm 0.025 \text{ (syst)}. \quad (7)$$

Спектр позитронов из реакции (6) и отношение зарегистрированного спектра к предсказанному в отсутствие осцилляций показаны на рис.7. Ясным доказательством осцилляций служит искажение спектра, т.е. отличие экспериментально измеренного энергетического распределения антинейтрино от распределения, ожидаемого в случае отсутствия осцилляций. Нулевая величина θ_{13} на основании этого измерения исключена с вероятностью 99.9% (3.1σ). Эксперимент должен существенно улучшить точность измерений после запуска ближнего детектора в 2013 г. Пока же наиболее точные измерения θ_{13} были проведены в азиатских реакторных экспериментах.

Китай: эксперимент Daya Bay

В эксперименте Daya Bay (Китай) [11] шесть идентичных детекторов (три ближних и три дальних) общим весом 120 т измеряют спектры электронных антинейтрино от комплекса атом-

ных станций Daya Bay (расположен на юге Китая, к северу от Гонконга) общей мощностью около 17 ГВт. Среднее расстояние от реакторов до ближних детекторов 500–800 м, до дальних — 1.5–1.9 км. Каждый детектор представляет собой бак диаметром около 3 м, заполненный жидким сцинтиллятором с растворенным в нем гадолинием и погруженный в емкость с минеральным маслом, которая выполняет функции активной вето-системы, помогающей устранить фон. В свою очередь, эта емкость помещена в контейнер, заполненный чистой водой и просматриваемый фотоумножителями. Такой черенковский детектор позволяет снизить фон космических мюонов и возникающих в окружающей среде нейтронов. Два ближних детектора показаны на рис.8.

Число нейтринных событий в дальних детекторах и спектр частиц в отсутствие осцилляций предсказывается на основе измерений в ближних детекторах. Большая мощность реакторов позволила зарегистрировать около 10^4 реакторных антинейтрино в трех дальних детекторах в течение всего 55 дней набора статистики. Измеренный мгновенный спектр позитронов из реакции (6) изображен на рис.9. Отношение числа зарегистрированных событий к числу ожидаемых в случае $\theta_{13} = 0$ составило

$$R = 0.940 \pm 0.011 \text{ (stat)} \pm 0.004 \text{ (syst)}. \quad (8)$$

Из установленного дефицита антинейтринных событий в дальнем детекторе было получено значение

$$\sin^2 2\theta_{13} = 0.092 \pm 0.016 \text{ (stat)} \pm 0.05 \text{ (syst)}, \quad (9)$$

что соответствует величине угла $\theta_{13} \sim 9^\circ$. Ненулевое значение этого угла исключено на уровне 5.2σ . Набор данных в эксперименте продолжается, и в ближайшее время следует ожидать существенно улучшения точности измерения угла θ_{13} .

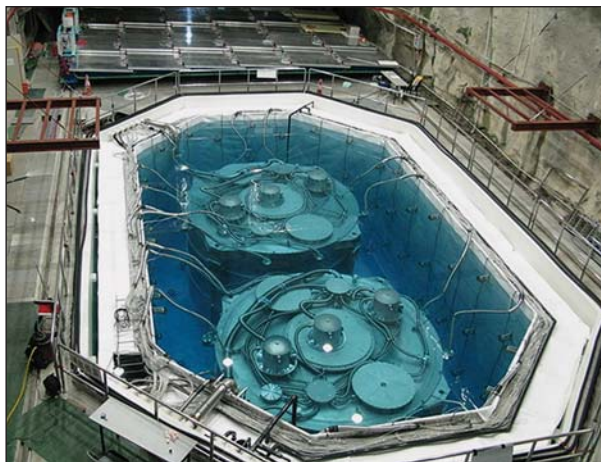


Рис.8. Два ближних нейтринных детектора эксперимента Daya Bay.

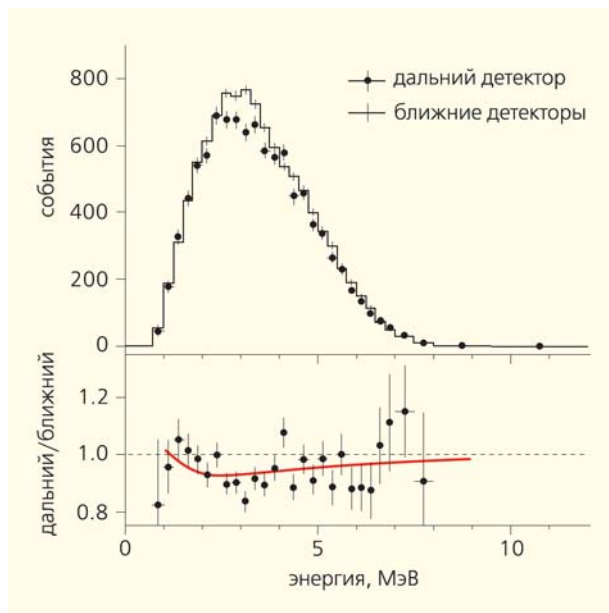


Рис.9. Зарегистрированный в дальних детекторах (усредненная сумма трех детекторов) спектр антинейтрино (точки с ошибками) и предсказанный на основе измерений ближних детекторов спектр в отсутствие осцилляций (гистограмма). Энергия антинейтрино, отложенная по оси, не учитывает нейтронный вклад, см. выражение (6). Отношение измеренного спектра к предсказанному в отсутствие осцилляций показано снизу. Красная сплошная кривая соответствует $\sin^2 2\theta_{13} = 0.092$, а пунктирная прямая изображает единицу — отношение в случае отсутствия осцилляций.

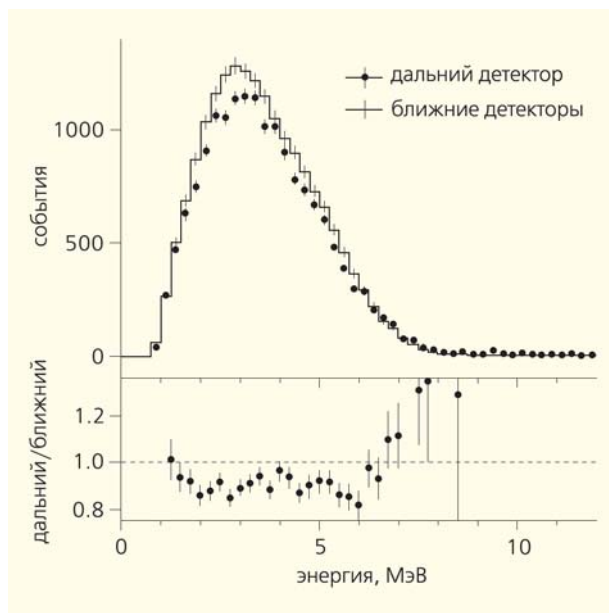


Рис.10. Измеренный в дальнем детекторе RENO спектр антинейтрино (точки) и предсказанный на основе измерений ближнего детектора спектр в отсутствие осцилляций (гистограмма). Их отношение построено внизу. Вертикальные линии — статистические ошибки.

Корея: эксперимент RENO

Реакторный эксперимент RENO (Reactor Experiment for Neutrino Oscillation) [12] использует шесть реакторов атомной станции Yonggwang в Южной Корее, каждый из которых обладает максимальной мощностью около 2.8 ГВт. Установка включает в себя два идентичных нейтринных детектора: ближний, расположенный на расстоянии около 400 м от реакторов, и дальний, на расстоянии около 1.4 км. Активным элементом обоих детекторов, как и в двух других реакторных экспериментах, описанных выше, служит жидкий сцинтиллятор с добавкой гадолиния. Масса каждого детектора составляет 16 т. Первый результат эксперимента базируется на статистике, накопленной с августа 2011 г. в течение 230 дней, при полной мощности всех реакторов в течение этого периода. За это время в дальнем детекторе было зарегистрировано более 17 тыс. событий-кандидатов в электронные антинейтрино. Было получено следующее отношение числа измеренных нейтринных событий к ожидаемому в отсутствие осцилляций:

$$R = 0.920 \pm 0.009(\text{stat}) \pm 0.014(\text{syst}), \quad (10)$$

что однозначно подтверждает дефицит нейтрино в дальнем детекторе за счет осцилляций. Спектры антинейтрино, измеренный в дальнем детекторе и предсказанный на основе измерений в ближнем детекторе, показаны на рис.10. Видно значительное искажение спектра за счет осцилляций. Величина θ_{13} , определенная в этом эксперименте, также прекрасно согласуется с результатами рассмотренных выше экспериментов.

Ближайшее будущее

За короткий период, в течение всего одного года, угол θ_{13} был измерен с точностью около 10%. Его усредненное по всем экспериментам значение составляет $9 \pm 1^\circ$. Следует отметить, что величины двух других углов, θ_{12} и θ_{23} , измерены примерно с такой же точностью. Эти замечательные экспериментальные результаты доказали, что все три угла матрицы Понтекорво—Маки—Накагава—Саката не равны нулю и близки по величине. Скорее всего, матрица смешивания включает в себя комплексные элементы, т.е. CP-четность в лептонном секторе не сохраняется. Это вполне вероятно указывает на то, что нейтрино играли важную роль в ранней Вселенной и были источником барионной асимметрии, благодаря которой мы живем в мире вещества при полном отсутствии антивещества. Поэтому поиск CP-асимметрии в лептонном секторе в настоящее время выходит на передний план и является одной из важнейших задач современной физики элементарных частиц. Другой фундаментальной проблемой, которая должна быть решена, остается иерархия масс нейтри-

но. Экспериментальные результаты однозначно показывают, что $m_2 > m_1$. Однако до сих пор непонятно, как соотносятся массы m_2 и m_3 .

В самой ближайшей перспективе можно ожидать указаний на существующую в природе иерархию масс нейтрино из комбинации рассмотренных результатов и первых результатов эксперимента с длинной базой Nova (NuMI Off-Axis ν_e Appearance, Фермилаб, США) [13]. В этом эксперименте с длинной базой около 800 км, который должен начать набор статистики в 2013 г., будут изучаться осцилляции нейтрино с помощью пучка мюонных нейтрино со средней энергией около 2 ГэВ, направленным из Фермилаб в массивный дальний детектор нейтрино, расположенный в штате Миннесота. Различие между нормальной и инверсной иерархией может быть установлено на уровне 3σ , хотя вполне вероятно, что это удастся сделать только для ограниченного диапазона величин CP-нечетной фазы δ . Прямое определение иерархии возможно в реакторном эксперименте Daya Bay II, в котором планируется создать и установить на расстоянии 60 км от реакторов жидкий сцинтилляционный детектор нейтрино массой 30 кт. В этом случае в осцилляционном максимуме, характерном для «солнечных» осцилляционных параметров, возникают зависящие от иерархии масс модуляции, связанные с «атмосферными» параметрами. Если в детекторе удастся получить хорошее энергетическое разрешение порядка 3% при энергии антинейтрино около 3 МэВ, станет возможным различить иерархию на уровне около 3σ . Следует отметить, что в этом случае отсутствует какая-либо зависимость эффекта от величины δ . Еще один проект, который может быть одобрен в ближайшие несколько лет, — это HyperKamioke (Япония) [14] — водный черенковский детектор общей массой около 1 Мт. Большая масса детектора позволит набрать большую статистику с атмосферными нейтрино и достичь чувствительности к иерархии масс на уровне 3σ . Наиболее чувствительный эксперимент — обсуждаемый в настоящее время проект LAGUNA-LBNO [15], в котором предлагается использовать нейтринный пучок, направленный из ЦЕРНа (Швейцария) в подземную лабораторию Пихасалми (Финляндия). В качестве детекторов нейтрино рассматриваются жидкоаргоновый массой около 20 кт, массивный 30-килотонный магнитный сцинтилляционный и 50-килотонный детектор LENA [16] на основе жидкого сцинтиллятора. Длинная база эксперимента (~2300 км) за счет эффекта вещества позволяет надежно разделить эффект, связанный с иерархией масс, и для всего возможного диапазона фазы δ от 0 до 2π ожидается получить чувствительность к иерархии на уровне 5σ . Также следует упомянуть проект PINGU, представляющий собой модернизацию эксперимента IceCube, в котором нейтрино высоких энергий регистрируются во льду Антарктиды.

Если удастся снизить порог регистрации нейтрино до 1 ГэВ за счет установки большого количества дополнительных фотоумножителей, то откроется возможность определить иерархию масс на уровне $3-11\sigma$ — в зависимости от достигнутого энергетического и углового разрешения установки [17]. Такой широкий спектр экспериментов с ускорительными, реакторными и атмосферными нейтрино позволяет надеяться, что в ближайшие годы проблема иерархии масс нейтрино будет решена.

Каких перспектив можно ожидать в поиске CP-нарушения? Несомненно, это более сложная задача. Большая величина θ_{13} обеспечивает хорошую статистику в осцилляциях $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ в соответствии с выражением (3), но одновременно дает довольно малую величину асимметрии $A_{CP} \sim 10-20\%$, как это следует из выражения (5). Поэтому проведение измерений с интенсивными пучками мюонных нейтрино и антинейтрино требует контроля систематических неопределенностей в измерении вероятности осцилляций на уровне нескольких процентов. Это оказывается необычайно сложной задачей, учитывая, что сечения взаимодействия нейтрино через заряженные и нейтральные токи известны в настоящее время с точностями 10–30%. Упомянутый выше детектор HyperKamioke будет использовать интенсивные пучки мюонных нейтрино и антинейтрино с энергией около 1 ГэВ из ускорителя JPARC. Пролетная база эксперимента составляет около 300 км. Если в эксперименте удастся обеспечить точность измерения вероятностей переходов мюонных нейтрино (антинейтрино) в электронные нейтрино (антинейтрино) лучше 5%, то чувствительность к CP-нечетной фазе $\sim 3\sigma$ может быть достигнута для значительной области (около 50%) интервала возможных значений δ .

Другой способ измерения δ состоит в одновременном измерении осцилляций в первом и втором осцилляционных максимумах. В этом случае в зависимости от значения δ меняется соотношение между вероятностями осцилляций в первом и втором максимумах. Использование широкого пучка мюонных нейтрино (или антинейтрино), диапазон энергий которого покрывает оба максимума, позволяет провести высокочувствительный поиск CP-нарушения [15, 18]. Идея этого метода проиллюстрирована на рис. 11, из которого видно, как соотношение между первым (правый максимум) и вторым осцилляционным максимумами меняется в зависимости от фазы δ — как для нейтрино, так и для антинейтрино. В упомянутом выше проекте LAGUNA-LBNO предполагается достичь высокой чувствительности к фазе δ в широком диапазоне — порядка 60% от всей области возможных значений этой фазы. Однако может так случиться, что чрезвычайно трудная задача по поиску CP-нарушения и прецизионного измерения фазы δ будет решена только

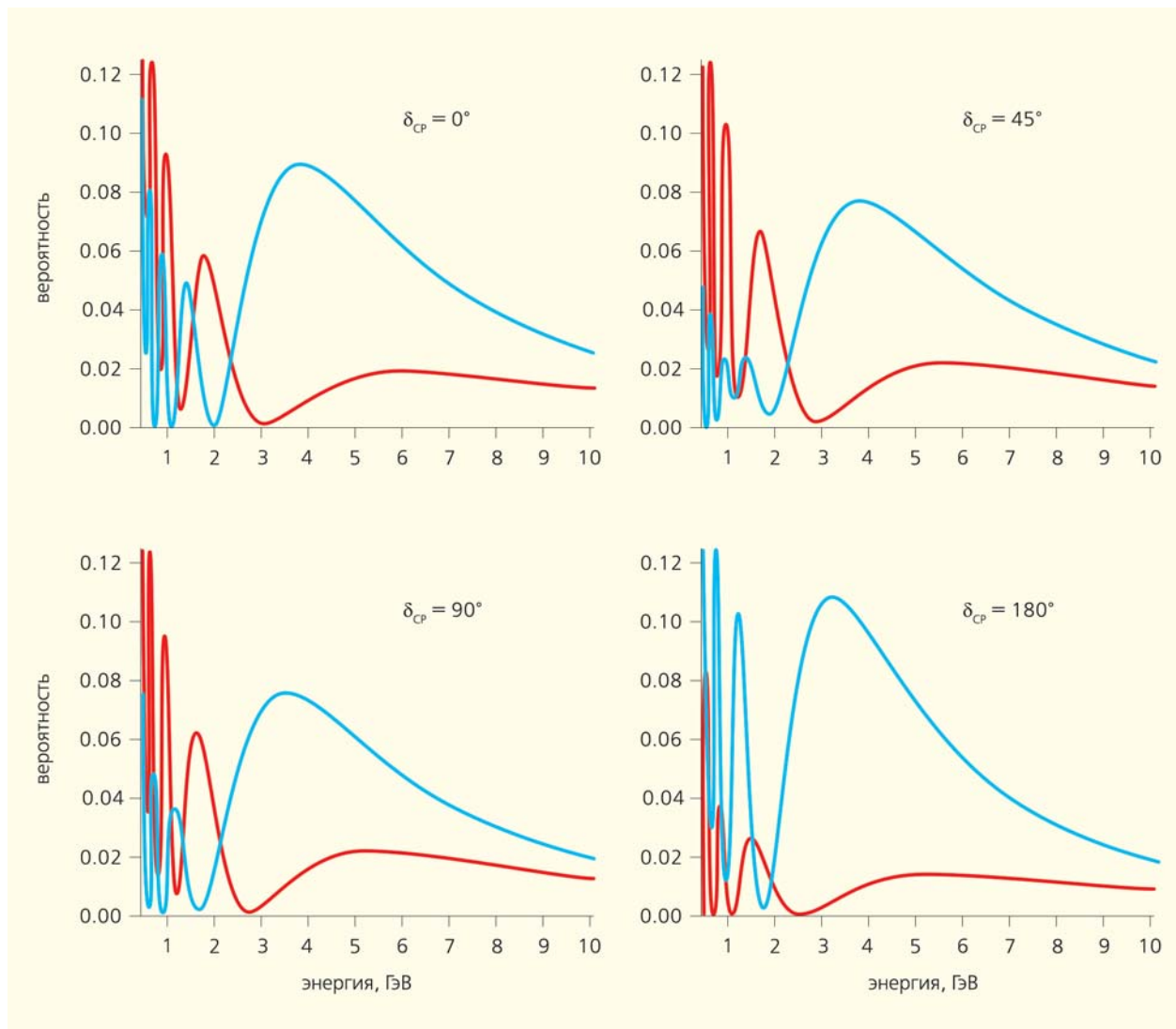


Рис.11. Энергетические зависимости вероятности осцилляций нейтрино $\nu_\mu \rightarrow \nu_e$ (синяя линия) и антинейтрино $\bar{\nu}_\mu \rightarrow \bar{\nu}_e$ (красная линия) для различных значений δ . Вероятности рассчитаны для следующих параметров: нормальная иерархия масс, $\sin^2 2\theta_{13} = 0.09$, $L = 2300$ км [18].

в весьма отдаленном будущем, в экспериментах следующего поколения — на нейтринной фабрике или с бета-пучками.

Суммируя сказанное

Открытие осцилляций нейтрино, однозначно доказывающих существование ненулевой массы нейтрино, впервые прямо обнаружило, что за пределами Стандартной модели есть «новая физика», а сами нейтрино можно по праву назвать уникальным инструментом для ее изучения. Обнаружение осцилляций мюонных нейтрино в электронные в эксперименте T2K и ненулевой величины угла смешивания θ_{13} , измеренной в ускорительных и реакторных экспериментах, стало

настоящим прорывом в нейтринной физике, совершенным в течение одного года. Появилась реальная возможность для чувствительного поиска CP-нарушения в лептонном секторе в осцилляционных экспериментах на ускорителях и для решения фундаментальной проблемы — преобладания вещества над антивеществом во Вселенной. Вполне вероятно, что эта загадка природы будет решена с помощью нейтрино — крошечных кирпичиков мироздания, обладающих удивительными свойствами.

Несмотря на фантастический прогресс, все еще остается много фундаментальных вопросов, которые ждут своего решения. Вот лишь некоторые из них. За счет какого механизма возникают массы у нейтрино, какова природа этих частиц, чему равна их масса? Почему смешивание квар-

ков и лептонов сильно различается? Существуют ли стерильные (невзаимодействующие, кроме как гравитационно) нейтрино? Учитывая удивительный прогресс последних месяцев, есть основания предположить, что ответы на некоторые

из этих вопросов могут быть получены в ближайшее время. Богатая на неожиданные результаты нейтринная физика в скором времени, вполне вероятно, неоднократно порадует нас новыми сюрпризами. ■

Работа поддержана совместным грантом РФФИ/JSPS (Япония) №11-02-92106-ЯФ_а.

Литература

1. *Понтекорво Б.М.* Мезоний и антимезоний // ЖЭТФ. 1957. Т.33. С.549—551.
2. *Понтекорво Б.М.* Обратные β -процессы и несохранение лептонного заряда // ЖЭТФ. 1958. Т.34. С.247—249.
3. *Maki Z., Nakagawa M., Sakata S.* Remarks on the unified model of elementary particles // Prog. Theor. Phys. 1962. V.28. P.870—880.
4. *Apollonio M., Baldini A., Bemporad C. et al.* Limits on neutrino oscillations from the Chooz experiment // Phys. Lett. 1999. V.B466. P.415—430.
5. *Abe K., Abgrall N., Aihara H. et al.* The T2K experiment // Nucl. Instr. Meth. 2011. V.A659. P.106—135.
6. *Abe K., Abgrall N., Ajima Y. et al.* Indication of electron neutrino appearance from an accelerator-produced off-axis muon neutrino beam // Phys. Rev. Lett. 2011. V.107. P.041801.
7. *Sakashita K.* Results from T2K // Talk at ICHEP 2012. Melbourne, Australia, 4—11 July 2012.
8. *Adamson P., Auyeung D.J., Ayres D.S. et al.* Improved search for muon-neutrino to electron-neutrino oscillations in MINOS // Phys. Rev. Lett. 2011. V.107. P.181802.
9. *Abe Y., Aberle C., Akiri T. et al.* Indication for the disappearance of reactor ν_e in the Double Chooz experiment // Phys. Rev. Lett. 2012. V.108. P.131801; arXiv:1112.6353 [hep-ex].
10. *Abe Y., Aberle C., dos Anjos J.C. et al.* Reactor anti- ν_e disappearance in the Double Chooz experiment // ArXiv:1207.6632 [hep-ex].
11. *An F.P., Bai J.Z., Balantekin A.B. et al.* Observation of electron-antineutrino disappearance at Daya Bay // Phys. Rev. Lett. 2012. V.108. P.171803; arXiv:1203.1669 [hep-ex].
12. *Abn J.K., Chebotaryov S., Choi J.H. et al.* Observation of reactor electron antineutrino disappearance in the RENO experiment // Phys. Rev. Lett. 2012. V.108. P.191802.
13. Nova experiment: <http://www.nova-fnl.gov>
14. *Abe K., Abe T., Aihara H. et al.* Letter of intent: the HyperKamiokande experiment — detector design and physics potential // ArXiv:1109.3262v1.
15. *Rubbia A.* Future liquid argon detectors // Talk at NEURINO-2012 Conference. Kyoto, Japan, 3—9 June 2012.
16. *Oberauer L.* Liquid scintillator detectors // Talk at NEURINO-2012 Conference. Kyoto, Japan, 3—9 June 2012.
17. *Akhmedov E.Kh., Razaque S., Smirnov A.Yu.* Mass hierarchy, 2-3 mixing and CP-phase with Huge Atmospheric Neutrino Detectors // ArXiv:1205.7071v2 [hep-ph].
18. *Stabl A., Wiebusch C., Guler A.M. et al.* Expression of Interest for a very long baseline neutrino experiment (LBNO) // CERN, 24 June, 2012.

Хромиты — руда, рожденная в мантии Земли

Г.Н.Савельева, А.М.Белокрыс

Историческая родина хрома как химического элемента — Россия. Именно у нас на Урале в 1766 г. нашли яркий минерал — «сибирский красный свинец» — хромат свинца, позже названный крокоитом. В конце XVIII в. из него впервые выделили металл, получивший имя от греческого χρῶμα — цвет. Ко второй половине XIX в. были открыты легирующие свойства хрома, однако активно применять его в металлургии начали лишь в 1900-х годах, с развитием производства нержавеющей стали. Благодаря бурному росту металлургии добыча хромовых руд — единственного промышленного хромсодержащего сырья — за прошедшие 100 лет выросла в 250 раз (со 100 тыс. т в начале XX в. до почти 25 млн т в 2010 г.). Все разновидности хромовых руд объединяются под общим названием «хромиты».

Основной сферой, где находят применение полезные свойства хрома, остается производство нержавеющей стали и специальных сплавов. В металлургии производство чугуна и стали невозможно без добавки феррохрома — сплава хрома, углерода и железа, а для получения высококачественных легированных образцов используется исключительно низкоуглеродистый феррохром с содержанием углерода менее 0.1%. Такой феррохром можно получить только из высокохромистых руд, в которых количество



Галина Николаевна Савельева, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник Геологического института РАН. Область научных интересов — структурная геология, петрология и металлогения древней и современной океанической коры и мантии Земли.



Алексей Михайлович Белокрыс, экономист, сотрудник инвестиционной группы компаний «Афро-Азия». Занимается поиском, оценкой, отбором и реализацией проектов, посвященных освоению месторождений твердых полезных ископаемых в России, Азии, Африке.

Cr_2O_3 составляет не менее 42—45% и величина $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{FeO}_{\text{сумм}}$ не опускается ниже 2.5.

Вопросы, связанные с происхождением и размещением хромитов, имеют два одинаково значимых аспекта: экономический (запасы руд, и в частности руд, пригодных для металлургии, на планете весьма ограничены и потому требуется разработка новых критериев их поиска) и фундаментальный (познание глубинного строения Земли и эволюции ее мантийно-коровых оболочек, поскольку хромиты несут информацию о процессах в мантии в огромном диапазоне геологического времени, начиная с 3.5 млрд лет, и в широком интервале глубин, от 100—150 км).

Ресурсы и запасы

Оценка ресурсов хромитов в мире сильно варьирует [1—3]. По сведениям Геологической службы США, они превышают 12 млрд т, по некоторым другим данным, их объем больше 15 млрд т. Более консер-

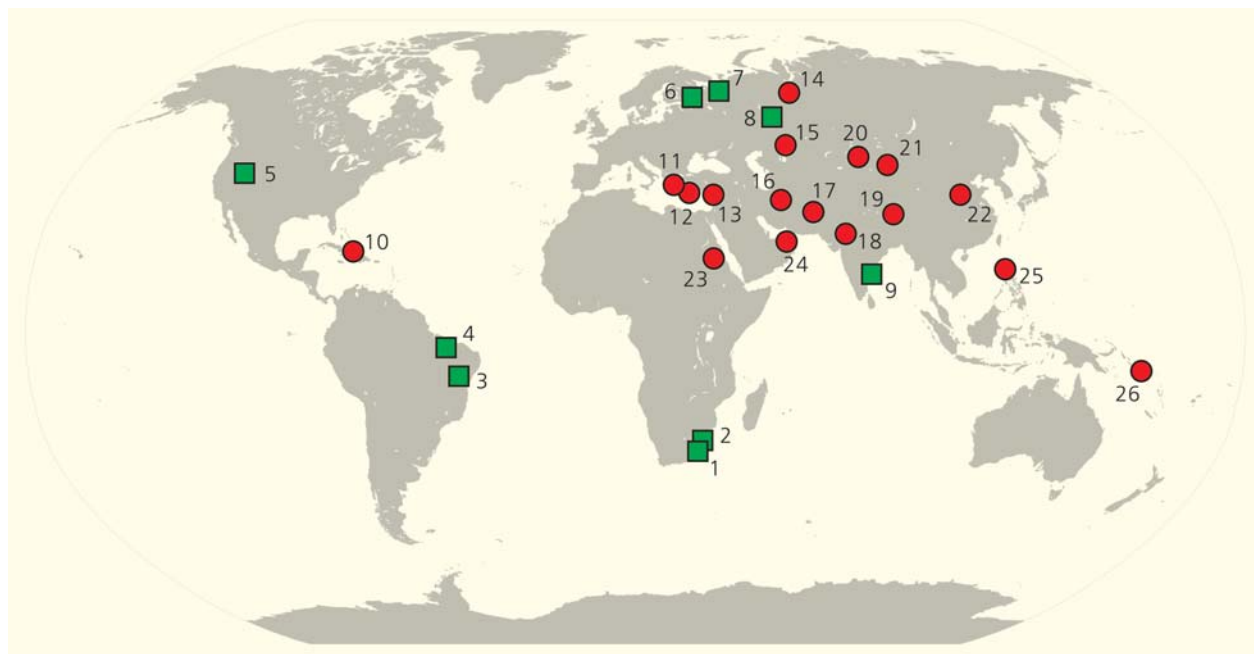


Рис.1. Основные месторождения хромитов мира. Стратиформные месторождения показаны зелеными квадратами (1—9), подиформные — красными кружками (10—26). Цифры обозначают месторождения: 1 — Бушвелд, ЮАР; 2 — Великая Дайка, Зимбабве; 3 — Апуэра-Мердадо, Кампо-Формоза, Бразилия; 4 — Бакури, Бразилия; 5 — Стиллуотер, Канада; 6 — Кеми, Финляндия; 7 — Сопчеозерское, Аганозерское, Россия; 8 — Сарановское, Россия; 9 — Андра-Прадеш (Конгапалли) и Тамил (Ситтампунди), Индия; 10 — Пиндос и Моа-Баракоа, Куба; 11 — Отрис и Вуринос, Греция; 12 — в Албании; 13 — в юго-западной Анатолии, Турция; 14 — Райиз (Полярный Урал), Россия; 15 — Кемпирсай, Казахстан; 16 — в Иране; 17 — в Пакистане; 18 — Нагалэнд-Манипур, Индия; 19 — Лубуса, Китай; 20 — в Северо-Западном Китае; 21 — Наран (Хантайшир), Монголия; 22 — Донгванзи, Китай; 23 — Араис и Мало-Грим; восточный Египет; 24 — в Омане, ОАЭ; 25 — Акое, Филиппины; 26 — Тьебаги, Новая Каледония.

вативная оценка International Chromium Development Association — около 3,7 млрд т подтвержденных запасов и 7,6 млрд т ресурсов хромитов. При этом около 95% запасов и 90% ресурсов приходится всего на три страны — ЮАР, Казахстан и Зимбабве (рис.1). Именно в этих странах находятся уникальные месторождения, заключающие в себе львиную долю мировых запасов хромитов — Бушвелд в ЮАР (около 3 млрд т), Кемпирсай в Казахстане (320 млн т) и Великая Дайка в Зимбабве (около 140 млн т). Все остальные месторождения в мире существенно меньше. Их принято делить на крупные (десятки миллионов тонн) и мелкие (несколько миллионов тонн и меньше).

Крупнейшее в Европе месторождение Кеми с запасами 41 млн т разрабатывается в Финляндии. Месторождения индийского штата Орисса содержат 27 млн т запасов. Единственная страна в Западном полушарии, где добываются хромиты, — Бразилия (14 млн т). Наконец, сравнительно небольшими запасами в мелких месторождениях обладают Турция, Греция, Албания, Пакистан, Филиппины и др. Доля России в мировой ресурсной базе хрома — не выше 1%.

Как и в случае с другими полезными ископаемыми, объем ресурсов хромитов — величина

весьма условная: все зависит от того, какое минимальное промышленное содержание оксида хрома в руде используется при подсчете. При понижении этой планки объем ресурсов может быть увеличен весьма существенно (на сотни миллионов и миллиарды тонн). По мере развития металлургических технологий в экономический оборот постепенно вовлекаются все более и более бедные руды. Проблема, однако, заключается в том, что открытий новых крупных месторождений высокохромистого сырья не происходит — все разрабатываемые ныне объекты, содержащие богатые руды, были разведаны десятки лет назад. Экономически оправдывает себя даже отработка полукустарными способами отдельных богатых рудных тел, вмещающих лишь несколько десятков тысяч тонн сырья.

Добыча и производство

За десятилетие, прошедшее с 2000 г., мировая добыча хромитов выросла с 15 до 25 млн т. Лидер здесь — ЮАР. В 2009 г. там добыли 33% от всего мирового объема добычи, на Индию и Казахстан пришлось соответственно 20 и 17%. Бразилия,

Финляндия, Оман, Россия и Турция в совокупности дали 21% процент мировой добычи, а оставшиеся 9% произвели Албания, Австралия, Китай, Иран, Сербия, Мадагаскар, Пакистан, Филиппины, Судан, ОАЭ, Вьетнам и Зимбабве, вместе взятые. В России в 2009 г. извлекли из недр лишь 534 тыс. т руды, а своего максимума этот показатель за последнее десятилетие достиг в 2006 г., когда составил 897 тыс. т.

Примечательно, что хромитовая отрасль весьма быстро оправилась от последствий мирового кризиса: добыча в 2009 г. упала до 19 млн т против 24 млн т в 2008 г., но буквально в следующем году не только вернулась на прежний уровень, но и превысила его. Больше половины хромитовой руды в мире добывают подземным способом. Эта технология преобладает, в частности, в ЮАР, Зимбабве, Казахстане, Турции и Финляндии, Албании и России [1, 3]. В Бразилии примерно одинаковые объемы руды получают подземным и открытым способами, а в Индии последний превалирует.

К 2011 г. почти 90% производства товарной хромитовой руды сосредоточено в шести странах: ЮАР — 44.8%, Индии — 12.2, Казахстане — 9.8, Турции — 9.4, Зимбабве — 6.2 и в Финляндии — 5.2%. Доля России составила около 1%. Общепроизводство товарной хромитовой руды оценивается примерно в 11.2 млн т.

Геолого-промышленные типы месторождений

Около 99% мировых ресурсов хромитов содержится в коренных месторождениях. Оставшаяся часть, связанная с латеритными корами выветривания и россыпями, промышленного значения практически не имеет.

Месторождения хромитов подразделяются по условиям образования и форме рудных тел на стратиформные и подиформные [3–6].

Состав хромитов в этих типах месторождений также различен. Его вариации определяются как составом самого рудного минерала — хромшпинелида с общей формулой $(Mg,Fe)(Cr,Al,Fe)_2O_4$, так и соотношением рудных и безрудных (силикатов) минералов. Как правило, на долю рудного минерала приходится от 20 до 90%, остальную часть составляют магнезиальный оливин $(Mg,Fe)_2SiO_4$ или продукты его изменения, иногда пироксены и хлориты — силикаты более сложного состава. Важнейшие показатели, определяющие качество руды и, соответственно, пригодность применения в той или иной отрасли промышленности, — содержание в ней окиси хрома Cr_2O_3 и величина отношения $Cr_2O_3/FeO_{сумм}$ (рис.2). Мы рассмотрим, как меняются эти характеристики в главных типах месторождений.

Стратиформные месторождения хромитов известны на древних континентальных кратонах

(платформах): в Южной Африке (Бушвельд в ЮАР и Великая Дайка в Зимбабве), в Северной Америке (Стиллоуотер в США) и на Балтийском щите (Кемпи в Финляндии). В России такие месторождения есть на восточной окраине Восточно-Европейской платформы (Сарановское в Пермской обл. на Среднем Урале) и на Балтийском щите (Сопчезерское на Кольском п-ове и Аганозерское в Карелии) [1].

На стратиформные месторождения приходится 87.5% подтвержденных запасов хромитов. Они связаны с расслоенными интрузиями ультрабазит-габбрового состава — от дунитов и гарцбургитов, преобладающих внизу массивов, до габброноритов и анортозитов в их верхней, прикровлевой, части [4]. В этом ряду вверх по разрезу растет содержание в породах окислов кремния, кальция, алюминия и уменьшается содержание окиси магния. Рудные пласты залегают, как правило, в нижней части интрузивных тел и протягиваются на большие расстояния (до нескольких сотен километров в Бушвельде, рис.3). Изменение структуры и составов пород и минералов свидетельствует об их образовании в ходе магматической кристаллизации. Пространственно с хромитами ассоциируют месторождения платиноидов, сосредоточенные в определенных пластах породы, как правило, отделенных от основной хромитовой руды (риф Меренского в Бушвельде).

Магматическое происхождение стратиформных хромитов и вмещающих их плутонов признается всеми исследователями. Различаются лишь детали трактовки процесса кристаллизации и динамики поступления магматического расплава: происходило ли оседание кристаллизующихся зерен под действием гравитации или преобладали прерывистые послонные инъекции магмы в камеру.

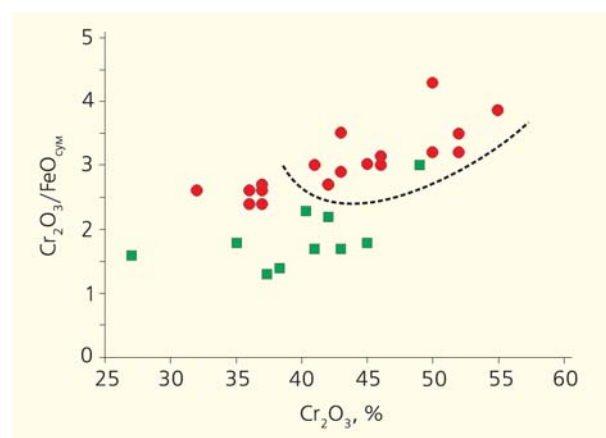


Рис.2. Диаграмма соотношения содержаний окиси хрома и величины отношения окиси хрома к суммарному железу — главных характеристик состава хромитовых руд. Кружками показаны подиформные хромиты, квадратиками — стратиформные. Составы пригодных для производства ферросплавов руд расположены выше пунктирной линии.

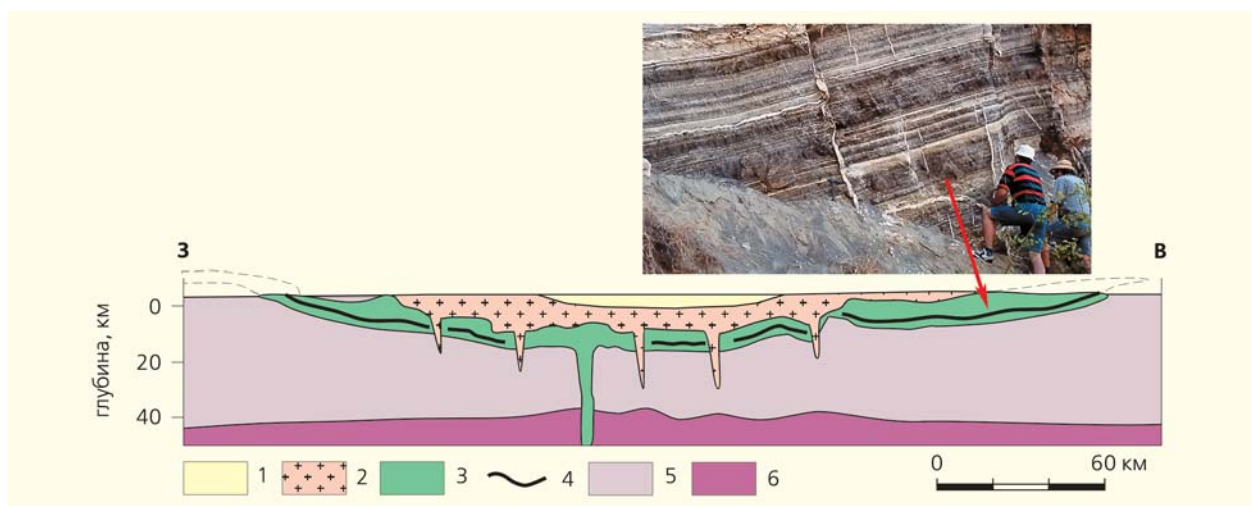


Рис.3. Схематический разрез через интрузию Бушвельд [2, с упрощениями]. 1 — вулканогенно-осадочные породы, перекрывающие расслоенный комплекс Бушвельд и поздние интрузии; 2 — красные граниты Бушвельд; 3 — расслоенный ультрабазит-габбровый комплекс Бушвельд; 4 — хромитовые слои; 5 — континентальная литосфера; 6 — литосферная мантия. На фото — чередование слоев хромита (темное) и габбро-анортозита (светлое).

Типичные минеральные ассоциации в рудных пластах — хромшпинелид + оливин, хромшпинелид ± бронзит + плагиоклаз и хрошпинелид + авгит. Кроме силикатов вместе с хромшпинелидом встречаются пирротин, пентландит, халькопирит, минералы группы платины (преобладает лаурит), а также рутил и ильменит. Содержание Cr_2O_3 в рудах варьирует в разных массивах: в Бушвельде — 37–45%, в Стиллуотере — 35–47, в Великой Дайке — 40–41, в Кеми — 26 и в бразильских месторождениях — 30–57%. Величина отношения $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{FeO}_{\text{сумм}}$, как правило, не превышает 2.2 (составляя в среднем 1.5–2.0).

Руды Сарановского месторождения содержат 37–39% Cr_2O_3 , а в Карело-Кольской провинции России они значительно беднее (содержание Cr_2O_3 в среднем составляет 22–26%) [1].

Выделим общие черты месторождений хромитов стратиформного типа.

Хромиты возникли при дифференциации магмы в интрузиях на древних платформах. Возраст рудовмещающих интрузий лежит в интервале 2.7–2.0 млрд лет [6].

Руды образуют пласты, выдержанные по мощности и простиранию, что значительно облегчает их разведку и добычу. Запасы их — крупнейшие в мире.

Хромитовое оруденение часто сопровождается месторождениями металлов платиновой группы (например, на рифе Меренского в Бушвельде).

Состав рудообразующего хромшпинелида характеризуется умеренной или низкой хромистостью и, как следствие, руды также низко-среднехромистые с низким отношением Cr_2O_3 к $\text{FeO}_{\text{сумм}}$, т.е. большая их часть непригодна для производства высококачественных ферросплавов.

Характеристики стратиформных хромитов указывают на то, что они кристаллизовались из ультрабазит-базитовых магм в обширных малоглубинных магматических камерах. На ранних стадиях развития Земли эти магмы были значительно обогащены хромом и металлами платиновой группы. Вывод об относительно малой глубине кристаллизации магмы основан на широком распространении в таких массивах равновесной ассоциации оливин + плагиоклаз, устойчивой на глубинах менее 20 км. Распределение месторождений стратиформных хромитов на карте мира (рис.1) позволяет предположить, что уже на ранних стадиях развития Земли существовали значительные неоднородности состава мантийного вещества, служившего источником магм для образования расслоенных интрузий.

Подифформные месторождения хромитов распространены связаны с офиолитами — тектоническими фрагментами палеоокеанической коры, слагающими массивы в складчатых поясах континентов. Офиолитовая ассоциация включает мантийные ультраосновные породы — лерцолиты, гарцбургиты и дуниты, которые сменяются вверх по разрезу оливин-клинопироксеновыми породами, габбро, габброноритами и далее комплексом параллельных диабазовых даек и базальтовыми лавами. На первый взгляд, состав и последовательность пород в разрезе те же, что и в расслоенных интрузиях, включающих стратиформные хромиты, — от ультраосновных до основных пород. Однако в офиолитах мантийные ультраосновные породы имеют все структурные и вещественные признаки того, что они образовались при субсолидусном ($T = 1100\text{—}900^\circ\text{C}$) твердопластическом течении мантийного

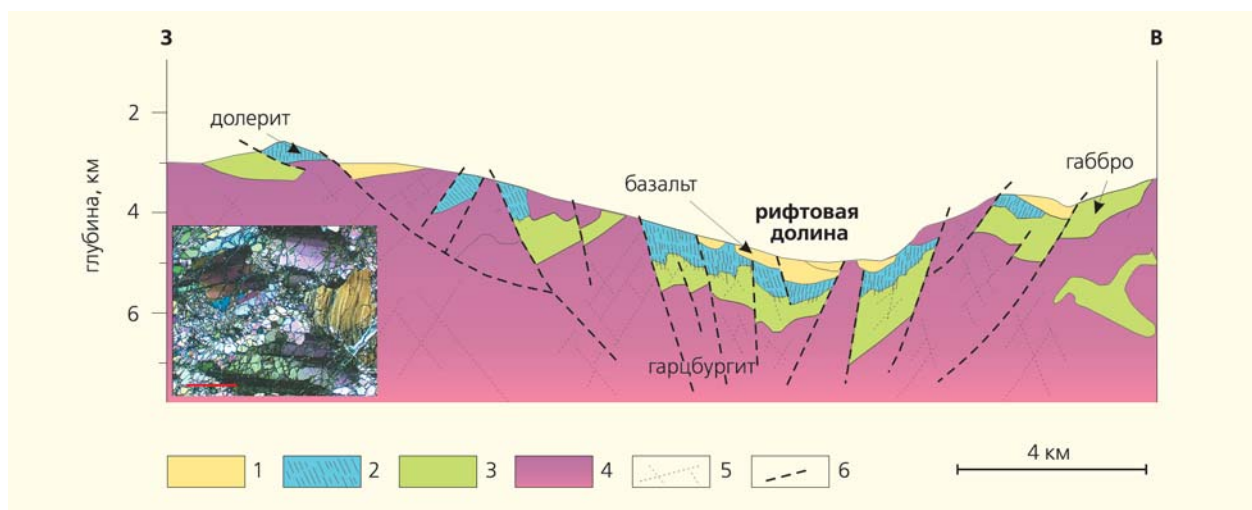


Рис.4. Строение океанической коры в Центральной Атлантике по данным 22 рейса НИС «Академик Николай Страхов» (Геологический институт РАН). 1 — базальты; 2 — долеритовые дайки; 3 — габбро; 4 — мантийные гарцбургиты, 5 — дуниты; 6 — тектонические нарушения (разломы). На врезке — микрофотография гарцбургита, поднятого со дна рифтовой долины. Деформационные структуры выражены плоскостями излома кристаллической решетки оливина.

вещества, из-за чего их называют мантийными тектонитами. Эти ультрамафиты не имеют структур магматической (кумулятивной) кристаллизации, которые характеризуют породы расслоенных интрузий. А вот строение и состав пород современной океанической коры и мантийных тектонитов, как и других пород офиолитовых массивов, очень похожи (рис.4, 5).

Рассматривая положение и происхождение хромитов в офиолитовых массивах, мы следуем за историей формирования мантийных комплексов в центрах спрединга океанической коры, где она и рождается. Мантийные породы в центрах спрединга поднимаются к поверхности в твердопластическом состоянии и аккрецируются к новообразованной коре. История эта часто оказывается

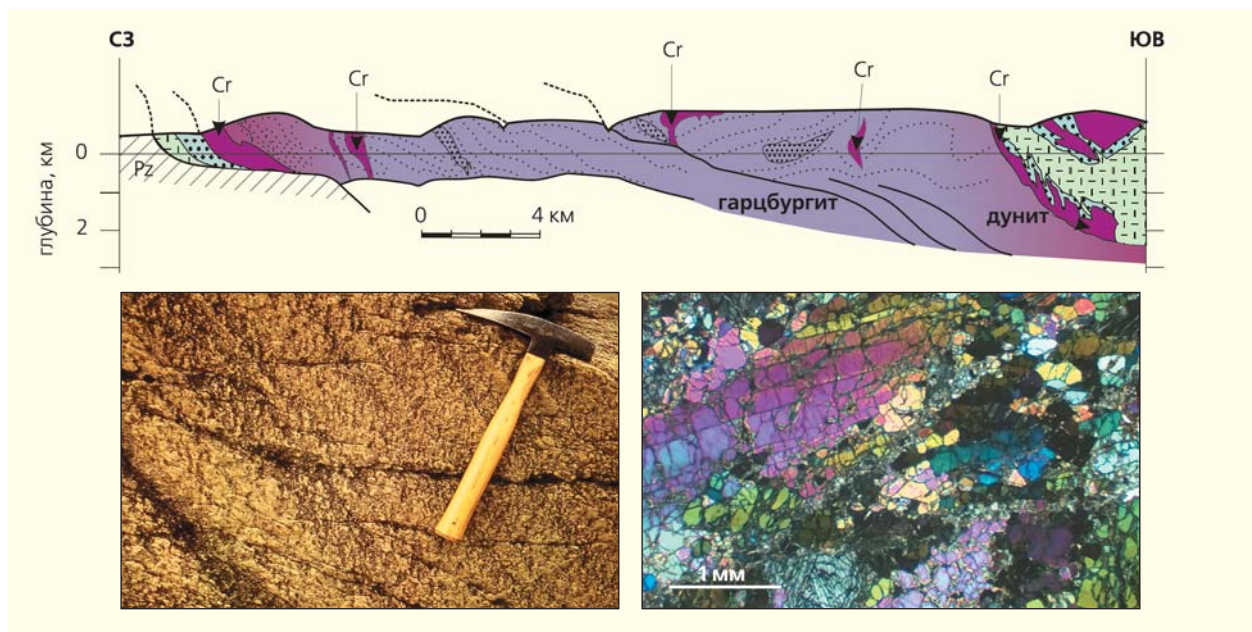
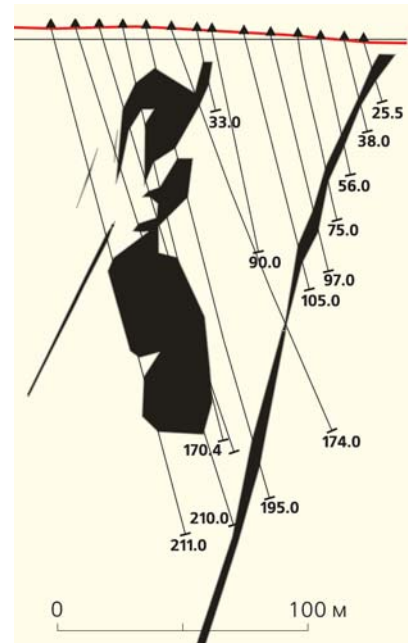


Рис.5. Геологический разрез через Войкаро-Сынынский офиолитовый массив. Буквы Cr указывают на положение хромитового оруденения в мантийном разрезе офиолитов. Мантийные породы — гарцбургиты и дуниты, а также габбро — аналогичны океаническим комплексам пород. На фото: слева — гарцбургит с линейно-плоскостной ориентировкой минералов; справа — микрофотография гарцбургита.



Рис.6. Панорама карьера на месторождении Центральное, массив Райиз (Полярный Урал). Справа — одно из рудных тел хромитового месторождения на массиве Райиз [9]. Форма рудных тел типична для подиформных хромитов.



довольно сложной: движение океанических плит от центра спрединга к активным океаническим окраинам приводит к субдукции — погружению океанической коры под островные дуги. Над погружающейся океанической плитой возникают новые центры спрединга, и мантийные породы опять поднимаются к поверхности. В ходе этих процессов и происходит формирование подиформных хромитов — рудных тел со сложной конфигурацией, разнообразным положением в структуре массивов и с большими вариациями состава и структуры руд.

Месторождения хромитов подиформного типа есть в офиолитовых массивах Урала, Северного Китая, Монголии, Средиземноморья, Ирана, Тибета и западной окраины Тихого океана. Все они представляют собой фрагменты океанической коры разного возраста: палеозойского (Урал, 540—360 млн лет), мезозойского (Албания, Греция, Турция, Куба, 250—125 млн лет), кайнозойского (Филиппины, Новая Каледония, 40—25 млн лет) [7—11].

Руды подиформного типа отличаются от стратиформных месторождений не только сложной формой и часто труднопредсказуемой локализацией внутри массива, но и вариациями состава: от высокохромистых до глиноземистых. Величина хромистости хромшпинелида определяется соотношением окислов — 100 ($\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$). К высокохромистым относятся руды, в которых эта величина более 70, а к низкохромистым — в которых она всегда менее 60.

В уральских офиолитовых массивах подиформные хромиты представлены разнообразными по масштабу и составу месторождениями и рудопроявлениями. Среди них крупнейшие в мире

месторождения этого типа — Кемпирсай на Южном Урале (Казахстан) и Райиз на Полярном Урале (Россия) [9, 10].

Посмотрим на общие черты месторождений хромитов подиформного типа.

Руды залегают в породах мантийного комплекса офиолитов: в дунитах (породах, на 98—99% состоящих из магнезиального оливина) среди гарцбургитов (состоящих на 70—80% из оливина и на 20—30% из пироксена — магнезиального силиката с примесью кальция, алюминия и хрома). Эти породы обладают структурами горячего твердопластического течения: линейно-плоскостной и полосчатой ориентировкой минералов (рис.5, врезки).

Форма рудных тел разнообразна: неправильная линзовидная с плавно-извилистыми или резко угловатыми границами, жило- и дайкообразная (рис.6). Практически всегда хромиты отделены от гарцбургитов оболочкой дунитов. Иногда хромиты образуют серии кулисовидных пропластков-полос.

Текстуры и структуры хромитов чрезвычайно разнообразны (рис.7), химический состав их также широко варьирует даже в пределах одного массива. В рудном минерале высокохромистых руд содержится 46—60% Cr_2O_3 и 8—13% Al_2O_3 , а в высокоглиноземистых рудах — 27—45% и 21—37% соответственно.

Необычен и минеральный состав подиформных хромитов. В них встречаются циркон, сфалерит, апатит — минералы, характеризующие базитовые магмы, но не мантийный ультрабазитовый рестит (тугоплавкий остаток от древнего частичного плавления мантии) [12]. Присутствие этих минералов объясняется реакцией базитовых рас-

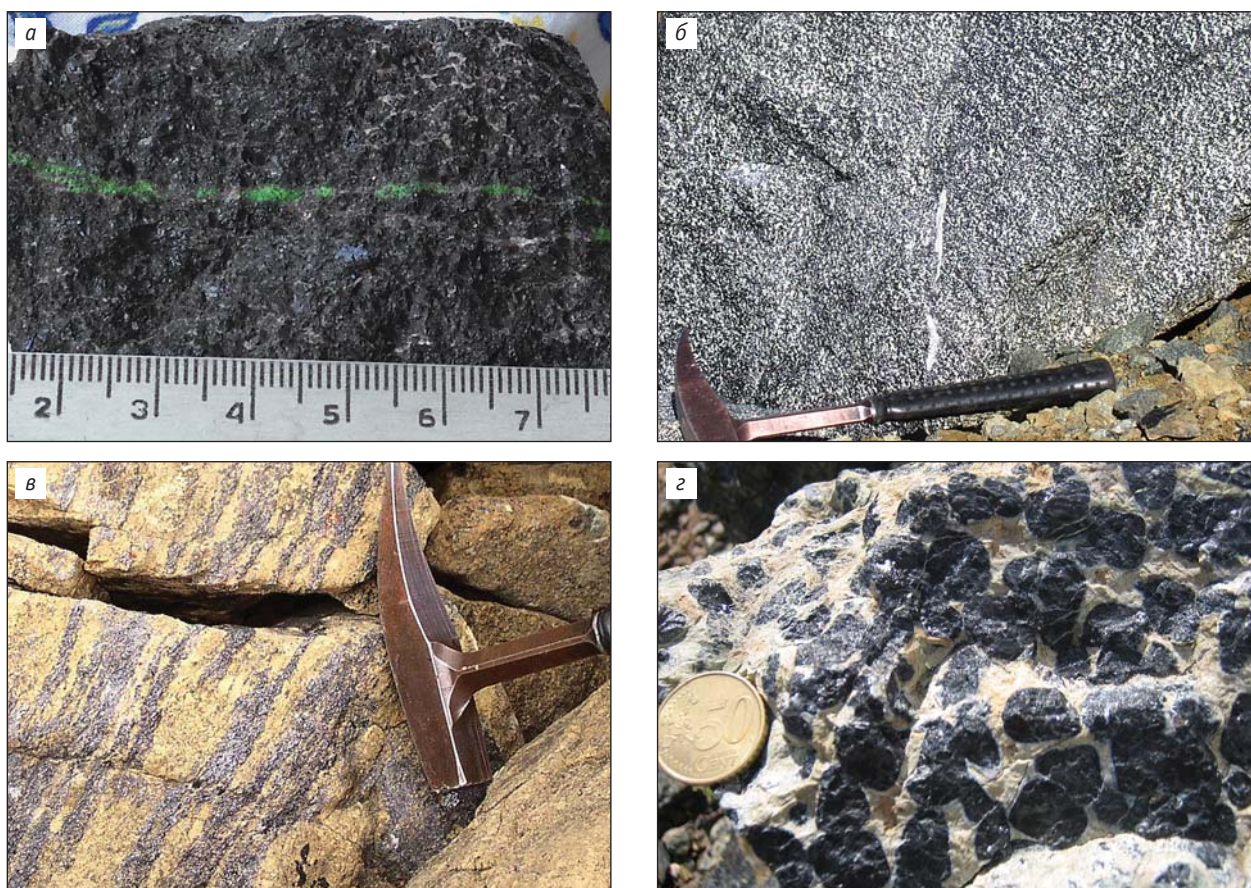


Рис.7. Структуры хромитов подиформных месторождений: *а* — массивная, зеленая жилка — уваровит (хромовый гранат); *б* — густовкрапленная рябчиковая, *в* — вкрапленно-полосчатая, *г* — нодулярная. Минералы черного цвета — хромшпинелиды, серого и светло-желтого — силикаты (в основном оливин и серпентин по оливину).

плавов с вмещающими перидотитами. Кроме того, появляется все больше сведений о находках в хромитах исключительно высокобарических минералов, таких как алмаз, коэсит, муассонит, твердые растворы титана и вольфрама, а также новые минералы (например, описанные в хромитах массива Лубуса на Тибете) [7, 13]. Эти находки говорят о больших глубинах источника магм.

Рудообразование в мантии

Все базитовые расплавы приходят из мантии, но в одном случае они поднимаются в кору и там формируют хромовые руды (стратиформный тип), а в другом взаимодействуют с мантийным веществом на глубине, ниже границы Мохоровичича — раздела земной коры и верхней мантии (здесь образуются хромовые руды подиформного типа). Состав расплавов, формирующих базиты офиолитовой ассоциации, относится либо к толеитам, которые аналогичны базальтам срединно-океанических хребтов, либо к бонинитам, распространенным в надсубдукционных обстановках.

Общая картина размещения хромитовых залежей в мантийном разрезе офиолитов достаточно условна, поскольку месторождения подиформного типа, как мы уже говорили, характеризуются сложной формой и часто труднопредсказуемой локализацией внутри массива. Для прогноза и поисков этого типа руд используют некие эмпирические данные — такие, как пространственное соотношение рудных тел и хромитонесных дунитов со структурами пластического течения в гарцбургитах (рис.8), положение рудных тел относительно петрологической границы Мохоровичича; положение рудных тел относительно границы существенно гарцбургитовой и лерцолитовой частей мантийного разреза.

Значительные различия в морфологии рудных тел, текстуре и составе самих руд, существующие даже в пределах одного массива, очевидно, отражают вариации процессов и физико-химических условий рудообразования. Например, рудные скопления могли возникнуть при кристаллизации хромшпинелида как из расплава, отделяющегося при частичном плавлении мантийных перидотитов, или из расплава, мигрирующего сквозь пери-

дотиты, так и при взаимодействии глубинного расплава с гарцбургитами, испытывающими высокотемпературные твердопластические деформации. Таким образом, сведения о положении хромитов в мантийном разрезе, их структуре и составе ложатся в основу представлений о процессах образования хромитов. По этим признакам выделяются следующие типы руд.

Массивные и нодулярные хромиты образуют линзы и жилы в гарцбургитах, в 200–500 м ниже петрологической границы Мохо. Рудные тела размером в несколько десятков метров залегают согласно с вмещающими породами, нередко в осевой части складок или флексур. От гарцбургитов их отделяет оболочка дунитов шириной от нескольких сантиметров до 2–3 м. Руды содержат 70–90% крупнозернистого хромшпинелида (величина хромистости составляет 43–55, содержание TiO_2 — 0.36–0.50%), 10–20% серпентинизированного оливина и до 10% диопсида.

Густовкрапленные средне- и мелкозернистые хромиты формируют жилы и трубообразные структуры в дунитах в центральной части мантийного разреза. Как правило, рудные тела встречаются на периферии дунитов, залегая согласно с ними и несогласно с гарцбургитовой полосчатостью (рис.8, врезка 2). Руды на 70–85% состоят из хромшпинелида (величина хромистости составляет 50–56, содержание TiO_2 = 0.24–0.30%) и на 15–30% — из серпентинизированного оливина.

Вкрапленные хромитовые руды (рис.8, врезка 1) формируют пластообразные полосчатые тела в дунитах вблизи границы с породами полосчатого дунит-верлит-пироксенитового комплекса (границы Мохо). Для них характерна значительная протяженность тел — до 1.5 км при мощности в несколько метров. Количественное соотношение хромшпинелида и силикатов меняется от 80/20 до 10/90. Пространственная ориентировка хромитовых полос параллельна границе Мохо. Состав хромшпинелида изменяется в следующих пределах: величина хромистости варьирует от 65 до 84, а содержание TiO_2 — от 0.14 до 0.29%.

Массивные, густовкрапленные, мелконодулярные хромиты образуют серии линзовидных, пластообразных и жильных тел в перекристаллизованных дунитах, которые присутствуют в нижней и центральной частях мантийного разреза. В ряде случаев установлено присутствие шпинелевых лерцолитов в тесной ассоциации с гарцбургитами. По сути, наблюдается сложное чередование дунитов, гарцбургитов и лерцолитов (рис.8, врезка 3). Очень разнообразная, неправильная форма хромитовых тел осложнена многостадийными пластическими, хрупко-пластическими и хрупкими деформациями. Соотношение хромшпинелида и силикатов здесь составляет не менее 70/30. Хромшпинелид имеет наиболее высокохромистый, высокомагнезиальный состав (величина хромистости составляет 72–83, а содержание

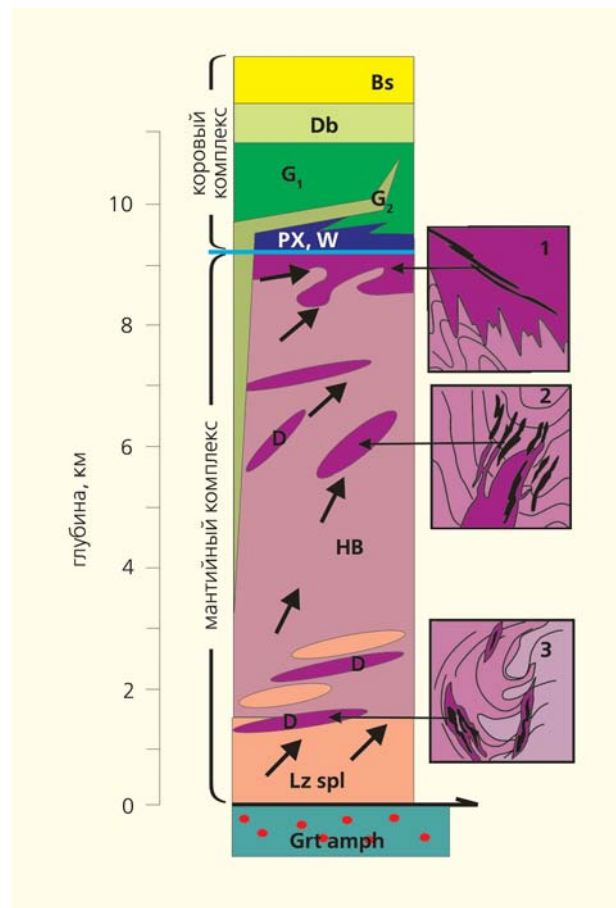


Рис.8. Положение подформных хромитов в разрезе офиолитов. На врезках показано соотношение рудных тел и рудовмещающих дунитов со структурами субсолидусного мантийного течения в гарцбургитах [10]. Буквенные индексы: Bs — базальты, Db — диабазы (долериты), G₁ — габбронориты ранней фазы, G₂ — габброиды поздней фазы, D — дуниты, HB — гарцбургиты, Lz spl — лерцолиты шпинелевые, Grt amph — гранатовые амфиболиты в подошве аллохтонов. На врезке 1 показаны вкрапленные руды, на врезке 2 — густо вкрапленные, на врезке 3 — массивные.

TiO_2 = 0.20–0.51%). В этом типе руд распространены минералы группы платины: Os—Ir-твердые растворы, лаурит, ирарсит, эрликманит [10].

На сегодняшний день образование высокохромистых и глиноземистых хромитов в мантийных офиолитах связывается с двумя основными процессами в мантии: частичным плавлением мантийного вещества и взаимодействием мантийного рестила с мигрирующим расплавом. Оба процесса могли происходить на разных глубинах и в разное время при подъеме мантийного диапира в различных геодинамических обстановках [5, 7, 8, 14].

Высокоглиноземистые магнезиальные хромиты, скорее всего, формировались в процессе частичного плавления перидотитов в условиях низкой активности флюида. Рост же магматической

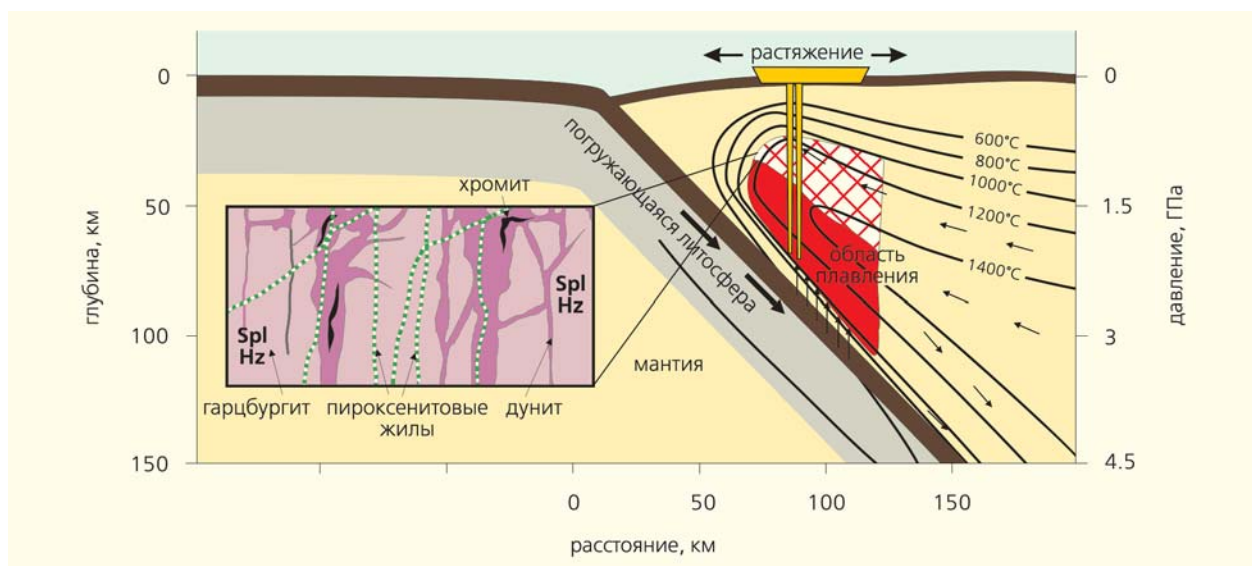


Рис.9. Область плавления мантии (красный цвет) и области взаимодействия образующегося расплава (красная клетка) с тугоплавкими мантийными породами (гарцбургитами) применительно к модели надсубдукционной геодинамической обстановки [15]. На врезке показан вертикальный разрез реального геологического обнажения на Полярном Урале — жилы дунитов с телами подиформных хромитов и жилы пироксенитов, секущие гарцбургиты. Фото внизу: *а* — жилы дунитов в гарцбургитах, *б* — дуниты нескольких поколений, вмещающие и рассекающие хромиты; *в* — зональная жила пироксенитов в гарцбургитах.

и флюидной активности выразился в кристаллизации высокохромистых низкомагнезиальных хромитов в крупных дунитовых телах среди гарцбургитов вблизи границы Мохо. Не исключено также, что подобные хромиты образовывались при реакции перидотитов с мигрирующими расплавами толеитового состава.

Следующие события происходили в мантии над зоной субдукции (рис.9) [15]. Там проходила реакция расплав—реститовый перидотит, или гарцбургит. Расплав в этом случае имел состав бонинитовых магм, чрезвычайно характерных для надсубдукционных обстановок. Такие вы-

сокомагнезиальные расплавы, относительно богатые хромом, приходят с больших глубин. При их реакции с перидотитами происходило образование дунитов, содержащих высокохромистые магнезиальные хромиты. В том случае, если перидотиты были истощены базальтоидными компонентами, дополнительным источником хрома могли служить также пироксены пород, взаимодействующих с расплавом. Реакция расплав—перидотит происходила на фоне пластических и хрупко-пластических деформаций перидотита при возрастании концентрации летучих компонентов. Результат такой реакции — образо-

вание дунитов, вмещающих высокохромистые магнезиальные металлургические хромиты.

* * *

В заключение мы хотим подчеркнуть, что все крупные и гигантские хромитоносные массивы формировались только в древнюю эпоху развития Земли — в архее и раннем протерозое (не позже 2 млрд лет назад). Расслоенные магматические интрузии образовывались и в более поздние эпохи, но в них хромитов уже не было. Месторождения хрома моложе 800 млн лет [6] стали находить исключительно (!) в мантийных породах офиолитовой ассоциации, которые представляют собой тугоплавкий респит от древнего частичного плавления мантии, но сами никогда не были расплавом. Расплавы приходили из глубин мантии и реагировали с таким тугоплавким респитом на разных глубинах и в разных геодинамических обстановках. Состав расплавов был различным, но все-

гда базитовым (типа нормальных океанических базальтов или высокомагнезиальных бонинитов). Сами руды становились контрастными по составу, и потому смогли появиться крупные месторождения высокохромистых металлургических руд.

Прогноз и обоснование локальных структурных критериев при поиске хромитовых руд (положение рудных тел по отношению к мантийным деформационным структурам и критическим горизонталом) обязательно потребуют оценить роль взаимодействия респит—расплав (флюид) в образовании рудовмещающих пород и самих руд хромитов и выявить связь между процессами транспортировки расплавов и образованием подформных хромитов. Определение возраста процессов рудообразования новыми высокоточными методами U—Pb- и Re—Os-изотопии и применение минералого-геохимического анализа руд приблизит нас к пониманию эволюции мантийного вещества и законов локализации руд. ■

Литература

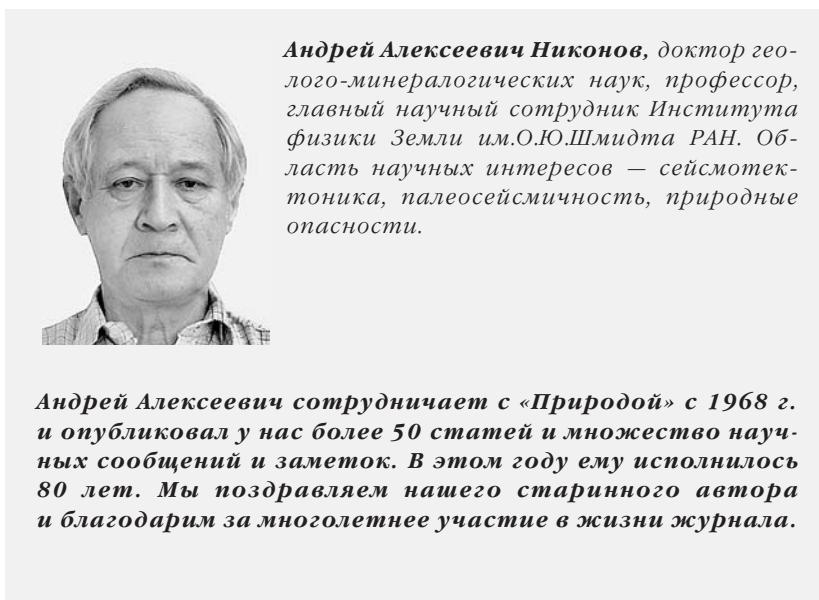
1. *Ходина М.А.* Хромовые руды // Состояние и использование минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации / Гл. ред. С.Е.Донской. М., 2010. С.123—131.
2. Mineral commodity summaries 2012. U.S. Geological Survey. Reston, 2012.
3. *Schulte R.F., Taylor R.D., Piatak N.M., Seal II R.R.* Stratiform Chromite Deposit Model // U.S. Department of the Interior. U.S. Geological Survey Open-File Report. Reston, 2010. P.1—7.
4. *Eales H.V., Cawthorn R.G.* The Bushveld Complex // Layered intrusions / Ed. R.G.Cawthorn. Amsterdam, 1996. P.181—229.
5. *Thayer T.P.* Principal features and origin of podiform chromite deposits, and some observations on the Guleman-Soridag District // Turkey Economic Geology. 1964. V.59. №8.
6. *Stowe C.W.* Compositions and tectonic settings of chromite deposits through time // Economic Geology. 1994. V.89. №3. P.528—546.
7. *Robinson P.T., Zhou M.-F., Malpas J., Bai W.-J.* Podiform chromitites: their composition, origin and tectonic setting // Episodes. 1997. V.20. P.247—252.
8. *Leblanc M., Ceuleneer G.* Chromite crystallisation in a multi-cellular magma flow: Evidence from a chromite dyke in the Oman ophiolite // Litos. 1992. V.27. P.231—257.
9. *Павлов Н.В., Кравченко Г.Г., Чупрынина И.И.* Хромиты Кемпирсайского плутона. М., 1968.
10. *Кениг В.В., Лукин А.М., Овечкин А.А., Перевозчиков Б.В.* Хромитовые месторождения массива Райиз (Полярный Урал) // Полярный Урал — стратегия освоения: Тр. II Полярно-Уральской научно-практической конференции / Ред. И.И.Левинзон, А.М.Брехунцов. Тюмень; Салехард, 2004. С.74—83.
11. *Савельева Г.Н., Савельев А.А.* Хромиты в структуре офиолитовых ультрабазитов Урала // Геотектоника. 1991. №3. С.47—58.
12. *Савельева Г.Н., Соболев А.А., Батанова В.Г. и др.* Структура каналов течения расплавов в мантии // Геотектоника. 2008. №6. С.25—45.
13. *Zhou M.-F., Robinson P.T., Malpas J., Li Z.* Podiform chromitites in the Luobusa ophiolite (Southern Tibet): implications for melt-rock interaction and chromite segregation in the upper mantle // Journal of Petrology. 1996. V.37. P.3—21.
14. *Zhou M.F., Robinson P.* Origin and tectonic environment of podiform chromite deposits // Economic geology. 1997. №92. P.259—262.
15. *Batanova V., Belousov I., Savelieva G., Sobolev A.* Consequences of channelised and diffuse melt transport in supra-subduction mantle: evidence from Voykar ophiolite (Polar Urals) // Journal of Petrology. 2011. V.52. №12. P.2483—2521.

Ялтинское землетрясение XV века

А.А.Никонов

Крымский регион считается специалистами сейсмически активным и достаточно опасным, хотя разрушительные землетрясения случаются там редко. В 1927 г. два сильных события причинили немало беспокойств и вызвали значительные повреждения на Южном берегу [1–3]. Ныне в каталогах сейсмическая история Крыма отражена достаточно полно за последние 2.5 тыс. лет, т.е. со времени заселения крымских побережий древними греками. История эта показательна и поучительна. И именно на ней основываются новые варианты карт сейсмического районирования и оценки сейсмической опасности региона в долговременном аспекте. Если говорить о Ялтинском очаге (одном из нескольких наиболее значимых в Крыму), то землетрясение 11 сентября 1927 г. оказывается вовсе не самым сильным, известным в этой зоне. Были события и посерьезнее. Только знаем мы о них по понятным причинам несравненно хуже. А знать каждое отдельное землетрясение и его место в сейсмической «табели о рангах» необходимо. Особенно если речь идет о событиях сильнейших. Вот почему обращение к одному из них оправданно и актуально.

Землетрясение XV в. до сих пор не было объектом специального исследования, хотя значимость его в разных аспектах



Андрей Алексеевич Никонов, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник Института физики Земли им.О.Ю.Шмидта РАН. Область научных интересов — сейсмология, палеосейсмичность, природные опасности.

Андрей Алексеевич сотрудничает с «Природой» с 1968 г. и опубликовал у нас более 50 статей и множество научных сообщений и заметок. В этом году ему исполнилось 80 лет. Мы поздравляем нашего старинного автора и благодарим за многолетнее участие в жизни журнала.

исключительно велика. В базовом каталоге [4] мы находим следующие его параметры: дата — 9 сентября 1471 г., координаты — 44.3°с.ш., 34.3°в.д. ($\pm 0.5^\circ$), интенсивность — 7–8(± 1) баллов. В качестве источников указаны каталоги М.В.Смирнова [5] и С.В.Медведева и Р.Н.Морозовой [6]. Последние авторы приводят только дату и упоминают об обрушении «горы с крепостицей» у Ялтинского мыса. Ни в одном из других источников, на которые они ссылаются [4], сведения в первичном виде не приводятся, а дается лишь их краткое изложение. Мотивы отнесения землетрясения к 9 сентября 1471 г. остаются неизвестными. В первых сообщениях, отстоящих от события на сотни лет [7, 8], говорится лишь о XV в.

Археологи, хотя и обнаруживали признаки разрушения поселений на Ялтинско-Алуштинском участке Крымского Южного бережья и знали о крупных нарушениях склонов, не рассматривали сейсмическое воздействие в качестве причины разрушений. Получается, что событие включено в каталог и параметризовано на весьма скудных и шатких основаниях.

О землетрясении давностью в несколько столетий можно судить по нескольким независимым группам источников: по письменным упоминаниям, фольклорным сведениям, материалам археологических раскопок и геолого-геоморфологическим свидетельствам.

Письменные сведения

В русской литературе упоминания о сейсмическом событии впервые появились в обширной книге П.И.Сумарокова после его путешествия по Крыму в 1802 г. Всего две фразы: «Ялта. Случившееся в исходе XV в. землетрясение обрушило крепость, гору, и уstraшенные жители разошлись из оной в другие селения. Опустение ее продолжалось почти 70 лет, как Греки вообще с Армянами паки ее возобновили» [8. С.203].

Автор, известный литератор, человек весьма образованный и пытливый, в данном случае не указал источник полученных им сведений. Маловероятно, чтобы они были почерпнуты из книг, остается полагать, что он услышал их от местных жителей. Во всяком случае в других местах книги Сумароков неоднократно ссылается на рассказы встречавшихся ему местных образованных людей, которых он специально расспрашивал. Русский язык в Крыму еще не был распространен, в основном путешественнику приходилось общаться с татарами, его постоянно сопровождал толмач. Память о землетрясении еще сохранялась у местных жителей. Но, конечно, указанное время события — *конец XV в.* — нельзя принимать как надежную датировку.

Но само по себе сохранение памяти о событии, произошедшем свыше 350 лет назад, заставляет считать его событием экстраординарным. Предположение о более раннем, чем *конец XV в.*, времени косвенно подкрепляется словами того же Сумарокова о том, что после перехода Крыма во власть турок (1475) Ялта «всегда оставалась значащим и укрепленным местечком» [8. С.202]. Отсюда следует, что разрушение ее землетрясением могло произойти не менее чем за 70 лет до их завоевания Крыма, т.е. в начале XV в. Если опираться на сведения Сумарокова, то резонно заключить, что землетрясение было очень сильным и имело очаг примерно там же, где и событие XX в., т.е. под морским дном к югу от современной Ялты.

О Ялтинском землетрясении кратко упоминал и польский путешественник XIX в. Е.Хоецки [7] со ссылкой на хроники и местные издания, которые до нас не дошли. Известно только, что они были связаны с борьбой генуэзцев с местными правителями княжества Феодоро и греческим населением Каламиты (Инкермана) и Чембало (Балаклавы) [5, 9]. В дошедших до нас генуэзских документах (архив

в Венеции сохранился и изучен) упоминаний о землетрясении не содержится. Поскольку генуэзцы стали хозяевами в юго-западном Крыму уже в 1434 г., можно полагать, что сейсмическое событие предшествовало этой дате.

Фольклорные сведения

Мне удалось обнаружить три независимых фольклорных источника, повествующих, по-видимому, об одном и том же выдающемся событии. Наиболее полны сведения из легенды об Аю-Даге (Медведь-горе), записанной еще в конце XIX в.

«Вот что передавали нам о горе Аюдаг наши деды, а им их деды и прадеды — греки, *несколько сотен лет тому назад* [Здесь и далее курсив мой. — А.Н.] жившие там, где мы сейчас живем с нашими детьми и внуками. Когда-то давным-давно, в стародавние времена, по всему крымскому побережью жили не люди, а некое племя джинов. Тяжела и сурова была их жизнь в *дикой горной стране...* верны они были заветам и учению Аллаха, возносили к нему молитвы и повиновались указаниям Пророка... И признали джины своим Пророком хитрого, враждебного Аллаху Иблиса, и поклонялись ему...

Пришлось Аллаху Пророку тайком и с великим трудом вырваться из вражеских рук Иблиса и спастись бегством из селений джинов в глухие горные леса...

Освобожденный от цепей и льдов Великий Медведь, грозный мститель Аллаха, быстро поплыл по широким морям и приблизился к берегу Крыма, к стране племени джинов. В том месте, где *близ мыса Сарыч* лежала первая *деревня* джинов — *Форос* и начиналась страна этих отступников от Аллаха, там Великий Медведь подплыл к берегу, вышел из глубоких вод морских и поднялся на сушу, обнаруживая все свое огромное тело.

И поднялись от выхода Медведя из воды такие *великие волны* у всего крымского побережья, что *много погибло джинов*, бывших у берега, и *несколько прибрежных деревень были начисто смыты*. Вышел на сушу мститель Аллаха Великий Медведь и двинулся по стране джинов *вдоль берега*. Своей великой грузной тяжестью он *все разрушал на своем пути*, страшные лапы его раздавливали все, что под них попадало — живое и неживое, *леса, стада и целые деревни*. Острые могучие когти взрывали землю огромными бо-



Обложка репринта книги известного собирателя легенд Крыма Никанора Маркса, изданной тремя выпусками: в 1913, 1915 гг. (в Москве) и в 1917 г. (в Одессе).



Вид на гору Аю-Даг с востока. Старинная открытка.

роздами, оставляя после себя ряды глубоких оврагов и ущелий. Под великим грузом медвежьего тела поползла грозными оползнями земля со склонов Крымских гор, бывших до этого мягкими и округлыми, и обнажились, как кости из-под мяса, твердые крутые каменные недра. Но и камень не устоял под небывалым грузом, и рушились с великим громом скалы и целые горы, рассыпая далеко вокруг себя груды осколков, погребая под собой дома и селения несчастных джиннов. Дрожала и стонала прибрежная страна, рушились деревни, мгновенно изменялось лицо гор, вырастали острые отвесные скалы, менялись под тяжестью твердые земные слои, ложась в причудливые складки. И гибло племя джиннов от мала до велика, и никто не оставался в живых. А в тех местах, где особенно велика была непокорность джиннов Аллаху, где особенно почитались враждебные ему учения, там разъяренный мстительным гневом Великий Медведь пускал в ход всю могучую силу своих когтей, грозными ударами рыл землю, ломал и крушил скалы, низвергая целые горы, оставляя после себя грозные груды дико нагроможденных друг на друга камней. Их и сейчас увидишь в Алушке, Симеизе, Ореанде, Кучук-Кое.

Ни жалостные вопли гибнущих джиннов, ни крики детей, ни мольбы матерей не могли остановить разъяренного мстительного зверя.

Опьяненный своей неотразимой мощью, он со все большей силой продолжал свое разрушитель-

ное дело. На том месте, где ныне простирается долина города Ялты, стояли в то время главные храмы джиннов, и служили Иблису самые высокие жрецы, его самые близкие сподвижники. Тут ярость Великого Медведя дошла до крайних пределов, постарался он совсем искоренить богохульную местность, чтобы она всякое сходство потеряла с прежним своим видом. Он нажимал могучими боками, ударял и напирал тяжкими лапами, разъяренно рыл и ломал неумолимыми когтями. И отодвинулись высокие горы дальше от берега, обнаружив скалистые недра и обступив большим кругом провинившееся место; образовались глубокие долины и широкая котловина там, где прежде стояли высокие холмы и пологие скалы. И следов не осталось от былых капищ врага Аллаха Иблиса и его жрецов.

И все же по воле своего повелителя продолжал он свой разрушительный путь вдоль побережья, уничтожая и ломая все по дороге. Но сила и ярость его были уже не те. Так добрался он до того места, где глазам его открылась цветущая и приветливая Парthenитская долина, ласкающая взор милovidными холмами, роскошными садами, благоуханием цветов, сочной зеленью лугов, тяжелыми гроздьями богатых виноградников и милovidной нашей деревней Парthenит.

...Аллах стал призывать Великого Медведя выйти из моря и продолжить свой путь, разрушить Парthenитскую долину, уничтожить деревню,

пойти дальше по берегу. Не терпело его мстительное сердце такого промедления. Но не слушал Медведь понуканий Аллаха...» [10. С.228—234].

В тексте легенды мы находим все признаки сейсмической катастрофы и цунами необычайного масштаба на Южном берегу Крыма: сплошные разрушения поселений, срывы и оползни на склонах, обвалы и камнепады, крупные изменения рельефа, последующие толчки (афтершоки).

Показательны в легенде и признаки сопровождающих сильное землетрясение явлений, таких как «великие волны» (цунами), «огромные борозды, овраги и ущелья» на склонах (оползни и оплывины), обрушение скал и «целых гор» (скальные обвалы). Вся их совокупность типична для очень сильного землетрясения в прибрежной зоне, и именно сейсмическое их происхождение не вызывает сомнения, хотя само землетрясение в легенде не называется. Это понятно, поскольку перечисленные события, тем более в совокупности, производили на людей более ужасное впечатление, чем собственно сотрясение земли. И не только аромат, но и смысл легенды пропал бы, будь естественное явление названо.

Попробуем выделить и отдельно локализовать признаки самого землетрясения, склоновых нарушений и цунами, чего ранее не делалось [9]. О сотрясениях свидетельствуют выражения: «дрожала и стонала прибрежная страна», «рушились деревни», «никто не оставался в живых», разрушитель «ударял и напирал». Все это происходило по побережью от деревни Форос на западе до Партенитской долины на востоке и с особой силой проявилось вблизи Ялты, где ярость «зверя» «дошла до крайних пределов». Разрушения охватили все Южнобережье — от Фороса до горы Аю-Даг включительно. Здесь ориентировочно (по ограниченным признакам) можно принять силу сотрясений от 7—8 баллов у Фороса (где о разрушениях не сообщается) до 8—9 баллов восточнее («рушились деревни») и до 9 баллов у Ялты. За горой Аю-Даг в Партенитской долине «ярость» стала уже не та, и Аллаху пришлось побуждать медведя уничтожать деревни, но тот этого делать не стал. В Партенитской долине сотрясения, видимо, не превышали 8 баллов.

Характер и степень разрушений склонов, несомненно, вызванных землетрясением, еще более показательны. Огромные борозды, ряды глубоких «оврагов и ущелий» — следы оползней рыхлого материала на склонах, о чем в легенде сказано недвусмысленно: «...поползла грозными оползнями земля». Это отмечается восточнее Фороса. Там же (или, скорее, еще восточнее) «рушились скалы и целые горы», «вырастали острые отвесные скалы», т.е. происходили скальные обвалы и склоновые нарушения (сейсмогравитационные деформации), которые «и сейчас увидишь» в Алушке, Ореанде, Симеизе, Кучук-Кое. Речь идет о «грозных грудах дико нагроможденных друг на друга



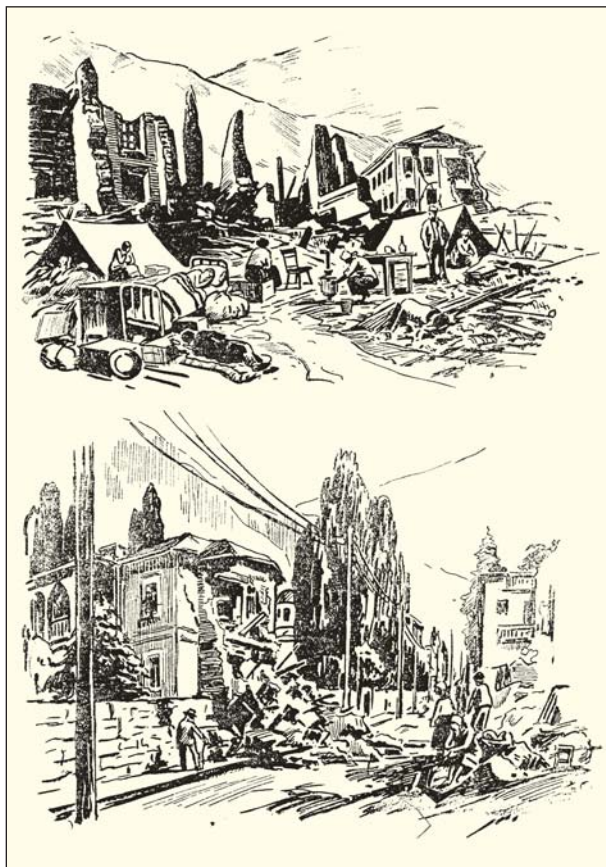
Алуштинская долина. Видны массовые скальные обвалы.

камней». Ныне такие развалы, называемые «каменными хаосами», хорошо известны, однако пока неясно, какие из них следует относить к рассматриваемому событию.

В долине Ялты разрушения продолжались «с еще большей силой» — зверь старался «совсем искоренить... местность». И «отодвинулись горы от берега... образовались глубокие долины и кот-



Горный обвал вблизи Ореанды в результате Ялтинского землетрясения в сентябре 1927 г.



На улицах Ялты после землетрясения 11 сентября 1927 г. Малоизвестные наброски с натуры художника М.Я.Мизернюка.

ловина там, где прежде стояли высокие холмы и пологие скаты». Подобные нарушения рельефа (если воспринимать их в прямом смысле) в современной макросейсмической шкале относятся к землетрясениям интенсивностью 10 баллов.

В общем, и по признакам самих сотрясений, и по характеру склоновых нарушений определенно устанавливается увеличение силы толчков от Фороса к востоку, с максимумом вблизи Ялты.

Интересно, что при землетрясении 11 сентября 1927 г. самые сильные сотрясения возникли на том же участке. Но тогда сила максимальных сотрясений (и то вдоль узкой и малопротяженной полосы берега) не превышала 8 баллов. Несравненно более слабыми оказались и склоновые нарушения вдоль южного берега [3, 11].

А что говорит легенда о времени возникновения события?

«Власть» Аллаха распространилась на крымской земле только после завоевания ее ханом Едигеем, в 1399 г. «Власть» эта до середины — второй половины XV в. охватывала степные районы и частично южный берег, но не район Каффы на востоке и Чембало, Мангуп на западе. Там до 1446 г. хозяйничали генуэзцы.

В легенде говорится, что «прошло много веков», прежде чем поблизости появились деревни, да и основывали их поодаль: «боялись медведя». Опасение поселиться заново на полностью разрушенной и с преобразованным рельефом территории также свидетельствует об огромной силе события и, соответственно, длительной памяти об исключительном бедствии. По другим сведениям мы знаем, что жители ушли из района Ялты и он опустел на 70 лет [8]. В 1927 г. при сотрясениях 7–8 баллов из приэпицентральной зоны бежали только курортники, а местные жители свои дома не покинули.

До времени записи легенды (XIX в.) прошло несколько столетий, ибо ее передавали местным грекам «деды, а им их деды и прадеды». Других сильных сейсмических событий между XV в. и 1927 г. вблизи Ялты не возникало.

Итак, содержащиеся в предании признаки убеждают, что (при)эпицентральной область землетрясения XV в. располагалась вблизи Ялты, интенсивность события на этом участке достигала 9–10 баллов, снижаясь к востоку и западу, а временной интервал, видимо, приходится на XV в.

Другое, опубликованное в 1883 г. алуштинское предание называется «Демержинская статуя», и события, в нем отраженные, локализируются достаточно точно. Оно повествует о некоем дервише, «славном святостью жизни и великими чудесами», который прибыл в Алушту «в то злополучное время, когда в Крымском ханстве начались первые смуты и неурядицы по приказаниям турецкого правительства». По просьбе местных беев и мурз дервиш согласился поведать им при всенародной молитве, что ждет ханство в будущем.

«Дервиш выступил вперед и, подняв глаза к небу, начал нашептывать какие-то таинственные слова. Не прошло и десяти минут — как раздался страшный *подземный удар*, от которого *взбуршилось и закипело море*. Женщины и дети *выбежали из домов своих* и с *отчаянными криками* призывали мужей и отцов. Молившиеся с трепетом пали ниц. Дервиш возвысил голос. Последовал *второй, более сильный удар*, от которого *многие постройки разрушились*. Но когда святой начал вертеться и вдруг рухнул на землю — *все окрестные горы запрыгали* на основании своем, а Демержинская скала покрылась густым черным дымом. Мрачное облако это исчезло только тогда, когда дервиш снова поднялся на ноги. Но каково же было изумление народа, когда на оконечности этой скалы точно *вырвалась из земли каменная фигура* в образе женщины» [10. С.297].

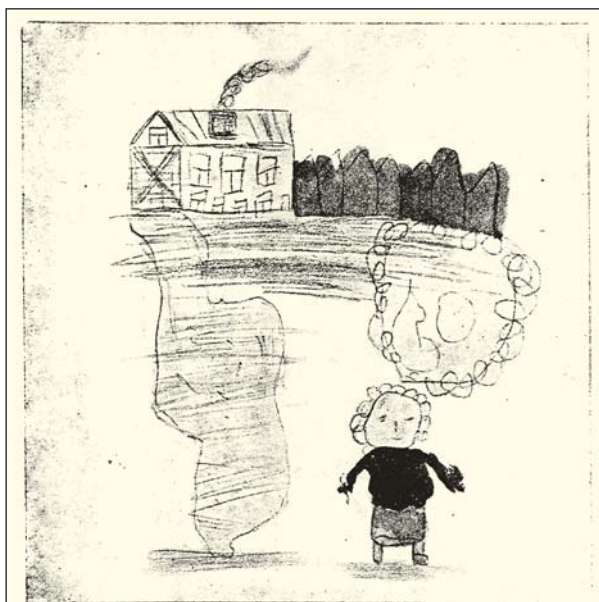
Сравнивая это предание с татарским сказанием о медведе, трудно усомниться, что они имеют разные источники, хотя повествуют (каждое по своему) о реальных чертах сильного землетрясения. Если татарская легенда сообщает сведения об общей картине, последовательности и пространственном распределении событий, то предание

о дервише говорит о событиях в конкретном месте и в определенной последовательности.

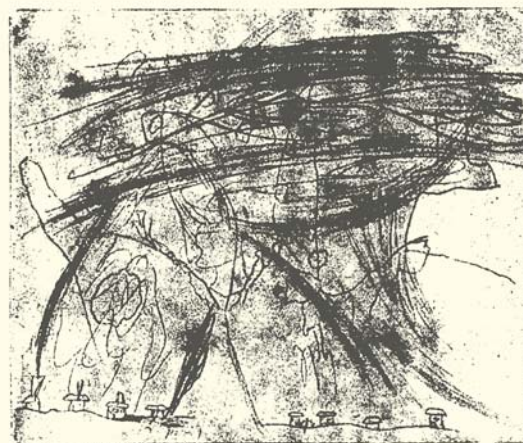
Дополнительные основания доверять преданию дают и характеристики местности, приведенные путешественниками. Например: «...небольшая деревня [которая] была некогда Ялита, известная в древности обширною торговлей и многолюдством. На крутой горе, у подошвы коей расположена Ялта, видны развалины крепости, разрушенной бывшим в XV в. землетрясением» [12. С.68]. «Вершина одной из ближних к водопаду [Учан-су] гор украшена руинами древней Ялты» [12. С.73]. Вблизи современной Ялты находятся и развалины замка, известные археологам под названием Учансу-Исар [13]. Без сомнения, речь идет о той самой крепости, разрушенной при землетрясении в XV в., о которой писал Сумароков, а позднее — Хоецки.

Замок Учансу-Исар представлял собой огромную башню на труднодоступной скале. Она имела стены 1,5-метровой толщины с узкими окнами-бойницами. Разрушить столь капитальную постройку могло лишь очень сильное, не менее 9 баллов, землетрясение. На прилежащей к скале площадке, а также в русле соседнего ручья и в окружающем ныне развалины парке археологи находили много битой керамики XII—XV вв. [13].

Выделим главные характеристики землетрясения, сохраненные преданием. Прежде всего надо констатировать, что событие состояло по меньшей мере из трех толчков, нараставших по силе и происходивших в течение нескольких минут. Первый «страшный» удар заставил женщин и детей в панике, с воплями покинуть дома (7—8 баллов). Важно, что при этом вздыбилось («взъерошилось») и забурлило («закипело») море (как и при сентябрьском 7—8-балльном землетрясении 1927 г. в том же месте). Прошло несколько минут, в которые молящиеся успели упасть ниц, дервиш — возвысить голос, прежде чем раздался следующий, еще более сильный удар. От него постройки разрушились (вероятно, расшатавшиеся и ослабленные первым ударом). Это, без сомнения, отвечает интенсивности 8 баллов. Прошло еще какое-то время, прежде чем возникло следующее сотрясение. Здесь уже заколебались (толчками, вероятно, вертикальными) «все окрестные горы» (а не только ближайшая Демерджи). Дервиш-пророк сначала вращался, а затем вдруг упал на землю (возможно, сбитый с ног, остальные-то стояли на коленях ниц). Это уже, определенно, 9 баллов. В такие моменты люди уже ничего не различают, кроме того, что у них прямо перед глазами. Далее — как только молящиеся смогли поднять глаза — они обнаружили явления не менее важные, а именно густой черный «дым» (пыль разрушавшихся темноцветных скал) вокруг ближайшей горы Демерджи, которая резко изменила привычный профиль и стала напоминать фигуру женщины. Именно главное сотрясе-



ДОМ ДАЛ ТРЕЩИНУ, КАМНИ ПАДАЮТ С ГОР.
(Нина Т., 6 лет).



ПАДАЮЩИЕ КАМНИ РАЗРУШАЮТ ДОМИКИ КРЕСТЬЯН ПОД ГОРОЙ.
(Володя К., 5 лет).

Рисунки детей, современников землетрясения 1927 г. в Крыму.

ние породило крупный обвал части горы. И это тоже соответствует указанной высокой интенсивности.

Все сообщаемое преданием укладывается в один из достаточно распространенных (в горах и вблизи морского берега) сценариев развития катастрофических землетрясений. Заметим, что предание ни в одном пункте не расходится с татарской легендой о медведе, а лишь конкретизирует ее сведения применительно к алуштинскому участку и горе Демерджи.

Рассказчик в последней трети XIX в. сообщил, что слышал легенду от деда. Значит, она бытовала в начале того века, а события должны были происходить заведомо до 1475 г., когда установилось полное владычество над Крымом Османской империи и о «происках турецкого правительства» уже говорить не приходилось. Формально независимость крымских татар от Золотой Орды объявил Гирей-хан в 1443 (1449) г. [14], но Крымский престол он занял уже в 1428 г., будучи до того ханом крымских орд. Поэтому событие легенды скорее всего могло произойти в первой половине (второй четверти?) XV в.

Две легенды об одном событии. Какая удача! Более того, нашлась и третья, бытовавшая до XIX в. совсем в другом месте — за Крымской грядой в верховьях р. Качи. Предание повествует об огромном чудовище и пастушке-христианке Анастасии, которых засыпало крупным обвалом. Район действия локализован точно, поскольку на месте гибели пастушки вскоре возвели Анастасиевский скит, сохранявшийся до 20-х годов прошлого века. Кроме того, и «византийский» монастырь поблизости также был разрушен в XV в. Силу события в верховьях Качи можно оценить не менее чем в 7—8 баллов (а возможно, и в 8—9).

Подведем итог. Фольклорные сведения, полученные из явно независимых источников, в общем согласуются между собой и дополняют друг друга. Важно также, что в каждом случае время события отстоит от конца XIX в. на несколько сотен лет и вполне вероятно его отодвинуть до XV в., когда разрушительное землетрясение здесь отмечалось в письменных источниках (а другие серьезные события в этот период в Крыму неизвестны).

Археологические материалы

Не имея возможности рассмотреть материалы по всем раскопанным памятникам соответствующего времени в Крыму, ограничимся несколькими, обеспеченными относительно подробной текстовой и графической документацией.

На юго-западе Южного берега между современными пунктами Форос и Симеиз, судя по многочисленным полям керамики, в XIII—XV вв. существовало свыше 30 христианских поселений [15].

На горе Ильяс-Кая (утес Св.Ильи вблизи бухты Ласпи), расположенной на том же гребне 1-й Крымской гряды, имеются явные геолого-геоморфологические признаки сильного землетрясения, хотя и не датированного [16]. Монастырь поблизости считается разрушенным в XIV—XV вв. [17, 18]. Можно фиксировать, что разрушение и комплекса Исар-Кая (исар — средневековое укрепление) связано с сейсмическими явлениями, очаг которых определяется у Южного берега. На участке городища Исар-Кая толчок имел силу не менее

7—8 баллов, а в очаге, вблизи Ялты, еще больше. Безусловно, речь может идти о сильнейшем землетрясении около середины XV в.

На горе Аю-Даг и в ближайших окрестностях (Артек, Фрунзенское, бывший Партезит) археологи давно уже обнаружили разрушенные (в результате землетрясения?) населенные пункты и крепости [13, 19]. Поселения на склонах Аю-Даг уничтожены обвалами в XV в. [17, 20]. Именно сюда помещают крупные обвалы и легенда о Медведь-горе. Иными словами, сведения о разрушенных постройках и крупных нарушениях рельефа из разных источников согласуются и соотносятся с мощным землетрясением XV в.

Обратим внимание на раскопки укрепления Фуны (Демерджинское укрепление) к северу от Алушты. Этот памятник XIV—XV вв. изучался двумя группами археологов. Средневековые развалины расположены у западного подножья горы Демерджи, в 2 км к северу от с. Лучистое на небольшой возвышенности [21]. Комплекс на площади 106×57 м включает остатки оборонительных стен, двухэтажной церкви, домов и могильника. Жилые



Один из разрушенных лестничных маршей на знаменитой «Чертовой лестнице» (Шайтан-Мердвен) поблизости от средневекового укрепления Исар-Кая, где установлены сейсмические разрушения XV в. Зарисовка Л.В.Фирсова. 1967 г.

постройки обнаружены здесь под раскатами каменной соседнего обвала, обрушившегося с Демерджи. Скорее всего, именно об этом обвале повествует алуштинское предание. С места бывшего поселения открывается полный вид на Алуштинскую долину и морское побережье — точно, как указано в легенде, обвальное тело покрывает весь восточный склон возвышенности с поселением. Собранные в теле завала культурные остатки датируются XIII—XV вв. [21]. Кроме того, под полом церкви была обнаружена серебряная монета XV в. Археологи полагают, что «крепость просуществовала вплоть до последней четверти XV в. — до вторжения турок и завоевания ими всего княжества Феодоро. Затем оборонительные сооружения Демерджинской крепости, по-видимому, частично разрушенные турками, постепенно пришли в упадок» [21. С.115]. Но такое толкование совершенно не учитывает свидетельства о разрушительном землетрясении XV в. Предложенная археологами трактовка входит в противоречие с теми же установленным фактом перекрытия разных частей комплекса обвальным телом (в его периферической части). Этот факт, несомненно, определяет причинную связь гибели поселения с обвалом. А сам обвал (как мы знаем из алуштинского предания) был инициирован сильнейшим землетрясением. Тем не менее исследования археологов подтвердили отнесение обвала, а следовательно, и землетрясения к XV в. Ко времени турецкого завоевания поселения здесь уже не было.

Позднее более подробно археологический памятник изучал В.Л.Мыц [22]. Разрушение крепости и необходимость последующей перестройки этот исследователь связывает с пожаром в первой половине XV в. (по монетам — между 1421 и 1459 гг.). Обратим внимание на крупные перестройки (мощную стену, высокие башни) на северном и восточном участках обороны, т.е. к северо-востоку от Ялты. Время завершения реконструкции точно установлено по обнаруженной строительной надписи — 1459 г. [23]. Важно, что для ее создания использована известняковая плита длиной 1.9 м, шириной 0.6 и высотой 0.5—0.6 м, ранее служившая христианским надгробием. Время ее укладки определяется второй половиной XIV в. — началом XV в. Это значит, что между укладкой надгробия и использованием плиты прошло не более 60 лет. Резонно предположить, что в данный промежуток времени (фактически меньший, ибо восстановление крепости могло занять и 10 лет) произошло нечто экстраординарное, чтобы могильную плиту стало возможно использовать в совершенно иных целях. Вряд ли христиане сняли плиту с сохранившегося надгробия. Скорее, она уже валялась поодаль и потеряла функциональное назначение. Логичнее приписать и разрушение укрепления, и раздробление надгробия действию стихийных сил, нежели варварству христиан.

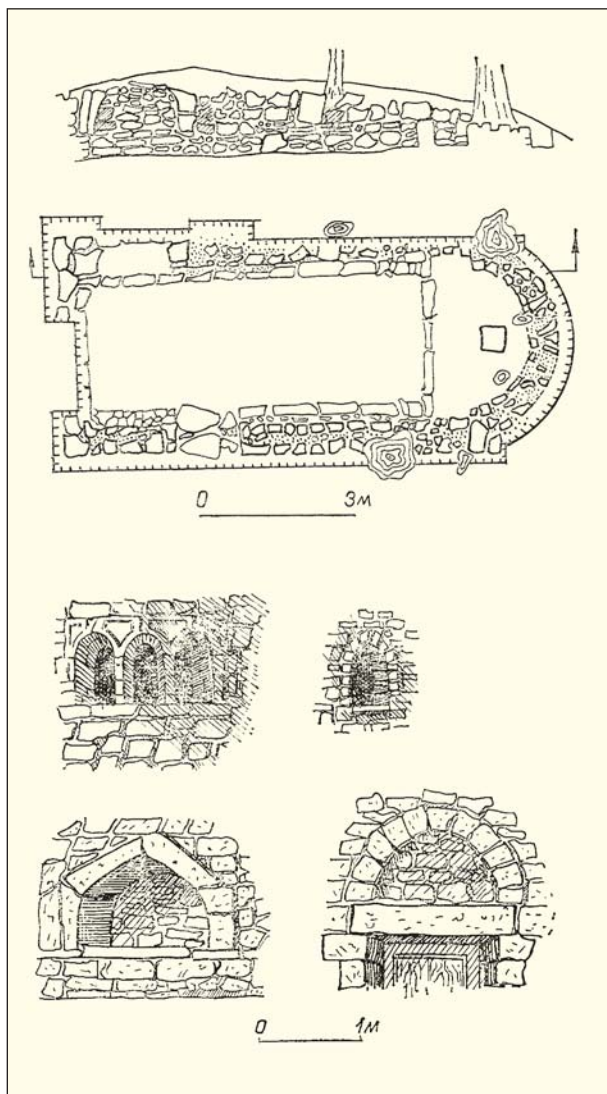


Общий вид раскопа монастырского комплекса на юго-восточном склоне горы Аю-Даг. Разрушение в результате землетрясения XV в. обосновывается археологами как по характеру обрушения верхних частей зданий, так и по повреждению кладки в сохранившихся нижних частях, а также по нахождению внутри развалин огромных камней с выходящего склона. (Материалы Л.В.Фирсова, О.И.Домбровского и С.Б.Адаксиной, 1963 г.)

Мощное укрепление с массивными стенами и высокими башнями могло так пострадать (чтобы потребовалась реконструкция) только в результате землетрясения интенсивностью не менее 8—9 баллов. Ориентация наиболее разрушившихся частей указывает на приход сильнейших импульсов с юго-запада, т.е. со стороны Ялты.

Таким образом, есть все основания связывать имеющиеся археологические данные о пожарах и разрушениях в поселениях Ялтинско-Алуштинского региона с поразившим южное побережье Крыма во вторую четверть XV в. мощным землетрясением.

В пещере Басман-5, что находится на северном склоне Яйлы в 12—15 км к северо-западу от горы Аю-Даг и Гурзуфа, археологи раскопали храм, возведенный в XII в. на развалинах прежней постройки. Остатки миниатюрного одноапсидного храма-часовни были полностью перекрыты каменным завалом толщиной до 2—2.5 м. Археологи зафиксировали полное разрушение храма в XV в. и предположили, что оно произошло в результате землетрясения [17, 24, 25]. Конкретные признаки сейсмических воздействий обнаруживаются при обращении к опубликованному плану и разрезу раскопа. На них видно, что внутреннее помещение храма (в отличие от вырубленной в скале апсиды) сложено каменной кладкой высотой до 2.5—4 м [24]. Сохранилась же лишь часть южной стены в углублении скалы, тогда как остальная постройка разрушилась и превратилась в завал.



Остатки средневекового сельского храма в Верхней Масандре со следами сейсмических повреждений. Вверху разрез и план откопанных остатков постройки, внизу отдельные фрагменты конструкции с явными следами повреждения от горизонтального сейсмического удара. (Раскопки О.И.Домбровского, 1967 г.)

Вход в храм располагался с востоко-северо-востока. Развал строения произошел не по его длинной оси, а с юго-востока, по азимуту примерно 340°. Так же вытянуты и самые крупные (1,5–1,8 м) каменные блоки в завале. Сам развал растянулся на 5–8 м, т.е. на величину, в 1,5–2 раза превышающую бывшую высоту храма. В данном случае, с одной стороны, трудно допустить такое разрушение строения людьми, а с другой — налицо все признаки сейсмического воздействия, направленного горизонтального удара силой не менее 8 баллов. При этом заметим, что указанное направление к Южному берегу Крыма выходит как раз около Ялты, где, как мы знаем, сотрясения

имели наибольшую силу. Это также позволяет соотносить разрушение храма именно с Ялтинским землетрясением XV в.

Геолого-геоморфологические и спелеологические данные

В дополнение упомянем о наблюдениях геологов и спелеологов в горных районах центральной части Крыма. Там отмечают (и предположительно связывают с сейсмическими воздействиями) разрушения и частичное погребение под обвалами многих укреплений возле Гаспры, у скалы Крыло Лебеда близ Симеиза, неподалеку от поселения Качи-Кальен у подножья Демерджи, а также глыбовые навалы в пещерах Ени-Сала III и Большой Басман-5 [17]. Гибель этих памятников датируется XIV–XV вв. Авторы (и мы вслед за ними) не уверены в обусловленности всех этих обвалов и завалов именно сейсмическими толчками. Но нельзя не обратить внимание на факт их сосредоточения в одном районе и в ограниченный отрезок времени. Случайным и спонтанным это признать тяжело, тем более, что при землетрясениях в горах силой в 9 баллов в новейшее время такие проявления вполне обычны.

Трудно пройти также мимо сообщений о мощных каменных завалах в пещерах Крымской гряды [17, 18, 26]. В 1927 г. при сотрясениях на том же участке силой 7 баллов такие обвалы не отмечены (и пропустить их не могли). А вот для 9 баллов они типичны.

Недавно опубликованы результаты подводных исследований у берегов Медведь-горы. Они подтвердили нахождение там следов каменных обвалов. Так, с восточной стороны Аю-Дага склон развала уходит на глубину 16–25 м. У мыса Плака, на его восточной стороне, обнаружена гряда из глыб и крупных каменных обломков с разновозрастными (вплоть до XV в.) фрагментами керамики. Под урочищем Османа подводный склон с глыбовым материалом внизу резко переходит в зону песчано-гравийных отложений. Здесь же на берегу находилось поселение, уничтоженное «в конце XIV в.» [20].

Вернемся к установлению времени возникновения землетрясения, используя эпиграфические памятники, говорящие о строительстве дворца князя Алексея в Мангупе в 1425 г., строительстве князьями Феодоро порта и базилики в Каламите в 1427 г., о восстановлении церкви Святых апостолов на Аю-Даге также в 1427 г. В другие годы такой активности строительства в Крыму в столь короткий период мы не знаем. Зато теперь знаем, что все Южное побережье перед этим подверглось разрушительному землетрясению с максимальной силой в районе нынешней Ялты.

Нам известно также, что наиболее пострадавшую близэпицентральную зону землетрясения



И.И.Шишкин. Малоизвестный этюд «Из окрестностей Гурзуфа. 1879 г.». ГРМ.

XV в. жители покинули на 70 лет, что на Аю-Даге и в Партенитах сила землетрясения ослабла примерно до 8 баллов, и что на запад, до Инкермана и Чембало, сотрясения распространились также в относительно ослабленном виде (примерно 7–8 баллов). Кроме того, строительные надписи обнаружены не в приэпицентральной, а только

в периферических зонах. Это объясняется тем, что именно по периферии пораженной землетрясением области жители сохранились и, спустя короткий срок, были в состоянии восстанавливать разрушенное и начинать новое строительство, тогда как окрестности Ялты оставались пустынными.

Таблица

Сведения о Ялтинском землетрясении XV в.

Источник сведений	Приэпицентральная область (на суше)	Интенсивность землетрясения на суше, (пункт)
Письменные источники		
Хоецки, 1845	район Ялты	>7
Сумароков, 1805	район Ялты	8
Легенды и предания		
Легенда о медведе	вблизи Ялты	9–10
Сказание о дервише	у горы Демерджи	8–9
Сказание об Анастасии		≥7–8 (Качи-Кальон)
Археологические материалы		
	район Ялты	>8–9 (Партенит)
	район Ялты	8, 8–9 (Фуна)
	район Ялты	≥8 (Басман 5)
Сведения об обвалах		
		9 (гора Аю-Даг)
		≤8–9 (гора Демерджи)
		≥7–8 (Качи-Кальон)

Все привлеченные и проанализированные данные (см. табл.) указывают на возникновение разрушительного (силой 9 баллов или несколько выше в окрестностях Ялты) землетрясения, которое есть основания относить к временному интервалу 1415 ± 12 г. Как мы уже отмечали, в базовом каталоге оно фигурирует под 1471 г., и ему приписана интенсивность 7—8 баллов. Разница в два балла для Южного берега Крыма весьма существенна.

Все ставшие доступными сведения о Ялтинском землетрясении XV в. согласуются между собой как в отношении границ приэпицентральной области, так и в отношении пространственного распределения силы землетрясения. Интенсив-

ность закономерно убывает с удалением от Ялты, и это еще раз доказывает принадлежность полученных оценок одному и тому же событию и его реальность.

Похоже, в существующие каталоги и в оценки долговременной сейсмической опасности региона пора вносить уточнения. Скажете: всего-то по одному событию... Да, в этой статье — по одному. Но какому! Которое определяет «сейсмический потолок» не какой-нибудь, а Ялтинской сейсмической области. Да и разрушительные землетрясения в одном и том же очаге случаются с интервалом примерно в 300 лет. Впрочем, это еще надо доказывать. ■

Литература

1. Вознесенский А.В. Землетрясения 1927 г. в Крыму // Природа. 1927. №12. С.958—974.
2. Никонов А.А. Крымское землетрясение 1927 г.: неизвестные явления на море // Природа. 2002. №9. С.13—20.
3. Никонов А.А. Раненый Крым. По следам разрушений крупнейшего на полуострове в XX веке природного бедствия // Крымский альбом 2002. Феодосия; Москва, 2003. С.72—111.
4. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР. М., 1977.
5. Смирнов М.В. Каталог землетрясений в Крыму. Симферополь, 1931.
6. Медведев С.В., Морозова Р.Н. Каталог сильных землетрясений Крыма. М., 1962.
7. Своецкая Е. Wspomnienia z podróży pro Krymie. Warszawa, 1845.
8. Сумароков П.И. Досуги крымского судьи, или Второе путешествие в Тавриду. СПб., 1805.
9. Никонов А.А. Землетрясения в легендах и сказаниях // Природа. 1983. №11. С.66—75.
10. Легенды и предания Крыма. Симферополь, 1998.
11. Никонов А.А., Сергеев А.П. Сейсмогравитационные нарушения в Крыму при землетрясениях 1927 г. // Геоэкология. 1996. №3. С.124—133.
12. Броневский М. Описание Тавриды // ЗООИД. 1867. Т.6. С.333—367.
13. Домбровский О.И. Средневековые поселения и «исары» Крымского южного берега // Феодальная Таврика. Киев, 1974. С.5—56.
14. Тунманн И. Крымское ханство. Симферополь, 1991.
15. Фирсов Л.В. Археологические разведки на Исар-Кая и Шайтан-Мердвене в 1967 г. // Феодальная Таврика. Киев, 1974. С.94—107.
16. Никонов А.А. Скальные обвалы в Горном Крыму // Природа. 2004. №1. С.42—46.
17. Дублянский В.Н., Молодых И.И. Сейсмичность Горного Крыма по данным карстолого-археологических исследований // Проблемы гидрогеологии и инженерного грунтоведения. Киев, 1972. С.43—51.
18. Дублянский В.Н. Признаки сильных землетрясений в карстовых областях (на примере горного Крыма) // Геоморфология. 1995. №1. С.38—46.
19. Домбровский О., Столбунов А., Баранов И. Аю-Даг — «Святая гора». Симферополь, 1975.
20. Зеленко С.М. Подводные исследования в районе горы Аю-Даг // Археологические исследования в Крыму 1995 г. Симферополь, 2007. С.58—59.
21. Когонашвили К.К., Махнева О.А. Средневековая Фуна // Феодальная Таврика. Материалы по истории и археологии Крыма. Киев, 1974. С.111—123.
22. Мыц В.Л. Укрепления Таврии X—XV вв. Киев, 1991.
23. Виноградов А.Ю., Мыц В.Л. Фунская надпись 1459 г. // Античная древность и Средние века. Вып.36. Екатеринбург, 2005. С.273—282.
24. Иванов Б.Н., Дублянский В.Н., Домбровский О.Ж. Басманские пещеры в Горном Крыму. Крымское государственное заповедно-охотничье хозяйство. Симферополь, 1963. С.21—32.
25. Дублянский В.Н. Пещера им.О.И.Домбровского на Басмане // Археологические исследования в Крыму. 1994 год. Симферополь, 1997. С.290—291.
26. Комаров В.Н. Карстовые пещеры Чатыр-Дага // Природа. 2012. №6. С.63—66.

Синайская пустыня и древний Пелусий

*С отдаленных холмов,
Легким ветром гонимы,
Бедуинских костров
К нам доносятся думы.*

Н.С.Гумилев.
Суэцкий канал

В.П.Чичагов

Синайский полуостров — северо-восточная окраина Египта — ассоциируется у многих с египетской историей, знаменитыми библейскими событиями, словом — с древностью, с человеком и выпавшими на его долю испытаниями. Более 5 тыс. лет этот регион находится под воздействием длительно, интенсивно и разнообразно проявляющихся антропогенных процессов. Их сочетание с геолого-геоморфологическими и климатическими факторами определяет облик Синайской пустыни и составляет основу изучаемой автором аридной геоморфологии [1].

В рельефе Синая преобладают экстрааридные (сверхзасушливые) песчаные и каменистые безводные равнины. Основная проблема в пустыне — пресная вода, но именно она создает неповторимую эрозионную скульптуру рельефа. Осадков в Синае выпадает менее 50 мм/год, да и случаются они не каждый год, но дожди производят здесь колоссальную разрушительную работу! Горы, холмы и равнины Синая покрыты густой сетью долин сухих рек (временных водотоков) — вади. Они наполняются ливневыми водами редко, но при этом в них образуются мощные потоки, насыщенные каменным материалом, подобные селям, которые буквально «выстреливают» из верховий вниз по течению рек. Последний сильный ли-



Валерий Павлович Чичагов, доктор географических наук, главный научный сотрудник Института географии РАН, председатель Геоморфологической комиссии РАН. Область научных интересов — геоморфология и четвертичная геология, современное опустынивание. Публикуется в «Природе» с 1957 г.

вень обрушился на Синай в декабре 2009 г., но в истории таких событий было много. Например, в 1867 г. на юге полуострова прошел дождь необычайной силы. Вызванный им поток промчался по долине Солаф, перекатывая огромные скальные обломки и волоча стволы пальм, и уничтожил лагерь бедуинов с их стадами. Спустя 20 лет создатель учения о пустынях Йоганнес Вальтер пережил сильный ливень в долине р.Мбель. Ее воды вынесли на равнину крупные обломки, образовав при этом глубокие промоины-щели.

Воды же оазисов, редких источников и речек — спасение народа пустыни. А крупнейшая река Нил с ее плодородной дельтой обеспечивает людям необходимое для жизни продовольствие, ирригационные системы разводят речную воду по плантациям и полям. Протоки Нила и соединяющие их каналы

с глубокой древности использовались для торгового и военного судоходства, через некоторые из них были переброшены мосты. Воды моря и рек создавали песчаные террасы, на которых селился человек. Протоки и каналы одновременно были мощными заградительными укреплениями.

Роли воды, а также взаимодействия текучих вод с тектоническими, эоловыми и антропогенными процессами в формировании Синайской пустыни и посвящена эта статья.

Горы и равнины Синая

Синайский п-ов представляет собой почти симметричный остроугольный треугольник с основанием вдоль побережья Средиземного моря и противолежащим углом, обращенным к Красному морю. Стороны треуголь-



Космический снимок Синайского п-ова [2].

ника совпадают с рифтовыми впадинами заливов Суэцкого и Акаба. Первый на севере упирается в дельту Нила, на продолжении второго находится впадина Мертвого моря.

Рельеф полуострова симметричен в широтном и асимметричен в меридиональном направлении. С юга на север абсолютные высоты постепенно уменьшаются от 2285 м (гора Моисея)



Рельеф горной части Южного Синая.

Фото автора

и 2650 м (гора Св. Екатерины) в горах южной части до 150—100 м на равнинах древних морских террас и нулевых отметок в береговой зоне Средиземного моря. При этом ширина полуострова постепенно увеличивается и у средиземноморского побережья достигает 300 км.

В пределах Синайского п-ова находятся несколько песчаных и каменистых пустынь, горных и равнинных. Небольшие — узкие песчаные прибрежные и дельтовые — протягиваются вдоль Суэцкого залива, еще более узкие, фрагментарные — вдоль залива Акаба. Крупные горные каменистые пустыни расположены в высокой южной части Синая. Они имеют выровненную вершинную поверхность типа древнего пенеплена. К их подножию на высотах около 400 м с севера примыкает крупная песчано-каменистая пустыня Эт-Тих, занимающая центральную часть полуострова. Ее поверхность понижается к северу и на отметках около 200 м крутым уступом обрывается к прибрежной аккумулятивной равнине. Эта равнина и есть наиболее крупная — Северо-Синайская — песчаная пустыня, похожая на африканскую Сахару. Она занимает весь север полуострова и протягивается вдоль юго-восточного побережья Средиземного моря.

Переход через египетскую пустыню во все времена был труден и опасен. Вот как описывал его Квинт Курций Руф, соратник и летописец похода Александра Македонского: «...Им не попадалось ни дерева, ни клочка возделанной земли. Не хватало уже и воды, которую везли в мехах верблюды и которой совсем не было в раскаленном песке. Кроме того, палило солнце, рты у всех были сухи и опалены, как вдруг, то ли случайно, то ли по милости богов, заставшие небо тучи закрыли солнце, что было большим облегчением для измученных, помимо недостатка воды, еще и зноем. Когда же разразилась

гроза и полил обильный дождь, каждый старался принять его на себя, и многие, не сдерживаясь от жажды, ловили его прямо ртом. Четыре дня они шли по бескрайней пустыне» [3].

На космическом снимке пустынь Синая отчетливо виден бассейн крупнейшей вадии — Эль-Ариш, занимающий большую часть полуострова. В низовьях Эль-Ариш пересекает Северо-Синайскую пустыню и во время редких, но мощных паводков выносит свои воды в Средиземное море.

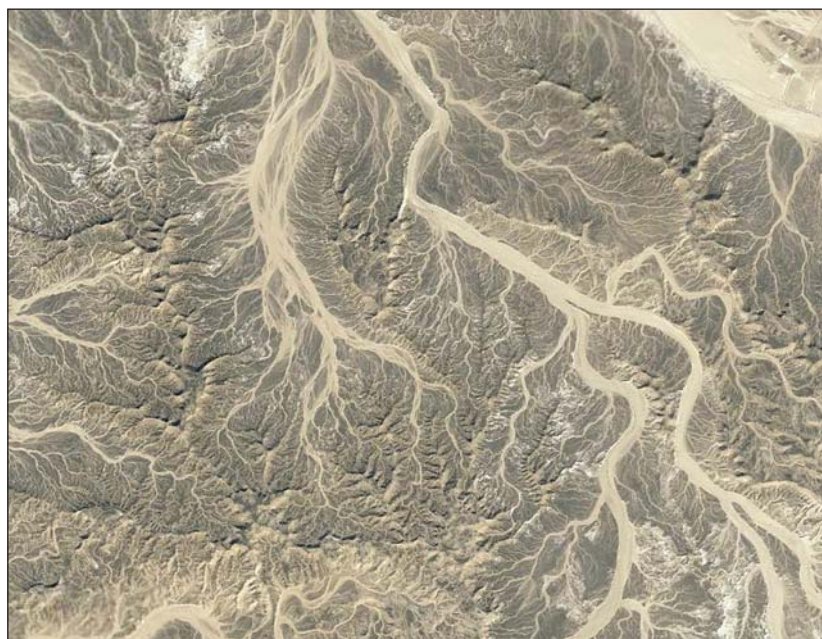
Северо-Синайская пустыня и дельта Нила

Основные черты рельефа. Северо-Синайская пустыня — наиболее крупная полигенетическая (дельтовая, морская и эоловая, преимущественно аккумулятивная) песчаная равнина полуострова. Она вытянута с запада на восток вдоль юго-восточного побережья Средиземного моря и сложена материалом дельты Нила, перенесенным вдольбереговым потоком наносов и переработанным эоловыми процессами [4]. Рельеф Северо-Синайской равнины представлен участками плоских молодых морских террас, холмов, гряд и островных гор. Все они испытали длительное развевание сильными ветрами и многократное перекрытие эоловыми песками (преимущественно движущимися дюнами).

Строение рельефа равнины различно в ее северной и южной частях. На юге преобладают поднятия и небольшие впадины. Поднятия представлены цепочкой антиклинальных низких гряд, островных гор и останцов, разделенных слившимися подгорными и межгорными педиментами. Они расчленены вадиями и покрыты двигавшимися с запада эоловыми песками. Характерные представители таких поднятий — массивы Джебель-Еллег (1050 м), Джебель-Магара (730 м) и ряд других. Положи-



Рельеф скальных гряд вблизи Суэцкого залива [2].



Песчаные потоки в среднем течении вадии Эль-Ариш [2].

тельные формы рельефа чередуются со смежными отрицательными формами, занятыми ныне преимущественно котловинами выдувания.

В северной части равнины преобладают впадины, сформированные по кровле антиклинальных поднятий. Наиболее представительная из них — впадина Румман. Впадины также образуют цепочку, которая пересекает северную часть полу-

острова и упирается в систему молодого и активного Левантского разлома — в западные борты вадии Араба и впадины Мертвого моря.

Морские аккумулятивные террасы образуют лестницу с шестью ступенями: 6–8 м — ульжаская (фландрская), 15–20 м — монастырская, 28–30 м — тирренская, 55–60 м — милаццкая; 90–100 м — сицилийская и 100–200 м и более — калабрий-



Синайская пустыня в устье вади Эль-Ариш.

Фото автора

ская [5]. Низкие террасы сложены перевейными морскими песками и имеют плоскую поверхность. Нижнечетвертичная и плиоценовая террасы — холмистые, с высотами от 80 до 200 м. Высокая плиоценовая терраса к югу переходит в денудационную равнину плиоценовой поверхности выравнивания.

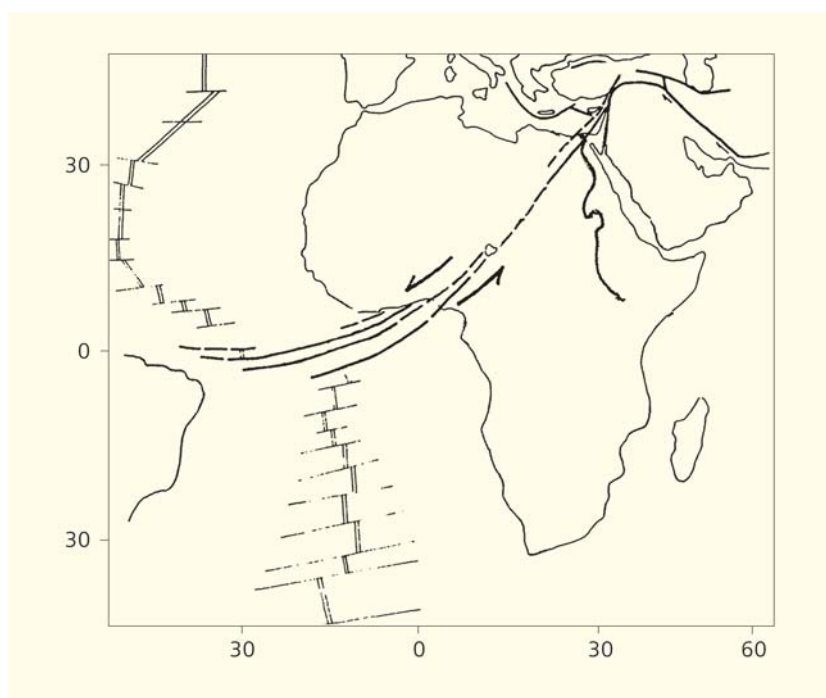
Радарная съемка Северо-Синайской равнины показала наличие здесь многочисленных погребенных песками речных долин с озеровидными плоскодонными котловинами — плайы — в верховьях.

Структурные особенности рельефа. Синайский полуостров — это континентальная

микроплита, едва ли не единственная из микроплит, так четко морфологически выраженная в современном рельефе суши. Она образовалась в олигоцене—миоцене. В то время древняя Нубийско-Аравийская платформа раскололась на Северо-Африканскую и Аравийскую части, и в результате между ними остался клин Синайского п-ова. Синайская микроплита имеет уклон с юго-востока на северо-запад. Мощность осадочного чехла увеличивается в этом направлении с 3 км в грабене Мертвого моря до 10 км и более в районе Суэцкого канала. Микроплита разбита серией субвертикальных разломов на крупные линейные блоки, испытывающие сдвиги. Дифференцированные подвижки вдоль блоков и создали асимметричное ступенеобразное погружение докембрийского кристаллического фундамента.

Система этих нарушений входит в крупную зону транс-континентальной Пелусийского разлома [6], который возникает в центральной Анатолии, узким веером протяженных разломов распространяется на юг и юго-запад, сечет северо-западную окраину Синайской микроплиты, пересекает с северо-востока на юго-запад Африку, разделяя ее на Северо-Западную и Центральную плиты. Эти плиты движутся в противоположных направлениях: первая на юго-запад, вторая — на северо-восток. Выходя во впадину Атлантического океана, зона разлома приобретает широтное простираие, пересекает срединно-океанический хребет и оканчивается на северо-востоке Южной Америки.

В современном рельефе Синайская наиболее крупные зоны сдвигов выражены впадинами в районах зоны Мертвого моря и Пелусийской зоны. Последняя расположена в восточной части дельты Нила, она характеризуется тектоническими опусканиями в голоцене и повышенной современной сейсмичностью.



Зона Пелусийского сдвига [6].

Здесь были расположены эпицентры 4–7-бальных землетрясений, случившихся в августе 1847-го, июне 1870-го, сентябре 1955-го и марте 1969 г. [6]. Таким образом, тектоника создала Синай, и сегодня она продолжает участвовать в формировании его рельефа.

Эволюция дельты Нила.

Долина Нила начала формироваться в миоцене — около 5.4 млн лет назад. С тех пор на месте современного Нила протекали, сменяя друг друга, крупные реки — Эонил, Палеонил, Протонил, Пренил и Неонил. В конце миоцена, во время мессинского соленосного кризиса (~6.5—5.5 млн лет назад), Эонил вместе с другими древними реками (Эбро, Роной, По и др., в том числе крупной безымянной рекой, впадавшей в залив Большой Сирт) выносил большие объемы пресной воды во впадину Средиземного моря [7]. Оно еще не соединялось с Атлантическим океаном, на его месте располагалась низкая экстрааридная холмистая равнина, и вода, испаряясь, формировала здесь мощные толщи соленосных осадков [8, 9]. В то время в низовьях Эонила образовался гигантский каньон протяженностью до 1300 км, шириной 10–20 км и глубиной 2.5 км (что крупнее современного Гранд-Каньона Колорадо) [7]. В конце мессинского кризиса воды Атлантического океана прорвали перемычку в районе Гибралтара и образовали там гигантский водопад. С этого времени и океанские, и речные воды стали заполнять экстрааридную соленосную впадину, создавая Средиземное море. В плиоцене Нил значительно сократился в размерах, а на месте каньона образовался протяженный морской залив. В раннем плейстоцене Протонил образовал дельту, состоящую из 11 рукавов, ее формирование продолжилось и на этапе Неонила (последние 0.3 млн лет).

Судя по результатам археологических исследований, за

последние 3–4 тыс. лет дельта Нила выдвинулась в Средиземное море на расстояние от 5 до 15 км [10].

Приблизительно 2.5 тыс. лет назад на востоке дельты активно действовали Медесианский, Танистикский и Пелусийский рукава, выносившие в море огромное количество взвешенного материала. Но в начале 800-х годов здесь, в пониженной северо-восточной краевой части дельты, произошел катастрофически мощный и быстрый выброс нильского аллювия в дельту и за ее пределы, что привело к наращиванию суши в виде обширной береговой равнины с мощностью осадков от 6 до 15 м, протяженностью 35 км и шириной до 12 км. Это событие вызвало перекрытие аллювием самого восточного — Пелусийского — рукава дельты Нила, привело к прорыву нового рукава западнее Порт-Саида и началу функционирования более молодого, действующего поныне, рукава Дамьетта. Данные длинного ряда наблюдений за расходами воды на нилометре (водомерном посту на р.Нил) позволяют предположить, что причиной этого разрушительного события могла быть серия крупных наводнений 813, 816 и 820 гг.

Позднее, по мере увеличения разбора нильской воды на орошение, количество выносимых в море наносов стало уменьшаться, структура дельты изменилась, начались размыв ее устьевых участков и общее отступление внешнего края. За период с 1898 по 1970 г. береговая линия отступила в среднем на 2.2 км*. Особенно интенсивный размыв края дельты начался после создания в 1964 г. Асуанской ГЭС и продолжается поныне. К 1964 г. морем ежегодно уничтожалась полоса берега шириной около 20 м, а через два года — до 40 м.

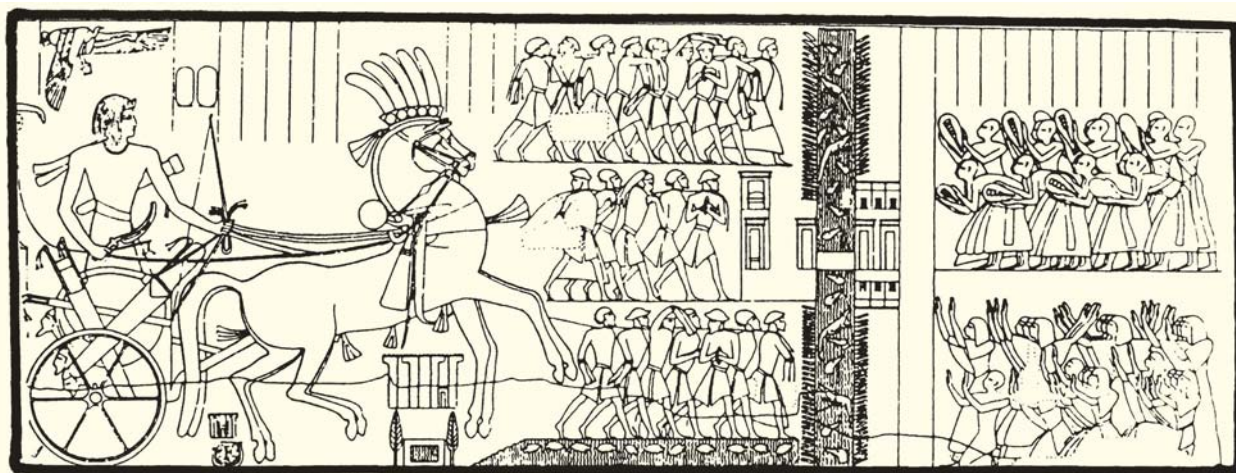
* По данным на 1983 г., устье нильского рукава Дамьетта отступило за 58 лет на 1800 м, а рукава Розетта за 56 лет — на 1675 м.

Антропогенные преобразования

Восточный канал. Попытки прорыть канал через Суэцкий перешеек и соединить Красное море со Средиземным предпринимались неоднократно, при этом древние строители всегда использовали Пелусийский (самый восточный) рукав дельты Нила. Так, в глубокой древности на северо-востоке дельты располагалось крупное гидротехническое сооружение — Восточный канал. Он был частью большого водного пути, прорытого через перешеек, и соединялся с Нилом через широтно ориентированную вади Тумилат. В современном рельефе следы канала выражены слабо, но его рукотворный генезис подчеркивают прямолинейный плановый рисунок и насыпь по обоим берегам. Ширина канала — 70 м (по дну — 20 м), глубины — порядка 3–5 м. Сегодня трудно судить о том, каковы были ширина канала и глубина воды в нем в то время, когда он был действующим, но для древних судов глубины 2–3 м были достаточны. Для сравнения: Суэцкий канал, созданный в 1875 г., имел сходные размеры — ширину 54 м (по дну — 22 м) и глубину 8 м.

Восточный канал выполнял несколько функций. Кроме судоходства он имел ирригационное значение — питал водами сеть оросительных каналов. Кроме того, располагаясь в самом уязвимом, северо-восточном, районе страны, канал был важным оборонительным сооружением. Начиная со времен древнейших фараонов восточные рубежи — так называемый «вход в Египет» — нуждались в постоянной защите от набегов кочевых племен. Поэтому правители Египта постоянно уделяли внимание этой границе, создавая вдоль нее систему укреплений и, наконец, труднопроходимую преграду — Восточный канал.

Свидетельства существования канала сохранились в древних памятниках письменности.



Скульптурное изображение в Гипостильном зале храма Амона в Карнаке.

По данным, прежде всего «Истории Синухета» (2-е тысячелетие до н.э.), из Ближнего Востока в Египет существовал транзитный водный путь — «Путь Гора» [11]. Еще одно раннее упоминание Восточного канала принадлежит Аристотелю и относится ко времени правления Сесостриса — одного из царей Двенадцатой династии (начало 2-го тысячелетия до н.э.). Другое, но едва ли не самое интересное доказательство существования в то время Восточного канала находится в Гипостильном зале храма Амона в Карнаке. Здесь настенное скульптурное изображение представляет триумфальное возвращение в Египет фараона Сети I (1309—1291 гг. до н.э.). Фараон и колонны взятых им пленных показаны марширующими вдоль дороги, которая обозначена регулярно расположенными оборонительными сооружениями. Процессия готова вступить на территорию ликующего Египта и пересечь водоток, воды которого далее впадают в море. В отличие от моря, берег которого пустынен, канал обрамлен зарослями тростника, кишит крокодилами, в его воде изображены рыбы. В сопровождающем изображении тексте этот водоток обозначается как Та Денит, т.е. «разделяющие воды». Тростник продолжается до самой гра-

ницы барельефа, переходя в пределы моря, что может указывать на достаточно большой расход пресной воды [11]. Изображенный водоток и есть Восточный канал — крупная водная преграда на границе Египта.

Позднее два моря пытался соединить Фараон Некос (610—594 г. до н.э.), однако, как отмечал Геродот, он отказался от этой затеи, потеряв 120 тыс. строителей. Сооружение южной части канала было завершено только персидским царем Дарием I (522—486 гг. до н.э.). С этого времени корабли могли двигаться по каналу из Красного моря через перешеек вдоль вадитумилат, а далее — по Нилу к Средиземному морю. Созданный Дарием водный путь долгое время — при Птолемах и римлянах — поддерживался в рабочем состоянии, но позднее полностью заилился. Только в 644 г., во времена мусульманского правителя Египта Омара, канал на короткое время был восстановлен. Но вскоре речной сток в этой части дельты полностью прекратился, и древнюю плодородную окраину Египта заняла пустыня [12]. Известно, что много позднее одной из трех задач Персидского похода Наполеона (1798) стало восстановление Восточного канала [13].

Результаты современных исследований показывают, что

Восточный канал был заполнен наносами и прекратил свое существование задолго до того, как перестал функционировать Пелусийский рукав дельты, а возможно, еще до того, как был основан древний египетский город Пелусий [11, 14].

Древний Пелусий. В процессе одновременного отмирания рукавов дельты Нила (сейчас их всего два — Розетта и Дамietta) приходили в упадок и расположенные на них города. Среди них — стоявший в устье наиболее восточного рукава Нила главный у «входа в Египет» древний город и порт, сильно укрепленная цитадель Пелусий*. Этот город сыграл большую роль в истории Египта. По легенде, через него проходило Святое семейство. Он принимал на себя удары наступающих с востока захватчиков. В 527 г. до н.э. при Пелусии произошла битва между армиями фараона Псамметиха III и персов, возглавляемых Камбизом. В 374 г. до н.э. Пелусий осаждали Фарнабаз и Ификрат, в 369 г. до н.э. он был снова завоеван персами, а после сражения при Акиуме взят римлянами. После завоевания Пелусия Камбизом Египет стал персидской сатрапией и на 2,5 тыс. лет утратил свою неза-

* Сегодня развалины Пелусия называются Тель-Фарама.

висимость. По сообщению Плутарха, 29 сентября 48 г. до н.э. в этом городе был убит прибывший из Греции известный античный полководец Помпей.

Крупные наводнения начала 800-х годов и внезапное перемещение значительных масс песка послужили причиной краха Пелусия. Расположенный в устье Пелусийского рукава, он оказался отрезанным и от Нила, и от Средиземного моря. Это привело к потере его значения и полному упадку в XII в., с приходом крестоносцев.

В труде «Книга Стран», написанном в 891—892 гг. выдающимся арабским путешественником и ученым Аль-Якуби, содержится географическое описание его путешествий по Северной Африке. В 870-х годах он посетил береговую равнину восточной части дельты Нила и г.Фараму (бывший Пелусий). Аль-Якуби сообщал об этом городе, что «между ним и Зеленым (Средиземным. — В.Ч.) морем — три мили». Это расстояние практически соответствует нынешнему расстоянию между древним Пелусием и берегом, а значит во время посещения путешественником Фарамы береговая равнина уже была сформирована. Отсутствие каких-либо указаний о катастрофически быстром и мощном выносе песка в книге позволяет предположить, что это произошло за несколько лет до посещения города путешественником. Учитывая эти данные и результаты радиоуглеродных определений, можно полагать, что время образования прибрежной равнины в северо-восточной части дельты Нила относится примерно к первой половине IX в.

Во время завоевания Египта Персидским царством в 616 г. и во время захвата территории арабами в 640 г. город еще оставался в прибрежной зоне. В 853—854 гг. султан Эль-Мутавакель возвел здесь укрепления и среди них — Тинех, построенный «на берегу моря» (на месте современного берега). Последу-



Руины Тель Фарамы [2].

ющие вторжения на побережье в районе Фарамы (византийцев в 859—860 гг., греков в 954—955 гг. и крестоносцев в XII в.) произошли, вероятно, когда Фарамы уже находилась в глубине береговой равнины, как и многие стоявшие в устьях рек античные города Средиземноморья. Однако в районах других подобных древних городов процесс выдвигания дельт протекал значительно медленнее того катастрофического события, которое произошло с Пелусием. Вероятно, свою роль сыграло расположение города в районе активно-тектонического нарушения — в зоне Пелусийского разлома. Именно в пределах этой зоны произошло образование упоминавшейся выше впадины, которое сопровождалось проявлением сейсмотектонических процессов. Это ускорило и усилило интенсивность блокирования Пелусийского рукава песчаными отложениями с моря и с суши.

Есть еще по крайней мере две серьезные причины ускорения упадка Пелусия — это многократные военные разрушения и дорожная дигрессия. Наполеон в своем знаменитом труде «Египетский поход» (1798—1801 гг.) писал, что «Камбиз, Ксеркс, Александр Великий,

Амр, император Селим вступили в Египет во главе одной армии, пройдя пустыню от Газы до Пелусия» [13]. Он также отметил, что приказал разрушить деревню Эль-Ариш и немедленно начать строить здесь современные укрепления. Этот населенный пункт расположен на востоке пустыни, Пелусий — на крайнем западе, оба имели стратегическое значение и упорно оборонялись. Остается только догадываться, сколько раз разрушался и восстанавливался Пелусий.

Путь по безводной пустыне между Эль-Аришем и Пелусием всегда имел стратегическое значение. Он соединял Европу с Африкой, Африку с Азией и Европу со странами Индийского океана. В XVI в. до н.э. египетские фараоны проложили из Пелусия в Ливан и Месопотамию по низким морским террасам Синая «дорогу бога Хора». Эта великая дорога — Виа Марис — постоянно использовалась египтянами и в военных, и в мирных целях. Ею пользовались набатеи и римляне, позже она получила арабское название «Дарб эль-хадж». По ней египетские паломники отправлялись на хадж в Мекку. За несколько тысячелетий на этом пути необратимо изменилась

природа: исчезла и без того скудная растительность, иссякли мелкие водные источники, активизировалось движение песков. Французская армия Наполеона шла по этому легендарному пути 12 дней, испытывая большие лишения. Наполеон писал, что специально для похода армии Александра Македонского арабский король создал здесь канал с пресной водой, несмотря на то что в древности природные условия этого региона были более мягкими [13]. Нагрузки на древнюю дорогу через Северо-Синайскую пустыню резко увеличились во время арабо-израильских конфликтов второй половины XX в.

* * *

Синайская пустыня постепенно переходит в расположенную на территории Израиля пустыню Негев, но в отличие от нее имеет значительно более светлый облик и характеризуется меньшим количеством выпадающих осадков. При этом обе пустыни находятся примерно

в одинаковых циркуляционных условиях, но по разные стороны от установленного в 1948—1949 гг. заграждения на границе между Израилем и Египтом. После его создания на египетской стороне проводился выпас домашних животных, в результате чего экстрааридная равнина Северного Синая продолжала иссушаться и деградировать. Израильская же сторона получила статус заповедника, и антропогенная нагрузка на землю здесь была сведена к минимуму.

Климатологи Института географии РАН, изучая возможность так называемой мезомасштабной аридизации климата на Синайском п-ове, пришли к выводу, что снижение количества осадков на Синае может быть связано с уменьшением подъема воздуха вследствие повышения альбедо и понижения температуры подстилающей поверхности. Наблюдения с борта самолета (подтвержденные спутниковыми данными) в полуденные часы при малооблачной погоде в конце лета и осе-

нию показали, что альбедо и температура светлой пустыни составляют соответственно 0,37 и 40°C, а соседней темной — 0,25 и 45°C [15]. Следовательно, для мезомасштабного термического механизма опустынивания характерна обратная зависимость между альбедо и температурой подстилающей поверхности. Над более прогретыми территориями воздух имеет тенденцию к подъему, над ними образуются облака и выпадают осадки, количество которых здесь выше, чем над более холодными областями. Такие прогретые территории принято называть «термическими горами». Применительно к Синайскому п-ову можно сказать, что над относительно темной пустыней Негев формируются «термические горы», а над более светлой пустыней Синая — «термические депрессии». Таким образом были заложены научные основы антропогенного изменения засушливости экстрааридных песчаных пустынь Северо-Синайской равнины. ■

Литература

1. Чичагов В.П. Проблемы аридной геоморфологии // Геоморфология. 2011. №3. С.3—12.
2. <http://www.google.com/earth>
3. Руф Квинт Курций. История Александра Македонского (сохранившиеся книги). М., 1963.
4. Чичагов В.П. Дельты крупных рек и создаваемые ими равнины // Создание искусственных пляжей, островов и других сооружений в береговой зоне морей, озер, водохранилищ. Новосибирск, 2011. С.362—368.
5. Лукьянова С.А. Южное побережье Средиземного моря // Берега. М., 1991. С.259—266.
6. Neev D. The Pelusium Line — a Major transcontinental Shear // Tectonophysics. 1977. V.38. P.11—18.
7. The Geological Evolution of the river Nile. N.Y.; Heidelberg; Berlin, 1981.
8. Живаго А.В. Проявления соляной тектоники в поверхностных слоях донных отложений Средиземного моря. М., 1994.
9. Несис К.Н. Когда Средиземное море высохло и что за этим последовало // Природа. 2000. №4. С.3—5.
10. Сафьянов Г.А., Лотфи М.Ф. Динамика морского края Нильской дельты // Геоморфология. 1995. №3. С.83—92.
11. Sneh A, Weissbrod T., Perath I. Evidence for Ancient Egyptian Frontier Canal // American Scientist. 1975. Sept.—Oct. V.63. P.542—548.
12. Goodfriend G.A., Stanley D.J. Rapid strand-plain accretion in the northeastern Nile Delta in the 9th century and the demise of the port of Pelusium // Geology. 1999. V.27. №2. P.147—150.
13. Наполеон Б. Египетский поход. СПб., 2007.
14. Sneh A, Weissbrod T. Nile Delta: The defunct Pelusiac branch identified // Science. 1973. V.180. P.59—61.
15. Золотокрылин А.Н. Климатическое опустынивание. М., 2003.

Глубоководные погружения в Марианскую впадину

А.М.Сагалевиц

Самые глубокие районы Мирового океана издавна привлекали внимание ученых. До 40-х годов прошлого века существовала теория, что глубже 4000 м жизни нет. Интенсивное изучение сверхглубин (ультраабиссалий) показало, что жизнь существует везде [1]. Сейчас на карте обозначено 55 районов с отметками более 6000 м. Большинство из них находится в западной части Тихого океана, в зонах субдукции, существующих на границах Тихоокеанской плиты с Азиатской, а также с серией островных плит. Самая глубокая точка Мирового океана — Челленджер Дип (Challenger Deep) — находится в Марианском желобе (Марианской впадине), на границе Филиппинской и Тихоокеанской плит. Это место интересовало не только ученых, но и экстремалов, помышлявших о покорении максимальных океанских глубин, так же, как покорение Эвереста было и остается мечтой любого альпиниста. Однако, если для покорения Эвереста необходимо лишь альпинистское снаряжение, то достижение максимальной глубины океана требует создания специальных глубоководных аппаратов, при погружении в которых человек будет защищен от воздействия высокого давления — свыше тысячи атмосфер. Идея создания первого аппарата такого типа была реализована лишь



Анатолий Михайлович Сагалевиц, доктор технических наук, заведующий лабораторией Института океанологии им.П.П.Ширшова РАН. Создатель нового научного направления исследований океана с применением глубоководных обитаемых аппаратов. Совершил более 400 погружений в морские глубины. Герой России.

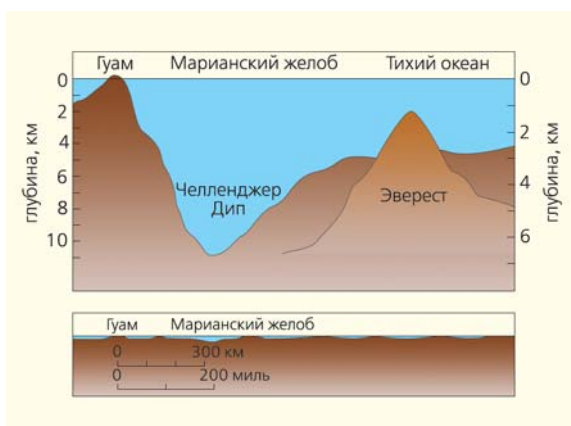
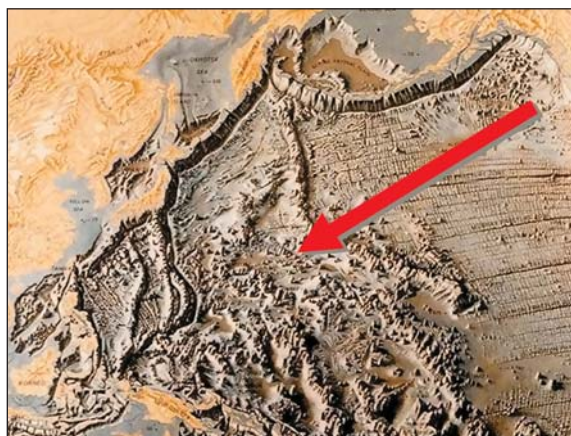
в конце 40-х годов прошлого века, а до этого исследования глубин Марианской впадины и других районов ультраабиссалий проводились с борта научных судов и имели длинную историю.

Начало пути

Первое измерение глубины в Марианском желобе было сделано в 1874 г. — лотом, опускаемым на пеньковом тросе с борта пионера глубоководных исследований, английского судна «Челленджер». Результат — 8184 м. В 1899 г. с борта судна «Неро» тем же способом измерена глубина 9636 м. Первые оценки с помощью эхолотов получены с японских судов «Мансуи», «Косуи» и «Иодо» в 1925—1931 гг. Максимальная глубина, определенная в этот период, — 9814 м. Такой разброс, очевидно, объяс-

няется тем, что измерения проводились в разных точках Марианского желоба и не в самом глубоком его месте. Первый замер именно во впадине Челленджер Дип произведен с борта английского судна «Челленджер» второго поколения в 1951 г. Эхолот зафиксировал глубину 10 865 м. В 25-м рейсе нашего легендарного «Витязя» в 1957 г. эхолот показал 11 022 м. Это максимальная величина, которую удалось получить с борта судна. Она и принята как максимальная глубина в Мировом океане. Экспедиции «Витязя» сыграли большую роль в исследовании ультраабиссалий Тихого океана. С его борта проведены исследования в 21 глубоководном желобе, собрана представительная коллекция глубоководной фауны. Только в Марианском желобе в 1958 и 1975 гг. в результате тралений на борт судна поднято 24 вида животных, 10 из

© Сагалевиц А.М., 2012



Расположение Марианской впадины в западной части Тихого океана. На врезках: сверху — тектоническая карта района; внизу — схема сравнения высоты Эвереста и глубины Марианской впадины.

которых впервые описаны учеными Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН. Кроме того, в восьми районах проводились глубоководные исследования с борта научно-исследовательского судна «Академик Курчатов» и в трех — с «Дмитрия Менделеева». Несомненно, ученые Института океанологии внесли существенный вклад в изучение ультраабиссали Мирового океана.

Первые батискафы

В 1948 г. великий швейцарский ученый Огюст Пикар построил первый батискаф FNRS-2 — глубоководный аппарат, в котором в качестве плавучего материала использовалась легкая жидкость — бензин. Этот аппарат давал возможность человеку по-

гружаться на глубину до 4000 м. В 1953 г. Пикар создал еще один батискаф FNRS-3, а затем — «Триест», с рабочей глубиной 6000 м [2]. В 1958 г. ВМФ США выкупил этот батискаф у Пикара, чтобы после переоборудования проводить на нем погружения в Марианскую впадину и тем самым покорить рекордную глубину океана. В Германии изготовили прочную сферу, рассчитанную на рабочее давление 1100 атм, соответствующее глубине 11 тыс. м. В январе 1960 г. сын Пикара Жак и офицер ВМФ США Дон Волш достигли глубины 10 916 м [3]. Батискаф провел на дне 20 мин, а все погружение продолжалось около 9 ч. Оно показало принципиальную возможность погружения человека на максимальную глубину океана и оставалось единственным в течение полувека. Несмо-

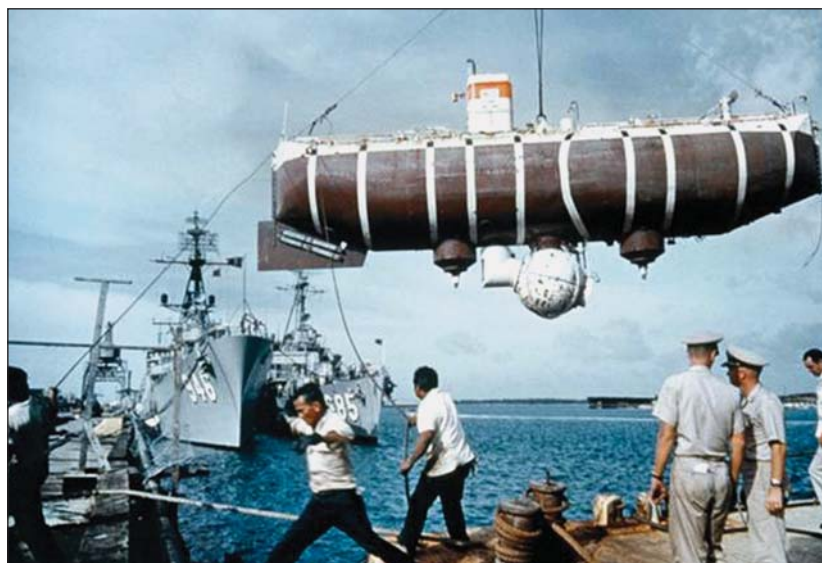
тря на то, что тогда не проводились научные наблюдения, погружение имело очень большое значение — был преодолен психологический барьер боязни глубины. Когда освоение больших глубин делало свои первые шаги, каждое погружение расценивалось как подвиг. И это естественно. Люди совершали прыжок в неизвестность, да и техника оставалась далекой от совершенства, что выражалось в большом количестве неполадок в работе различных систем батискафов. Так, обитаемая сфера «Триеста» представляла собой конструкцию из трех фрагментов, склеенных эпоксидной смолой и скрепленных металлическими стяжками. Но, как известно, при погружении диаметр сферы под давлением уменьшается на несколько миллиметров, а при всплытии увеличивается

до первоначальных размеров. Этот фактор сыграл роковую роль при проведении погружения на 6000 м: при всплытии батискафа эпоксидка на одной из границ соединения фрагментов сферы треснула, и после подъема из нее откачали довольно много воды [4]. Позднее для более надежной герметизации сферы ее всю обклеили сырой резиной. Следующее погружение на 6000 м прошло гладко. Однако случай с просачиванием воды в сферу не прошел бесследно. Уже после достижения максимальной глубины эта история дошла до руководства ВМФ США, которое посчитало дальнейшие погружения в Челленджер Дип небезопасными и прекратило операции. Обитаемую сферу заменили на оригинальную, рассчитанную лишь на 6000 м, и далее «Триест» эксплуатировался как шеститысячник. Научным руководителем погружения в Марианскую впадину был Андреас Рекнитцер, и после первого технического погружения, цель которого — достижение максимальной глубины, он планировал провести серию исследовательских погружений. Однако этим планам не суждено было сбыться.

23 января 2010 г. отмечалось 50-летие единственного погружения на максимальную глубину океана. Из двух гидронавтов оставался в живых лишь Дон Волш. Жак Пикар ушел из жизни в 2008 г. в возрасте 86 лет. Интересны судьбы этих людей.

Дон Волш сразу занялся политикой и много лет работал в администрации Белого дома, возглавляя комиссию по океану, выполняя функции советника по науке при президенте США и т.д. В 80-х годах он стал директором Института по изучению берегов и морей при Южно-Калифорнийском университете, а затем вышел на пенсию.

Жак Пикар в 1964 г. создал первый в мире туристический аппарат «Огюст Пикар», который с успехом работал на Женевском озере во время выстав-



Батискаф «Триест» перед погружением в Марианскую впадину.

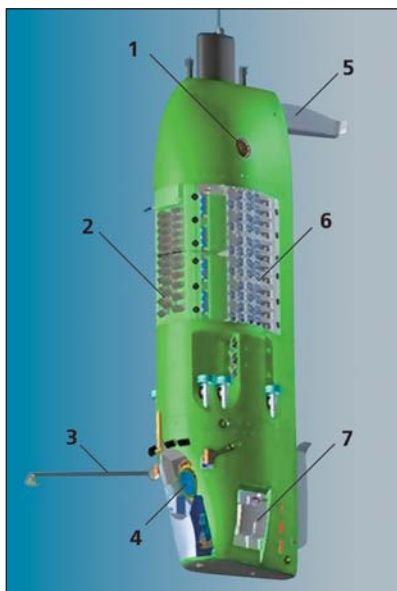
ки «Экспо-64». В 1969 г. он построил подводный аппарат «Бен Франклин», в котором международный экипаж из шести человек дрейфовал в Гольфстриме. В начале 70-х годов он создал небольшой подводный обитаемый аппарат «Форель», проработавший до конца 90-х годов в Женевском озере и Средиземном море. Пикар погружался в нем в качестве пилота. На 50-летию погружения в Марианскую впадину присутствовали дети Пикара — Терри и Мари Лу, получившие памятные подарки. Дону Волшу вручили правительственную награду. В течение полувека абсолютный рекорд глубины стоял незыблемо.

«Дипси Челленджер»

В феврале 2012 г. известный режиссер Джеймс Кэмерон начал испытания нового суперглубоководного аппарата. Идея о погружении в Марианскую впадину родилась в 2005 г. во время работы с аппаратами «Мир» на «Титанике», при проведении первой в истории прямой телевизионной трансляции с глубины 3800 м. Кэмерон поделился своими мыслями со мной, немало поговорили о конст-

рации аппарата. В дальнейшем периодически приходилось консультировать создателей по ряду технических вопросов. Аппарат рассчитан на погружение одного человека. Во-первых, это было намного дешевле, чем сделать обитаемую сферу для экипажа из трех человек, а во-вторых, это соответствовало желанию Джеймса, который хотел побить рекорд 50-летней давности. Строительство проходило в Австралии в режиме строгой секретности. Очень скудная информация начала появляться лишь в конце 2011 г., но никакие детали конструкции и возможного использования не обсуждались.

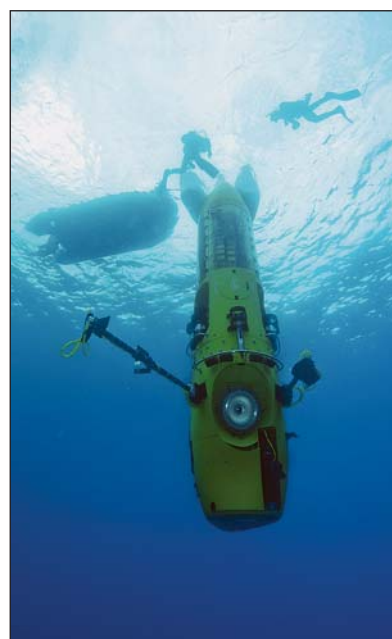
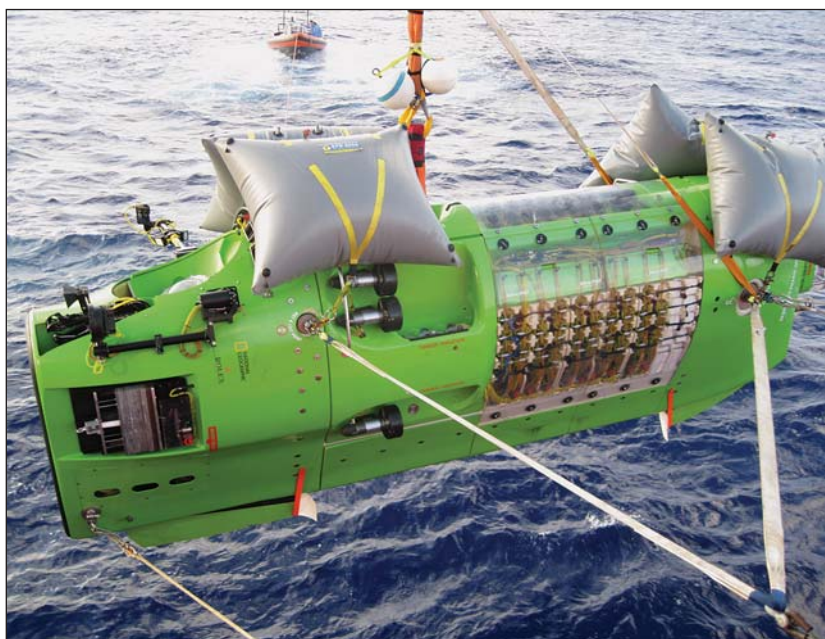
«Дипси Челленджер» сконструирован из современных материалов. Сфера диаметром 1.09 м изготовлена из лучшей высокопрочной стали, имеющейся в Австралии (предел текучести 980 кг/см²). Аппарат не имеет связующей рамы, ее роль выполняет твердый плавучий материал «синтактик» с плотностью 0.68 г/см³. В качестве источника энергии используются литиевые ионные аккумуляторы, помещенные в контейнеры с силиконовой жидкостью. Максимальный запас энергии близок к тому, что имеют аппараты



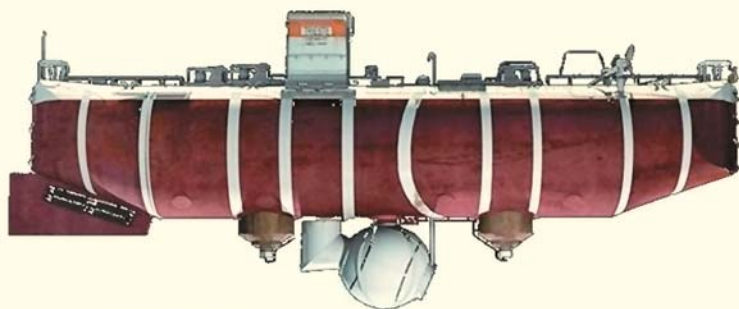
Глубоководный обитаемый аппарат «Дипси Челленджер». Погружение на 11 км длится три часа. Система жизнеобеспечения позволяет находиться на дне в течение шести часов. 1 — точка зацепа аппарата; 2 — световая панель размером 2,5 м; 3 — выдвижные штанги для видеокамеры и светильника, осуществляющих основную съемку донной поверхности; 4 — обитаемая сфера диаметром 1,09 м; 5 — стабилизатор; 6 — литиево-ионные аккумуляторы; 7 — сбрасываемый груз.

«Мир», — около 96 кв.ч. «Дипси Челленджер» погружается за счет собственного веса: спускается с борта судна с надувными емкостями, удерживающими его на поверхности в горизонтальном положении. Затем водолазы-аквалангисты их отцепляют. Аппарат переходит в вертикальное положение и уходит вниз. Обитаемая сфера находится в нижней части аппарата. Единственный иллюминатор с внутренним диаметром 7,5 см представляет собой часть люка. Погружение на глубину 11 км длится 3 ч. Система жизнеобеспечения позволяет находиться на дне в течение 6 ч. При приближении к грунту пилот сбрасывает стальную дробь, удерживаемую в бункере электромагнитом до момента, когда аппарат приобретает нейтральную плавучесть. «Дипси Челленджер» проводит наблюдения вблизи дна, маневрируя с помощью четырех горизонтальных и шести вертикальных двигателей, мощностью 3 кВт каждый. Для проведения научных исследований аппарат оборудован комплексом гидрофизических и гидрохимических датчиков. На нем уста-

новлено шесть высокоразрешающих видеокамер, освещение обеспечивается мощной панелью жидкокристаллических диодов высотой 1,8 м и шириной 40 см. Один манипулятор и всасывающее устройство (слэпган) позволяют осуществлять отбор легких геологических и биологических образцов. С помощью двух геологических трубок можно отобрать пробы осадков длиной до 40 см. На аппарате имеются две выдвижные штанги. На одной из них установлена стереовидеокамера (правая сторона), а на другой — мощный осветитель. Эта видеосистема осуществляет основную видеосъемку донной поверхности, лежащих на ней предметов и др. Отрыв аппарата от грунта по завершении работ и последующее всплытие происходит путем сброса 20 стальных таблеток общим весом 600 кг. После сброса груза «Дипси Челленджер» развивает скорость всплытия до 150 м/мин, т.е. весь процесс подъема с 11 тыс. м длится немногим больше часа. Для выбранной конструкции аппарата, названного Кэмероном «вертикальной торпедой», техниче-



«Дипси Челленджер» с прикрепленными надувными емкостями (слева) и после их отстыковки в вертикальном положении под водой.

**ТРИЕСТ 1960**

150 т
 экипаж 2 человека
 погружение до дна: 4 ч 48 мин
 всплытие: 3 ч 15 мин
 нет видео и фото
 нет пробоотборников
 20 мин на дне

**ДИПСИ ЧЕЛЛЕНДЖЕР 2012**

11.8 т
 1 пилот
 3 ч
 1 ч
 8 HD камер (4 снаружи и 1 на манипуляторе),
 датчики CTD, бункер для образцов, геологические трубки, слэп-ган
 6 ч

Батискаф «Триест» и «Дипси Челленджер».

кое устройство систем погружения-всплытия, движения и электрообеспечения оптимальны. Такой подход позволил создать довольно легкий аппарат — его масса 12 т. Для сравнения: батискаф «Триест» весил 150 т без заполнения поплавка бензином (еще 200 т!).

Если рассматривать конструкцию «Дипси Челленджера» с точки зрения удобства использования для исследовательских целей, то к недостаткам следует отнести вертикальное рабочее положение. Башня высотой 7 м движется вблизи дна, что ограничивает возможности аппарата в условиях сложного рельефа с вертикальными стенками, нависающими карнизами и др. Погружение одного человека в очень маленьком объеме обитаемой сферы не позволяет проводить полновесные исследования. Научные наблюдения из аппарата предполагают присутствие в нем специалиста, способного разобраться в геологической обстановке, определить виды животных, выбрать оптимальные пути решения научных задач. В случае сольного

погружения основное внимание пилота сосредоточено на обеспечении безопасности, а о научных достижениях можно судить лишь по видеозаписям и отобраным образцам уже после подъема. Тем не менее со-

здание аппарата «Дипси Челленджер» — пионерский шаг, ибо это первый суперглубководный аппарат нового поколения, построенный, правда, по принципу батискафа без гибкой балластной системы, но без



Судно обеспечения самого глубоководного погружения — «Сапфировая русалка».

использования бензина в качестве плавучего материала, т.е. без огромного поплавка. В отличие от «Триеста», который доставлялся к месту погружения буксировкой от ближайшего порта, «Дипси Челленджер» базируется на судне обеспечения «Сапфиновая русалка» водоизмещением 2 тыс. т.

Единственный пилот нового батискафа — Джеймс Кэмерон. Операции по управлению осуществляются с помощью компьютера, на котором отображается информация о состоянии и работе всех систем. Из обслуживающей аппарат команды лишь Кэмерон имел опыт глубоководных погружений. В течение 1995—2005 гг. он совершил 51 погружение в аппаратах «Мир», снимая знаменитый «Титаник», а также фильмы «Бисмарк», «Призраки бездны», «Пришельцы с глубин». Этот ценный опыт и дал возможность построить новый аппарат и пилотировать его [5]. Как говорит сам Кэмерон: «“Миры” — моя школа глубоководных погружений». Когда я прилетел на место базирования «Дипси Челленджера», Кэмерон, представляя меня на первом собрании, сказал: «Это мой ментор».

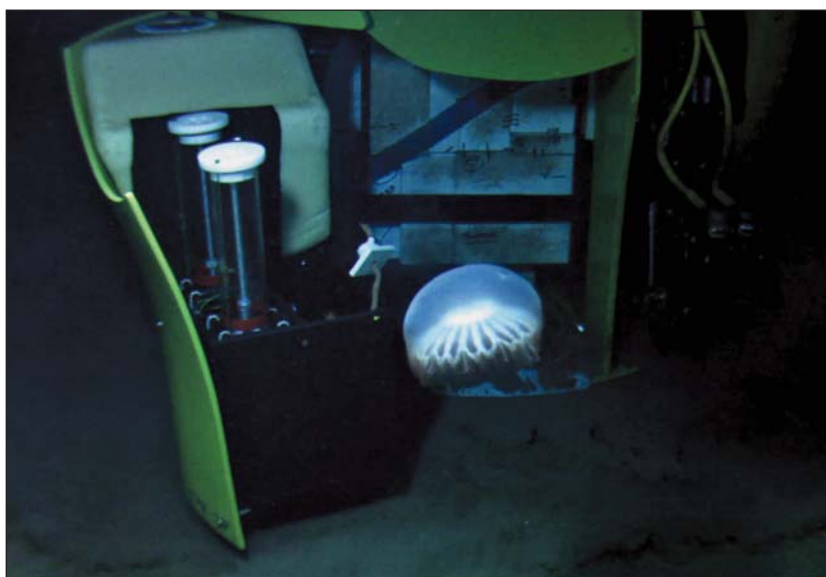
Рекорд побит!

Погружения «Дипси Челленджера» начались в середине февраля 2012 г. с глубины 300 м, в районе северной Австралии. В начале марта экспедиция перебазировалась на о.Гуам, в районе которого предполагалось сделать серию глубоководных погружений. К тому же Гуам — ближайшая базовая точка к Марианской впадине. Отсюда отправлялся и «Триест» в 1960 г. После успешного погружения Кэмерона на 6000 м планировался спуск на 8000 м в районе Новобританского желоба, а затем — в Марианскую впадину. Глубины 8300 м «Дипси Челленджер» достиг со второй попытки. Во время первого погружения на 7200 м отказал компьютер, и пилот был вынужден сбросить груз и всплыть на поверхность. Второе погружение прошло успешно. При подходе к грунту Кэмерон увидел на желтом осадке скопление медуз фиолетового цвета диаметром около 20 см. Далее, перемещаясь вдоль горизонтальной поверхности дна, он вышел к пологому склону, где обнаружил колонии актиний *Galathea-themum* sp., которые ранее не-

однократно поднимались со дна Марианского и других желобов во время тралений в российских экспедициях. Они хранятся в биологической коллекции Института океанологии.

Перед погружением на максимальную глубину было решено совершить беспилотный спуск «Дипси Челленджера». На аппарате установили таймер, по которому должен сбрасываться груз, обеспечивающий всплытие аппарата. На борту кроме команды обслуживания находились гости, приглашенные Кэмероном, — Дон Волш, представитель Морского технологического общества США Кевин Харда и я. После ухода аппарата под воду «болельщики» на мостике следили за ним по монитору. Данные о глубине, скорости погружения, температуре и других параметрах постоянно передавались по каналу телеметрии. Проход в толще воды от поверхности до дна занял 2,5 ч. Наконец показания на мониторе остановились на 10 878 м. Аппарат сел на дно! Но нет восторженных возгласов. Все замерли в молчаливом ожидании — сработает ли таймер? Проходит час (показавшийся вечностью), и вдруг показания глубины на мониторе начинают уменьшаться: таймер сработал, и груз на всплытие сброшен. Еще через час аппарат появился на поверхности. Пробыло полночь. В крошечной тьме мы увидели мигающий световой маяк. К нему подошел катер и отбуксировал «героя» к судну. «Дипси Челленджер» успешно прошел испытание на максимальной глубине океана (или очень близкой к ней, отличающейся лишь на несколько десятков метров). Теперь Кэмерон мог с уверенностью погружаться в Марианскую впадину, не сомневаясь в надежности аппарата.

Несколько дней стояла «нелетная» погода: сильный ветер и огромные волны не позволяли проводить работы. К вечеру 24 марта ветер стал стихать, и утром 25-го осталась лишь не-



Гидромедуза на фоне пробоотборников «Дипси Челленджера» у дна Новобританского желоба (8300 м).



Актинии *Galatheanthemum* sp. Слева — на дне Новобританского желоба (8300 м, 2012 г.), справа — в биологической коллекции ИО РАН (Курило-Камчатский желоб, 7140 м, 1953 г.). Длина левого экземпляра 14 см.

большая зыбь. Команда готовит аппарат. Выходит Кэмерон, делает технические проверки перед погружением. Ему ассистирует Ронни Аллум — австралиец, который руководил строительством аппарата, преданный Кэмерону человек, технический руководитель проекта. Все готово! Кэмерон садится в аппарат, закрывает люк. Никакого ажиотажа, пиара, суеты корреспондентов. Лишь на верхней площадке стоят с видеокамерами представители Национального географического общества США и члены группы Кэмерона во главе с Джоном Бруно, снимавшие фильм о новом проекте. Проходит ставший уже привычным спуск на воду. Водолазы отцепляют воздушные емкости. Показывается верхняя оконечность повернутого вертикально аппарата, и «Дипси Челленджер» уходит под воду. Участники группы обеспечения погружения снова не отводят глаз от монитора на мостике судна. Скупые на слова сеансы подводной связи проходят каждые 30 мин. Через три часа Кэмерон сообщает: «Глубина 11 034 м. «Дипси Челленджер» сел на дно, подняв

облако мути. Все нормально». Народ ликует. Грустно смотрит Дон Волш: его рекорд 50-летней давности побит на целых 118 м. Но это не так важно, ведь все равно они вместе с Жаком Пикаром были первыми. Жизнь не стоит на месте, и, конечно,

очень радостно, что рождаются новые идеи, создаются новые аппараты и человек осваивает максимальные глубины Мирового океана. Сообщение снизу: «Сплошной желтоватый ил. Кроме амфипод, никаких животных не наблюдаю. Попробую пройти



Дон Волш и Анатолий Сагалевич у модели «Триеста» на борту «Сапфировой русалки» (2012 г.).



Джеймс Кэмерон выходит из аппарата «Дипси Челленджер».

к северу по направлению к подъему поверхности дна».

Аппарат находится на дне уже около двух часов. Приходят короткие сообщения: «Двигаюсь к северу. Прошел около 1 км. Картина не меняется». Затем вдруг: «Из системы гидравлики ушло масло, готовлюсь к всплытию». На глубине 11 034 м давление более 1100 атм. Что-то не

выдержало в системе гидравлики. Ничего необычного. Главное, все жизненно важные элементы и узлы в нормальном состоянии, и человек под водой в безопасности. Через несколько минут Кэмерон начал всплывать с новой рекордной глубины. Сделан еще один шаг в покорении океана в аппарате нового поколения, и теперь необхо-

димо подумать о проведении научных исследований ультраабиссали, ведь мы о ней знаем очень мало.

Но вот «Дипси Челленджер» на поверхности. Его буксируют к «Сапфировой русалке», водолазы зацепляют подъемный трос. Аппарат ставят на палубу. Открывается люк, и появляется улыбающийся, слегка усталый и счастливый Кэмерон. Он — третий человек на нашей планете, погрузившийся в самые глубины Мирового океана.

* * *

На Луне на аппаратах «Аполло» с 1969 по 1972 г. побывало 13 астронавтов, которые провели на естественном спутнике Земли около 5 сут и передвигались по его поверхности около суток. Три гидронавта — Дон Волш, Жак Пикар и Джеймс Кэмерон — провели на дне Марианской впадины всего 2 ч 20 мин. Между тем неудержимое развитие наук о Земле, которое базируется на исследованиях, проводимых с борта научных судов с применением современной необитаемой техники, подтверждает многообразие геологических структур в строении глубоководных желобов, позволяет обнаружить в них массовые скопления гидротермальных симбиотрофных животных.

Эти уникальные явления на суперглубинах ждут детального изучения, которое возможно только путем проведения длительных наблюдений из глубоководных обитаемых аппаратов. ■

Литература

1. Беляев Г.М. Глубоководные океанологические желоба и их фауна. М., 1989.
2. Busby R.F. Manned submersibles // Office of the Oceanographer of the NAVY. 1976. P.764.
3. Зенкевич Л.А. Человек на глубине 11 000 метров // Природа. 1960. №4. С.93.
4. Walsb D. In the beginning... // Marine Technology Society Journal Special Edition «In to the Trench». 2009. V.43. №5. P.9—14.
5. Сагалевиц А.М. Глубина. М., 2002.

Альфред Вегенер и его экспедиции в Гренландию

К 100-летию теории дрейфа материков

П.Г.Талалай,

доктор технических наук

Полярный научно-исследовательский центр Цилинского университета
Чанчунь (Китай)

В детстве у меня, как, наверное, и у многих других любознательных школьников, появилась идея вырезать из контурных карт бумажные модели материков и состыковать их в единый континент. Многие места этого географического пазла имели разрывы и наложения, но особенно хорошо укладывались друг в друга береговые очертания материков Южного полушария. Тогда я еще не слышал о теории литосферных плит, но мне подумалось, что когда-то давно на Земле мог быть только один огромный участок суши, окруженный со всех сторон океаном.

Позже, уже будучи студентом Ленинградского горного института, я узнал, что «этот велосипед» был изобретен еще в начале XX в. немецким геологом и метеорологом Альфредом Вегенером. Имя этого выдающегося ученого известно в России немногим. На русском языке сведений о нем, его трудах и вкладе в науку до обидного мало. Его имени нет даже в школьном учебнике географии, несмотря на то, что всему миру он известен как автор ныне уже классической теории дрейфа материков.

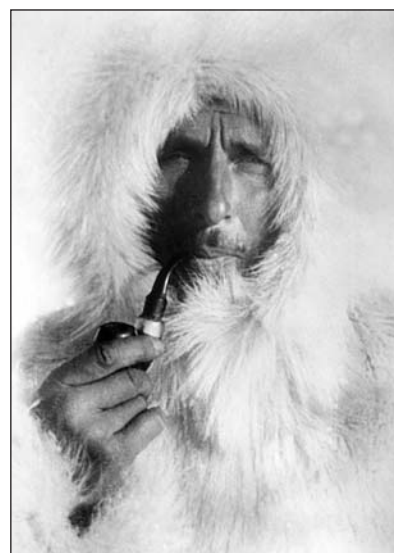
Вегенер родился в Берлине 1 ноября 1880 г. в семье священника, служащего в приюте. После окончания гимназии он учился в Берлинском и Гейдельбергском университетах и уже в 1904 г. за-

щитил диссертацию по специальности «астрономия». Получив диплом, Альфред поступил на работу в Линденбергскую аэрологическую обсерваторию под начало своего старшего брата — метеоролога Курта. Метеорологические исследования они проводили, летая на аэростате, и в апреле 1906 г. поставили рекорд продолжительности полета — 52 ч (что на 17 ч превысило предыдущее достижение).

Трижды Вегенер участвовал в экспедициях в Гренландию, и все они были связаны со смертельным риском [1].

В свою первую экспедицию, проходившую под руководством датского полярника и писателя Людвиг Мюлиус-Эрикссена, он отправился в 1906 г. в качестве метеоролога. Почти два года Вегенер провел на острове, собирая уникальные материалы о метеорологических условиях полярного севера. В марте 1907 г. он вместе с Мюлиус-Эрикссеном и еще двумя исследователями ушел в маршрут в наименее изученную северную часть Гренландии. Через два месяца Вегенер, как и было запланировано, возвратился на базу, а остальные продолжили исследования, однако обратно его коллеги так и не вернулись. Природа гигантского острова неизменно сурова и безжалостна...

Результатом первой экспедиции Вегенера стала монография «Термодинамика атмосферы» (1911). Метеорологи считают



Альфред Вегенер — геолог, метеоролог и основоположник теории дрейфа материков (1930).

Здесь и далее фотографии из архива Института полярных и морских исследований им. А.Вегенера (<http://www.awi.de>)

эту книгу его главным научным достижением и ссылаются на нее по сей день.

Вегенер влюбился в красоту ледяной природы Гренландии, и, когда его попутчик по первой экспедиции Петер Кох предложил ему участвовать во второй, он согласился и ради этого даже отложил свадьбу с Эльзой Кёппен, дочерью своего старшего друга и известного ученого Владимира Кёппена.

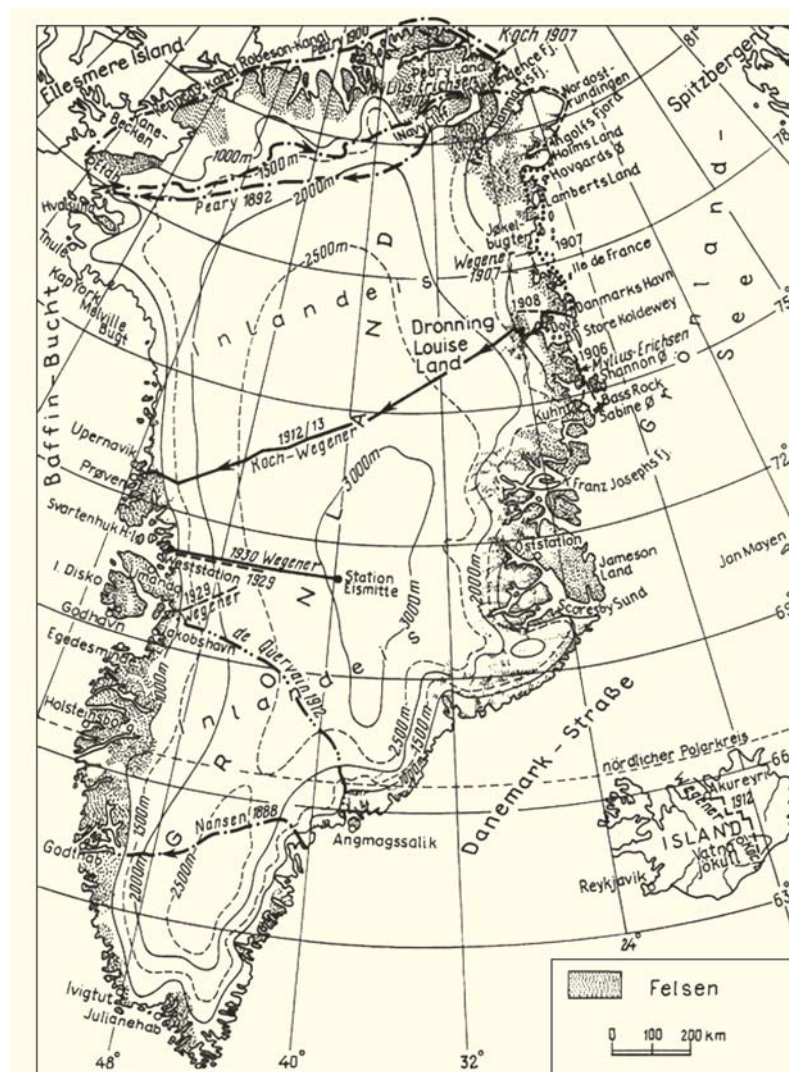
В июле 1912 г. Вегенер и Кох с двумя помощниками высади-



Альфред Вегенер после окончания Берлинского университета (1904).

лись на восточном берегу Гренландии. В этой экспедиции Вегенер и его товарищи тоже, причем дважды, оказывались на волосок от смерти. Вначале неожиданно обвалился край гигантского ледника и многотонные обломки едва не завалили их лагерь. А на последнем этапе экспедиции Вегенер и трое его товарищей оказались на краю гибели из-за голода и холода. Произошло это во время фантастически трудного перехода через Гренландию в самом широком ее месте (а это более тысячи километров) с подъемом на высоту почти 3 км. В середине маршрута путники остались без тягловой силы — исландских лошадок. Спас случай: эскимосы, посланные на их поиски, смогли найти их среди фьордов, ледников и плавучих льдин.

Первая мировая война прервала научную работу — Вегенер стал младшим офицером германской армии. В 1915 г. после двух тяжелых ранений он получил длительный отпуск. Это позволило ему завершить и опубликовать главный научный труд его жизни — «Происхождение материков и океанов». Здесь он пишет: «Впервые идея дрейфа континентов возникла



Маршруты экспедиций Вегенера и других первопроходцев в Гренландии.

у меня еще в 1910 г. при рассмотрении карты мира в связи с непосредственным впечатлением о совпадении очертаний береговых линий по обеим сторонам Атлантики... Это побудило меня просмотреть, вначале поверхностно, имеющиеся по этому вопросу результаты исследований в геологической и палеонтологической областях» [2].

Следует отметить, что свой первый публичный доклад — «Образование крупных форм рельефа земной коры (континентов и океанов) на основании геофизических данных» — Вегенер сделал 100 лет назад, 6 января 1912 г., на заседании Гер-

манской геологической ассоциации во Франкфурте-на-Майне. Будем считать эту дату днем рождения новой теории — теории дрейфа материков.

В геологии между тем развернулась борьба идей, продолжающаяся с разной интенсивностью до сих пор. Советский геолог, исследователь Антарктиды П.С.Воронов, мой учитель, сравнил 90-страничную брошюру Вегенера с трудом Николая Коперника «Об обращении небесных кругов». «В той и другой работах разрушалось представление о неизыблемости земной тверди», — утверждал профессор Воронов. Конечно, все знают Ко-

перника, но многим ли, кроме специалистов, известен Вегенер?

Справедливости ради следует заметить, что Вегенер был не первым, кто обратил внимание на сходство очертаний берегов противоположащих континентов. Сам Вегенер писал: «...не исключено, что с течением времени будут обнаружены другие работы, созвучные теории перемещения или предвосхищающие то или иное ее положение». Однако создание концепции дрейфа континентов как целостной теории принадлежит исключительно Вегенеру.

Суть теории Вегенера заключалась в следующем: материка, определяющие лик нашей планеты, некогда составляли единое целое, а потом под влиянием центробежных сил разошлись в стороны. Протоконтинент, содержащий почти всю континентальную кору Земли, он назвал *Пангеей* — от древнегреческого слова Πανγῆα — «всеземля».

Для доказательства дрейфа материков после раскола гигантского суперконтинента Вегенер использовал не только схожесть береговых очертаний современных материков, но и геологические, палеонтологические и палеоклиматические данные. Он обратил внимание на близость возраста и состава осадочных и магматических формаций, слагающих периферийные районы Африки и Южной Америки со стороны Атлантического океана. Другим убедительным аргументом в пользу существования в Южном полушарии в конце палеозоя — начале мезозоя (примерно 225—300 млн лет назад) единого материка были следы обширного материкового оледенения, найденные на юге Африки, в Южной Америке, на Индостанском п-ове и в Австралии. Все говорило о том, что они находились вблизи Южного географического полюса и были «спаяны» вместе. Действительно, трудно представить, что оледенение могло одновременно охватывать столь удаленные друг от друга материка.



Вегенер в балке на базовом лагере в Гренландии (экспедиция 1912—1913).

По признанию самого Вегенера, на мысль о возможном дрейфе материков его натолкнули данные о близком составе палеонтологических остатков, которые были обнаружены в континентальных породах палеозойского и раннемезозойского возраста Африки и Южной Америки. Особенно поразительными оказались находки на этих континентах скелетов листозавров — представителей редкой группы динозавров. На материках Северного полушария их остатки не встречались. Все это свидетельствовало о существовании сухопутного моста между южными материками. Сходны были также флористические комплексы из континентальных разрезов Африки и Южной Америки. Однако на рубеже поздней юры и раннего мела (140—150 млн лет назад) появились различия. Отсюда Вегенер сделал вывод, что отделение Южной Америки от Африки произошло именно в это время.

После окончания войны он становится директором отдела метеорологических исследований Морской обсерватории в Гамбурге. В 1924 г. ученый переезжает в Австрию, где получает кафедру метеорологии и геофизики в Грацском университе-



Обложка первого издания брошюры Вегенера «Происхождение материков и океанов» (1915).

те. Выход четвертого издания его книги (1929) дает новый толчок дискуссии о дрейфе материков. Но автор концепции в ней уже не участвует. Он снова в Гренландии. Но в этой — третьей для Вегенера — экспедиции счастливый случай уже не помог ему. На этот раз все складывалось неладно: поздняя весна, задержка на шесть недель с орга-



Листозавры появились в конце пермского периода и вымерли в конце триаса. Их останки были обнаружены в Африке и Индии, а недавно — и в Антарктиде, что подтверждает теорию о том, что южный полярный материк действительно был центром Гондваны.

низацией базового лагеря, выход из строя аэросаней, на которые возлагались большие надежды...

Летом 1930 г. почти в центре Гренландии, в 400 км от побережья, была создана научная станция Айсмитте. На ней остались проводить метеорологические



Альфред Вегенер со своей неизменной трубкой незадолго до своего последнего путешествия в Гренландию (1929).

и гляциологические наблюдения два сотрудника — Эрнст Зорге и Йоханс Георги. Но заброска продовольствия на станцию практически прекратилась, транспорта и связи на Айсмитте не было. Сопровождавшие экспедицию Вегенера эскимосы — две партии, одна за другой — отказались идти с ним от побережья в глубь острова. Тогда Вегенер со своим коллегой Фритцем Леве и верным товарищем, гренландским эскимосом Расмусом Виллумсеном, на собачьих упряжках отправляются на Айсмитте на помощь своим коллегам.

30 октября они достигли станции и привезли товарищам столь необходимые продукты. Но положение на Айсмитте оставалось критическим. Привезенных припасов все равно не хватило бы до весны, учитывая, что теперь население станции увеличилось с двух до пяти человек. Постоянные обитатели станции привязаны к своей аппаратуре и должны вести наблюдения. Леве отморозил ноги, на Айсмитте ему подручными средствами ампутировали пальцы и он был не

в состоянии передвигаться. Поэтому для уменьшения количества едоков Вегенер принимает решение отправиться в обратный путь к побережью. 1 ноября 1930 г., в день своего пятидесятилетия, он в компании с Расмусом покидает Айсмитте.

Обратный путь к базовому лагерю на западном побережье острова оказался для путников трагическим. Нечеловеческих тягот движения по снежным пустыням гренландского ледника не выдержали ни собаки, ни люди. Вегенер скончался от сердечного приступа, случившегося после большого физического переутомления. Расмус забрал его дневник (цену ему гренландец знал хорошо), записные книжки, некоторые личные вещи и пошел дальше на запад, к базе. До спасательной партии он не дошел совсем немного, об этом свидетельствовали обнаруженные позже следы его ночевок.

Весной на Айсмитте прибыла санная партия с базового лагеря. Вегенера на станции не оказалось — а ведь на базе полагали, что он зимовал на Айсмитте! Начались поиски. Посмертная удача (если это выражение здесь уместно) Вегенера была такова, что тело его нашли. Произошло это примерно на полпути к побережью. Верный Расмус положил его в спальный мешок, накрыл меховой шубой и похоронил. При этом он сделал все, чтобы могила, сооруженная в толще ледника, не затерялась в ледяной пустыне. Над ней были воткнуты лыжи Вегенера и установлен крест из труб для бурения льда.

На станции Айсмитте, в самом центре Гренландии, оставались трое — Зорге, Георги и Леве. Еще не зная, что случилось с Вегенером, они продолжали исследования. Семь долгих месяцев полярной ночи гляциолог Зорге копал 15-метровый шурф под снежной пещерой, служившей ему и его товарищам жильем. При этом он тщательно изучал структурные особенности разреза, измерял плотность и другие физические свойства снега. Зор-



Аэросани, специально сконструированные для экспедиции, не выдержали испытания суровыми природными условиями (1930).



Кают-компания станции Айсмитте. Э.Зорге (слева) и Ф.Леве.



Вегенер (слева) со своим верным товарищем, эскимосом Расмусом Виллюмсеном (1930).



Зимовочная станция Айсмитте. Так она выглядела на поверхности (1930).

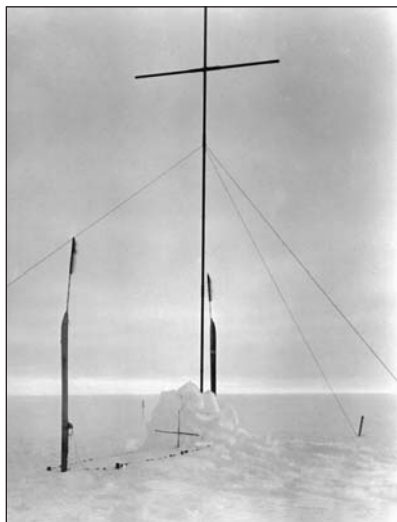
ге был первым, кто определил характеристики ежегодного снегонакопления в центральной части Гренландского ледникового щита. Через 20 лет эти и другие данные были интерпретированы американским гляциологом Генри Бадером. Он получил зависимость плотности снежно-фирновых отложений от глубины [3]. В честь героического труда уче-

ного-полярника это математическое выражение Бадер назвал законом уплотнения Зорге.

В 1950 г. силами Французской полярной экспедиции под руководством легендарного исследователя Поля-Эмиля Виктора вблизи старой немецкой станции Айсмитте была построена новая зимовочная станция Централь. Айсмитте же за 20 лет

оказалась полностью погребена снегом, и попытки разыскать ее не увенчались успехом.

Возвращаясь к теории дрейфа материков, отметим, что после нескольких лет ажиотажа ее популярность быстро пошла на убыль. В немалой степени это было связано с трагической гибелью ее автора. Поначалу смелость и внутренняя логика кон-



Ледяной мавзолей с крестом из бурильных труб — могила Вегенера, обнаруженная его братом Куртом во время спасательной экспедиции (1931).



Для создания бюста Вегенера на входе в Институт полярных и морских исследований (фото автора) скульптор явно использовал одну из последних фотографий ученого в Гренландии.



цепции захватили умы многих современников Вегенера. Но спустя несколько лет были произведены расчеты, которые показали, что механизм возможного дрейфа материков в том виде, в каком он представлялся Вегенеру, нереален. Чтобы двигаться, огромные континентальные глыбы должны преодолевать сопротивление тяжелой и вязкой океанической коры, а также твердой (по представлениям тех лет) мантии, т.е. по существу взламывать и ту, и другую. Центробежной силы, двигающей материи, на это явно не хватило бы.

Однако интуиция Вегенера опередила развитие науки почти на полстолетия. В 60–70-х годах прошлого века идеи дрейфа материков были возрождены на новой фактической основе в виде «новой глобальной тектоники» — теории литосферных

плит (Х.Хесс, Р.Диц и др.) [4]. Согласно этой теории, литосфера — это не жесткий панцирь Земли, и состоит она из нескольких очень больших блоков — литосферных плит толщиной 60–100 км, отделенных друг от друга тектоническими разрывами по осевым линиям сейсмических поясов планеты. Плиты испытывают друг относительно друга раздвиг (с образованием рифтов и океанов), поддвиг (с погружением одной плиты под другую) или горизонтальное смещение типа сдвига.

Довольно полное и простое объяснение дрейфа материков с позиции теории литосферных плит стало причиной быстрого и широкого успеха этой концепции [5]. Однако и в новой гипотезе имеется много неясных положений. Например, так и остался открытым вопрос о движущей силе, перемещающей

плиты. Не объяснены причины тектонических процессов внутри литосферных плит (к примеру, причины возникновения гор Гамбурцева внутри Антарктической плиты [6]). Непонятен характер геологических процессов в рифтовых зонах срединных хребтов. Все эти и многие другие вопросы требуют дальнейшего детального изучения.

В 1980 г. в Германии был создан научно-исследовательский институт, призванный координировать все немецкие проекты в полярных районах. Вполне закономерно, что Институт полярных и морских исследований получил имя Альфреда Вегенера. Недавно мне довелось побывать в этом прославленном научном заведении и своими глазами увидеть, как каждого входящего в здание немного грустно приветствует бронзовый Альфред Вегенер...■

Литература

1. Милановский Е.Е. Альфред Вегенер. М., 2000.
2. Вегенер А. Происхождение континентов и океанов. Л., 1984.
3. Bader H. Sorge's law of densification of snow on high polar glaciers. Research Paper 2. Wilmette, 1953.
4. Сорохтин О.Г., Ушаков С.А. Развитие Земли. М., 2002.
5. Хаин В.Е. Современная геодинамика: достижения и проблемы // Природа. 2002. №1. С.51–59.
6. Талалай П.Г., Марков А.Н. Горы Гамбурцева — хребет, который никто никогда не видел // Природа. 2012. №2. С.29–38.

Пути проникновения склерактиний в глубины океана

Н.Б.Келлер,

кандидат геолого-минералогических наук
Институт океанологии им.П.П.Шишова РАН
Москва

Вопрос о геологической молодости или древности коралловой фауны, населяющей абиссальные глубины океана, до сих пор не имеет однозначного ответа [1]. На основании собственных многолетних исследований, посвященных морфологической изменчивости шестилучевых кораллов — склерактиний, этих поразительно пластичных организмов, были предложены аргументы в пользу того, что коралловая фауна батиаля* молода: моложе, чем абиссальная [2]. Какими же были возможные пути завоевания этими организмами океанических глубин?

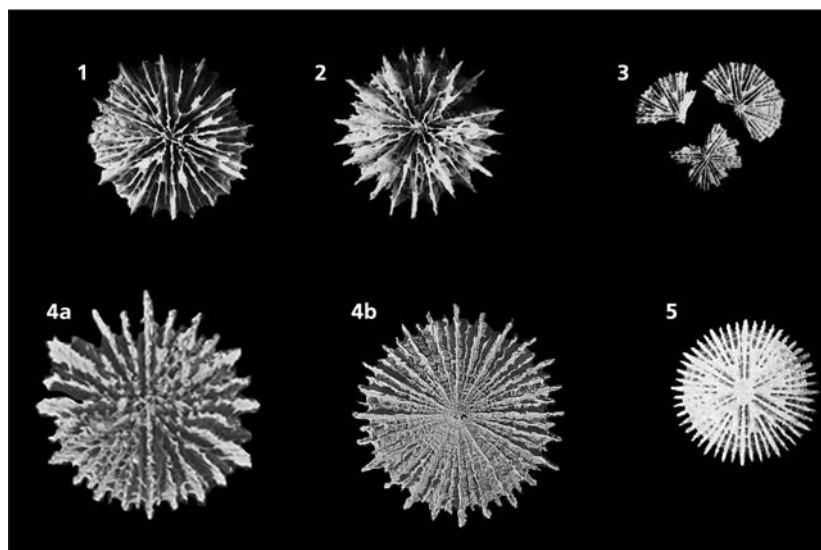
Исследования последних десятилетий доказали, что начиная с позднего протерозоя в истории Земли происходило чередование периодов глобального похолодания и потепления Мирового океана. С ними были связаны периоды процветания и угнетения абиссальной донной фауны — вплоть до ее исчезновения [3, 4]. Для холодноводной глубоководной донной фауны наиболее катастрофичным оказался меловой период, когда вся толща вод океана прогревалась до 15–20°C, в придонных слоях

развивались стагнация и сероводородное заражение. Лишь переход в начале кайнозойской эры, в эоцене—олигоцене, к контрастному климату и последующее охлаждение глубинных вод привели к восстановлению жизни в океанической абиссали. Наиболее плодотворным путем решения вопроса о том, де-риватами какой фауны склерактиний могли быть вселенцы в постмеловую холодноводную абиссаль, мы считаем изучение морфологических адаптаций этих кораллов.

Одиночные склерактинии — коралловые полипы, обладающие кальцитовым или араго-

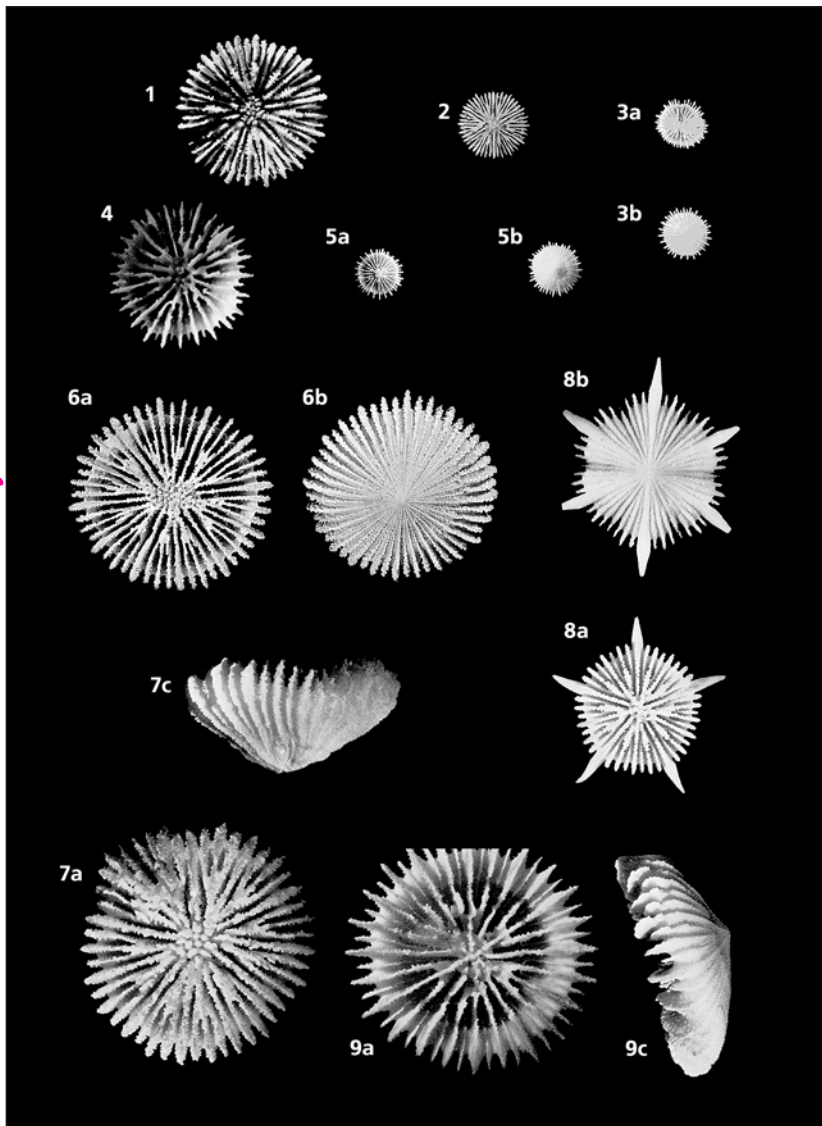
новым скелетом. Они обитают в широком диапазоне глубин (от литорали до абиссали) и температур (от +20 до –1.1°C). Эта группа, входящая в отряд шестилучевых кораллов, появляется в ископаемой летописи в отложениях среднего триаса (после значительного — около 10 млн лет — интервала времени, когда скелетные остатки кораллов не известны), придя на смену палеозойским четырехлучевым кораллам отряда Rugosa, населявшим древний океан начиная со среднего ордовика.

Основная масса склерактиний обитает в пределах континентального шельфа, меньшая



Разнообразие числа септ у кораллитов обитающих в абиссали и верхней батиаля видов рода *Fungiacyathus*: *F. marenzelleri* (1–4), северо-западная часть Тихого океана, Курило-Камчатский желоб: 1 — глубина 4620 м, 2 — 5220 м, 3 — 6125 м, 4 — 4000 м; *F. symmetricus* (5), Атлантический океан у берегов Флориды, глубина 640–823 м. На фотографиях индексом а обозначен вид сверху, b — вид снизу, с — вид сбоку.

* Дно Мирового океана (бенталь) подразделяется на три зоны: неритовую — подводная окраина материков (шельф) до глубин 200–500 м, батияльную (батияль) — материковый склон до глубины 3000–3500 м и абиссальную (абиссаль) — ложе океана; глубоководные впадины называют ультраабиссалью.



Разнообразие числа септ у кораллитов некоторых обитающих в батии видов и обитающего в абиссали вида рода *Deltocyathus*: *D. moseleyi* (1, 4), северо-западная часть Тихого океана, глубина 1640 м; *D. italicus* (2), центральная часть Атлантического океана, 1060 м; *D. parvulus* (3, 5), центральная часть Тихого океана, 5080 м; *D. vaughani* (6), северная часть Тихого океана, 675 м; *D. conicus* (7), северо-восточная часть Атлантического океана, 2096 м; *D. calcar* (8), у Бермудских о-вов, 675 м; *D. eccentricus* (9), у Азорских о-вов, 826 м.

часть — в батии, и только три рода (трех различных семейств) — *Fungiacyathus*, *Leptopenus* и *Deltocyathus* — проникают в абиссальные глубины океана, где условия жизни экстремальны для донных организмов.

Приспособительные возможности склерактиниевых кораллов поистине безграничны. Их способность адаптироваться к самым разнообразным услови-

ям меняющейся среды в большой степени, возможно, связана и с тем, что они обладают всеми основными механизмами гетеротрофного питания, доступными сидячей фауне, потребляя все виды пищи, кроме фитопланктона. Нет сомнений, что основное препятствие к заселению ими больших глубин, как и для многих других организмов, — малая концентрация питательных ве-

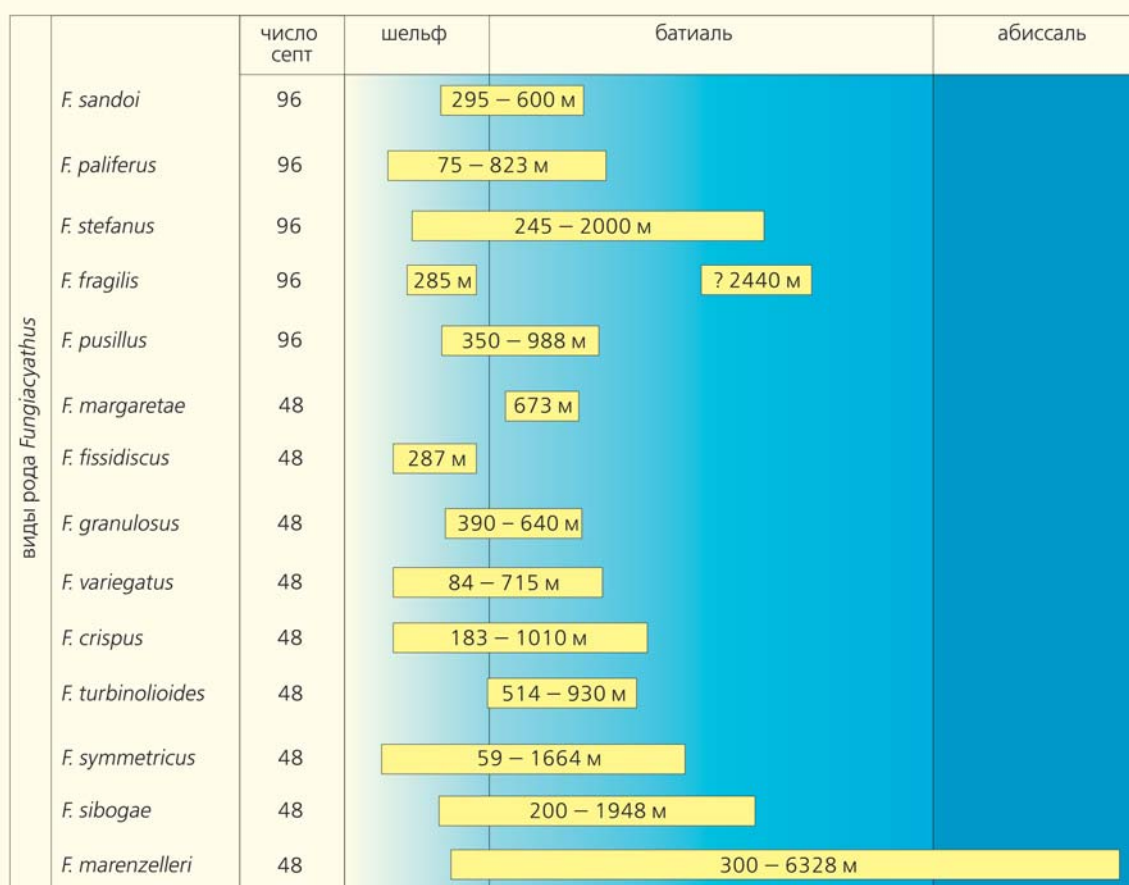
ществ, достигающих дна, особенно в центральных областях океанов [5]. Определенную ограничивающую роль играет и высокое содержание CO_2 , растворенного в холодной воде под давлением, усложняющее извлечение карбоната кальция из воды, что существенно для строящих известковый скелет организмов.

Какие же склерактинии населяют глубины океана? Род *Fungiacyathus* известен с эоцена. Абиссали достигает вид *F. marenzelleri*: он обитает на глубинах от 2000—3000 до 6328 м, и только у Антарктического материка поднимается до глубины 300 м. Род *Leptopenus* — современный, в ископаемом состоянии неизвестен, на глубинах от 2000 до 5000 м обитает вид *L. discus*. Род *Deltocyathus* объединяет преимущественно мелководные виды, в абиссаль (до глубины 5080 м) проникает вид *D. parvulus*.

Кораллы, обитающие в верхних слоях океана, обладают необычным разнообразием морфологических форм. Из всего этого многообразия в абиссальные глубины проникают только виды, имеющие определенное строение скелета. Им свойственны кораллиты всегда уплощенной формы, округлая, широко раскрытая чашка и высоко выступающие над ее краем септы [2].

Септы — это вертикальные перегородки во внутренней полости кораллита, расположенные радиально или двусторонне — серийно, иногда асимметрично. Они формируются между мезентериальными складками полипа*. Септы, возникающие

* Гастральная или гастроваскулярная, пищеварительная, полость кораллового полипа поделена на камеры особыми радиальными перегородками — мезентериями, состоящими из мезоглии, одетой энтодермой; подошва полипа, располагающегося внутри известкового скелета — кораллита, сморщена и образует серию радиальных складок, отвечающих мезентериям, внутри которых формируются тонкие скелетные пластинки — септы.



Глубины обитания видов рода *Fungiacyathus* с разным числом септ.

в одну стадию онтогенеза, составляют цикл септ. По времени их появления различают первый, второй и другие циклы. Совокупность всех циклов составляет септальный аппарат — важнейшую и наиболее сложную часть скелета склерактиний, отражающую строение системы мезентерий полипа, с которой связаны основные жизненные функции этих организмов. В онтогенезе коралла они являются первыми скелетными структурами, возникающими после отложения базальной пластинки. Все остальные скелетные части коралла вторичны и образуются позднее. Первичный план септ гексамерный — подобно таковому мезентериальных пар. Протосепты появляются одновременно и формируют первый цикл, состоящий из шести септ.

Второй цикл состоит из 12, третий — из 24, четвертый — из 48, пятый — из 96 септ и т.д.

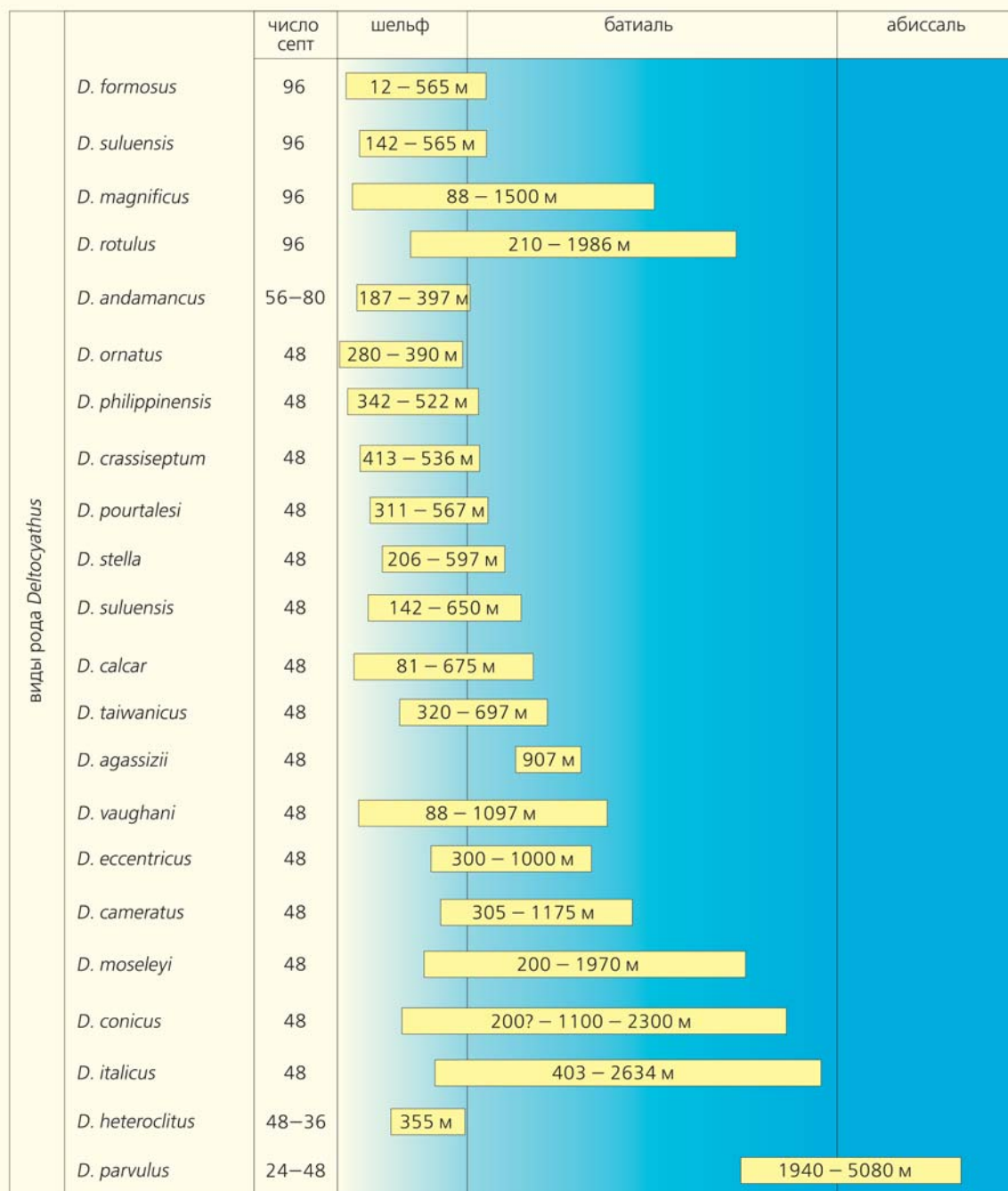
Заложение септ у одиночных кораллов, обитающих на больших глубинах океана, всегда происходит радиально-циклично. Выдержанная правильная гексамерная симметрия в расположении септ — одно из главнейших свойств глубоководных кораллов. Юный половозрелый коралл имеет 24–48 симметрично расположенных септальных перегородок. У мелководных и верхнебатиальных кораллов симметрия в расположении септ не всегда выдержана: нередко наблюдается сочетание двух- и многолучевой симметрии. Нарушение этого признака приводит к существованию восьми- и десятилучевых форм. Число септ у мелководных одиночных полипов и у обитате-

лей средних глубин может достигать 150, 360 и более.

Если сравнить глубины, на которых обитают виды родов *Fungiacyathus*, *Leptopenus* и *Deltocyathus*, и число септ у кораллитов, то выявляется следующая картина.

Виды рода *Fungiacyathus*, обладающие пятью циклами септ, встречаются на глубинах не более 2500 м, а вероятнее всего — не более 2000 м (представитель вида *F.fragilis*, якобы встреченный на глубинах более 2000 м, весьма вероятно принадлежит к виду *F.marenzelleri*). Виды с четырьмя циклами септ и менее встречаются на максимальных для склерактиний глубинах — 6328 м.

В составе батиметрически широко распространенного рода *Deltocyathus* на мелководье



Глубины обитания видов рода *Deltocyathus* с разным числом септ.

обитают виды как с четырьмя, так и с пятью циклами септ, однако виды с пятью циклами септ не опускаются глубже 2000 м. Абиссальных глубин — 5080 м — достигает лишь вид *D. parvulus*, обычное число септ которо-

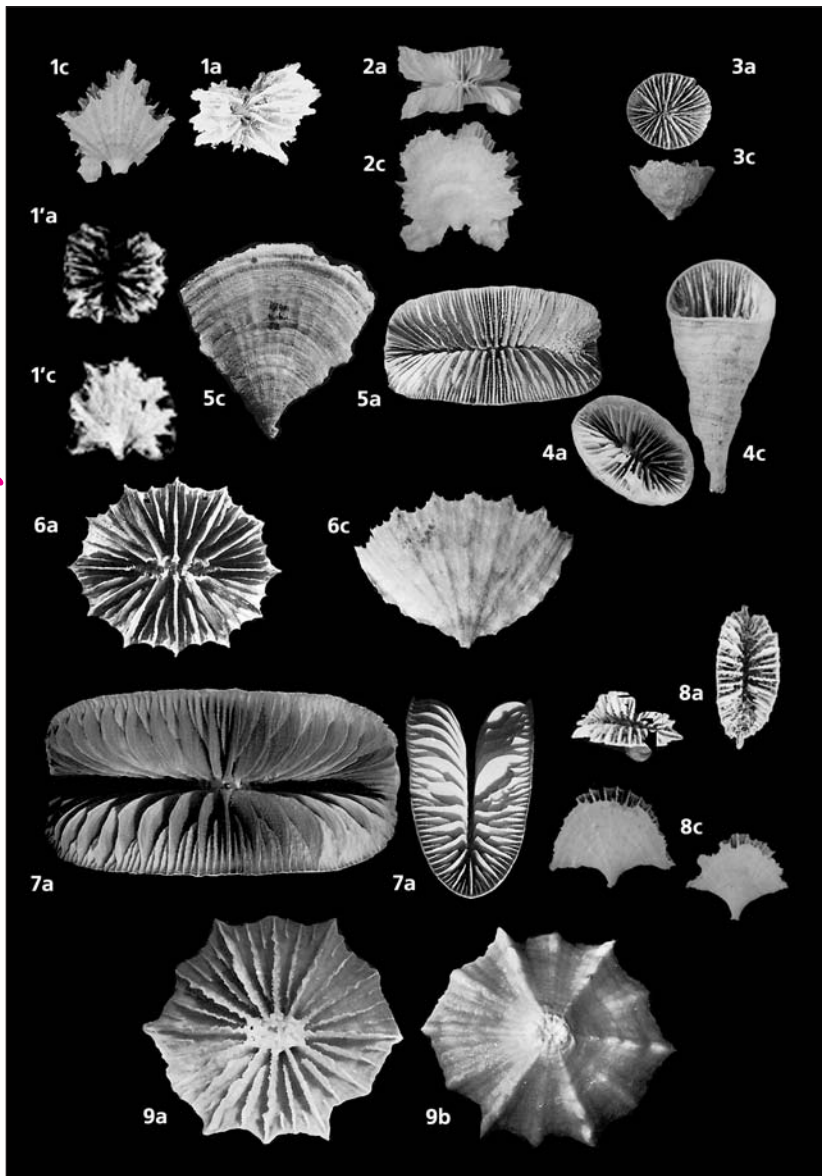
го не превышает трех циклов (24 септы).

Подобные тенденции наблюдаются и у некоторых верхнебатияльных склерактиний. Например, у рода *Flabellum*, характеризующегося сравнительно про-

стой организацией, виды с большим числом септ (192–400) встречаются в сравнительно мелких водах и не опускаются ниже 1000-метровой глубины. Виды же, обладающие меньшим числом септ, не свыше четырех-

виды рода <i>Flabellum</i>	число септ	глубины обитания (м)		
		шельф	батиаль	абиссаль
<i>Fl. knoxi</i>	400	160 – 1167 м		
<i>Fl. arcuatile</i>	384	300 – 640 м		
<i>Fl. patens</i>	384	>439 – 600 м		
<i>Fl. magnificum</i>	376	291 – 700 м		
<i>Fl. lamellulosum</i>	340	198 – 402 м		
<i>Fl. angiosomum</i>	268–192	540 – 640 м		
<i>Fl. politum</i>	198	40 – 402 м		
<i>Fl. lowekeyesi</i>	192	381 – 1336 м		
<i>Fl. messum</i>	192	368 – 1035 м		
<i>Fl. pavoninum</i>	192	73 – 271 м		
<i>Fl. hoffmeisteri</i>	128	110 – 660 м		
<i>Fl. marenzeleri</i>	96	240 – 390 м		
<i>Fl. sexcostatum</i>	96	685 – 772 м		
<i>Fl. moseleyi</i>	96	216 – 1097 м		
<i>Fl. impensum</i>	96	46 – 2260 м		
<i>Fl. alabastrum</i>	96		1200 – 2250 м	
<i>Fl. angulare</i>	96		1647 – 2875 м	
<i>Fl. japonicum</i>	96	119 – 1141 м		
<i>Fl. apertum</i>	96	220 – 1575 м		
<i>Fl. aotearoa</i>	>96	130 – 1300 м		
<i>Fl. deludens</i>	96–72	106 – 1035 м		
<i>Fl. conicum</i>	96–48		1160 – 2603 м	
<i>Fl. chunii</i>	>70	160 – 700 м		
<i>Fl. dens</i>	58	552 м		
<i>Fl. marcus</i>	48		1350 м	
<i>Fl. apertum</i>	48	220 – 1500 м		
<i>Fl. fragile</i>	48	80 – 336 м		

Глубины обитания видов рода *Flabellum* с разным числом септ.



Разнообразие числа септ у кораллитов некоторых обитающих на шельфе и в батiali видов рода *Flabellum*: *Fl. marcus* (1, 1'), северо-западная часть Тихого океана, глубина 1350 м; *Fl. lowekeyesi* (2), восточная часть Тихого океана, 1336 м; *Fl. conicus* (3), северная часть Тихого океана, 2021 м; *Fl. curvatum* (4), юго-западная часть Атлантического океана, 720 м; *Fl. pavoninum* (5), центральная часть Тихого океана (Филиппины), 271 м; *Fl. japonicum* (6), центральная часть Тихого океана (Филиппины), 550 м; *Fl. chunii* (7, 8), северо-восточная часть Атлантического океана: 7 — глубина 480—600 м, 8 — 510 м; *Fl. angulare* (9), северная часть Атлантического океана (Гасконский залив), глубина 2875 м.

пяти циклов, распространены и на мелководьях и опускаются до наибольших для этого рода глубин — до 2875 м.

Такое сокращение числа септальных перегородок у кораллов при уходе их на глубину в результате выпадения поздних

стадий онтогенеза представляется нам типичным случаем неотенического* развития, т.е.

* Неотения (от греч. νεος — незрелый, юный — и τείνω — растягиваю, удлиняю) — способность организмов размножаться на ранних стадиях развития.

сокращением срока развития коралла путем отпадения последних его стадий или смещением момента достижения половозрелости на более раннюю стадию. Иными словами, происходит недоразвитие особей при их репродукционной полноценности. У склерактиний это явление морфологически выражается в сокращении количества септальных перегородок до 48 и даже до 24 септ.

У населяющих шельф и континентальный склон видов родов *Fungiacyathus* и *Leptopenus* наблюдается как 48, так и 96 септ; у видов этих же родов, обитающих на абиссальных глубинах, число септ — 48 и даже 24. Какой разительный контраст с представителями других мелководных родов тех же семейств — *Fungia*, *Cycloseris*, *Stephanophyllia*, число септ у которых нередко превышает 400!

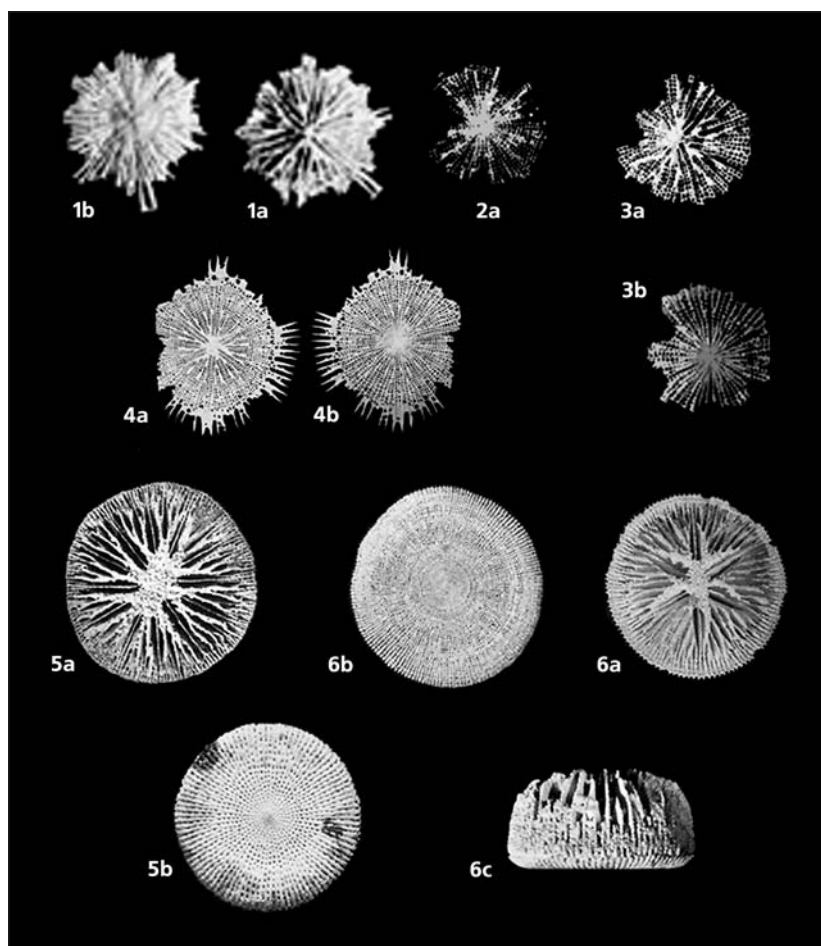
Иначе говоря, к жизни на глубинах океана приспособлены кораллы, обладающие наименьшим необходимым для существования взрослого организма числом септ. Кроме явных преимуществ неотенического развития кораллов в экстремальных экологических условиях, выгоды уплощения скелета и сокращения числа септ с точки зрения морфофункционального анализа можно объяснить следующим образом [2]. Сокращение числа септ ведет к уменьшению всасывающей пищи поверхности внутри гастроваскулярной полости, что несколько компенсируется у глубоководных форм развитием плоской открытой чашки с высоковыступающими септами. Это имеет несомненную выгоду в условиях относительной бедности пищей на больших глубинах, так как увеличивает ловчую поверхность коралла и, кроме того, в какой-то мере расширяет площадь всасывания.

Логично предположить, что абиссальная фауна кораллов произошла путем отбора видов, способных к неотеническому развитию, которые спустились

на глубину из относительно мелководных зон океана с наибольшим родовым и видовым разнообразием. Такие районы расположены в тропиках у западных берегов всех трех океанов. Именно в этих районах мог начаться процесс завоевания коралловыми полипами абиссальных глубин океана.

Среди тропических областей наибольшее видовое разнообразие этих животных наблюдается в Индо—Вест-Пацифике. Обитающая здесь глубоководная коралловая фауна, как и фауна рифообразующих кораллов, — богатейшая в мире. Количество видов, характеризующихся плоскими кораллитами, здесь также наибольшее в Мировом океане [2]. Все это, естественно, позволяет рассматривать Индо-Малайскую зоогеографическую провинцию одним из главных центров происхождения не только мелководной, но и основным центром происхождения глубоководной фауны. На примере кораллов, населяющих воды Индо-Малайской провинции, О.Кун [6] и Д.Сквайр [7] разработали схему эволюционного развития семейства *Micrabaciidae*. Они считают, что постепенное проникновение этого семейства в глубины началось в палеоцене в Индо-Малайском районе Тихого океана и сопровождалось редукцией скелета и неотеническим развитием его глубоководных видов. Кун выстраивает цепь генетически близких родов этого семейства, последовательно завоевывающих все большие глубины: *Discopsammia*—*Stephanopsammia*—*Stephanophyllia*—*Letepsammia*—*Leptopenus*. Современные виды этих родов, за исключением представителей двух последних, обитают на глубинах не более 800 м. Однако эта схема кажется довольно сомнительной, и вот почему.

Наши исследования последних лет, касающиеся адаптивной морфологии абиссальных склерактиний, о которых упоминалось выше, показали, что эти организмы можно рассматри-



Разнообразие числа септ у кораллитов, обитающих в батии и абиссали видов рода *Leptopenus*, и обитающих на шельфе видов родов *Letepsammia* и *Stephanophyllia*: *Leptopenus solidus* (1), северная часть Тихого океана, глубина 3250 м; *Leptopenus discus* (2, 3), северная часть Тихого океана, 4655 м; *Leptopenus discus* (4), западная часть Атлантического океана, 3500 м; *Letepsammia formosissima* (5), восточная часть Тихого океана (Япония), 188 м; *Stephanophyllia fungulus* (6), восточная часть Тихого океана (Филиппины), 161 м.

вать как живую модель того, каким мог бы быть скелет кораллов на ранних стадиях эволюции. В особенности ярко примитивные черты проявляются у видов рода *Leptopenus*: тонкий и ажурный скелет является как бы корочкой, выделенной подошвой актинии. Подобное строение может рассказать нам то, как могло происходить начальное формирование скелета у мягкотелого предка склерактиний. Весьма возможно, что не все абиссальные кораллы — результат неотенического развития шельфовых родов, как это предполагалось ранее [8], часть из них — потом-

ки древних склерактиний, мигрировавшие в абиссаль из рефугиумов* батии.

Одна интересная черта поведения склерактиний видов *Pocillopora damicornis* и *Seriatopora hystrix*, широко распространенных на рифах в Индийском и Тихом океанах, представляет-

* Рефугиум (от лат. *refugium* — убежище) — ограниченная область, в которой растения и животные продолжают существовать после изменения климата, превратившего окружающее пространство в необитаемое; впоследствии, после климатической перестройки, эта область служит центром расселения.

ся примечательной с точки зрения неограниченной приспособляемости кораллов. П.Саммарко [9], а затем Б.Ричмонд [10] провели эксперименты и описали реверсный метаморфоз у кораллов этих видов. В условиях стресса полипы, уже выделившие скелет, могут стянуть свои ткани и покинуть его, вновь перейдя в планктонную стадию для поиска благоприятных условий. Это может отражать один из этапов эволюции склерактиний: переход от предковых скелетных форм (ругозы) к бесскелетным в неблагоприятных условиях, а затем повторное обретение бесскелетными формами скелета (склерактинии) в условиях, где это дает преимущество перед бесскелетными.

Полная или частичная утрата скелета в экстремальных ситуациях, неоднократно случавшихся в постпалеозойской истории Земли, могла происходить у кораллов неоднократно [2]. Неблагоприятные обстоятельства они, вероятнее всего, переживали в каких-то рефугиумах батиаля, так как та представляет собой наиболее надежное убежище как при колебаниях уровня океана, так и при изменении гидрологического режима абиссали в периоды изменений климатической зональности поверхностных вод. При восстановлении благо-

приятных экологических условий склерактинии могли как распространиться в глубины абиссали, так и подняться на верхние участки континентального склона и на шельф, что должно было сопровождаться вспышками видообразования. Если это так, то в филогенетической ветви, выстроенной Куном [6], с той же степенью вероятности можно было бы вести линию семейства в обратном порядке, начиная от рода *Leptopenus*, если допустить, что этот примитивный род является родоначальником семейства *Micrabaciidae*, пережившим в убежищах в глубинах океана неблагоприятные периоды. Полная редукция скелета — процесс вполне вероятный в условиях, лимитирующих его образование. Такие стрессовые условия характерны для рубежей геологических периодов, связанных с глобальными экологическими кризисами, что имело место, в частности, в позднем триасе, на границах мела и палеогена, палеогена и неогена (в мессинское время) и во время четвертичных оледенений.

Известно, что палеонтологи, изучающие ископаемые кораллы, имеют дело почти исключительно с остатками мелководных животных, которые обитали на глубинах менее 500 м. Остатки одиночных древних полипов нахо-

дят в основном в тонкозернистых аргиллитах, т.е. в осадках, лежащих несколько глубже, чем современные рифовые отложения, тогда как наименьшая глубина распространения рода *Leptopenus* составляет 682 м. Этот пример показывает, что рассуждения о предковых формах современных глубоководных кораллов в большинстве случаев имеют чисто умозрительный характер.

Представляется, что не все абиссальные кораллы — результат неотенического развития шельфовых и литоральных родов, как это предполагалось нами ранее [8], некоторые формы могут представлять собой потомков древних склерактиний, мигрировавших в абиссаль из рефугиумов батиаля. Тогда картина эволюции выглядит более естественно. Расселение склерактиний могло идти двумя путями. Первый путь — сверху вниз, из мелководий в глубины, при этом видообразование шло путем неотенического развития. А второй — снизу вверх, от бесскелетных актиниеподобных предков, путем постепенного развития полноценного скелета в результате необыкновенной пластичности и приспособляемости склерактиниевых кораллов, делающей их поистине бессмертными организмами, родоначальники которых теряются в глубинах времени. ■

Литература

1. Келлер Н.Б., Оськина Н.С. Глубоководная фауна кораллов — молодая или древняя? // Природа. 2011. №9. С.68—72.
2. Келлер Н.Б. Глубоководные склерактиниевые кораллы. М., 2012.
3. Городницкий А.М., Зоненшайн Л.П. Палеогеодинамические реконструкции фанерозоя // Геофизика океана. Т.2: Геодинамика. М., 1979. С.338—370.
4. Кузнецов А.П., Пастернак Ф.А. Возраст и генезис современной глубоководной донной фауны в свете представлений о геологической истории океана и климате Земли // Изв. АН СССР. Сер. Биол. 1992. №2. С.255—261.
5. Соколова М.Н. Питание и трофическая структура глубоководного макробентоса. М., 1986.
6. Kühn O.T.F. Die Micrabaciides des Österreichischen Tertiärs // Österr. Akad. Wiss., Math., Naturwiss. Anzeiger. 1967. Kl.104. №11. S.300—350.
7. Squires D.F. The evolution of the deep-sea coral family Micrabaciidae // Proc. Intern. Conf. Trop. Ocean. 1965. Miami, 1967. P.502—509.
8. Келлер Н.Б. Морфологические и онтогенетические особенности глубоководных кораллов // Тр. ИОАН. 1978. Т.113. С.44—50.
9. Sammarco P.W. Polyp bail-out a new means of reproduction in corals // Mar. ecol. Progr. Ser. 1985. V.10. №1. P.57—65.
10. Richmond B.H. Reversible metamorphosis in coral planula larvae // Mar. ecol. Progr. Ser. 1985. V.22. P.181—205.

«НАУКА ИНТЕРНАЦИОНАЛЬНА, ЭТО ЕЕ ОСНОВА»

К 125-летию со дня рождения Н.И.Вавилова



Н.И.Вавилов в оранжерее Института генетики АН СССР. 1939 г.

Эту мысль Николай Иванович Вавилов не раз подчеркивал в своих выступлениях 1939 г., когда над отечественной биологической наукой и над ним лично уже нависли тучи репрессий. Об этом же рассказывает и первая статья небольшой подборки, посвященной последним годам жизни нашего великого соотечественника и попыткам зарубежных коллег спасти его.

В архиве «Природы» можно найти достаточно много как публикаций самого Николая Ивановича (1927–1938), так и материалов о нем. В год 100-летия Вавилова мы посвятили ему весь номер (1987. №10), а 120-летие отметили большой подборкой (2007. №11). Также невозможно не упомянуть прекрасную статью В.М.Польнина «Волшебное зеркало таланта» (1991. №2) и личные письма Вавилова из архива его сына (2009. №11; 2010. №11).

Сегодня существует масса биографической и научной литературы о Николае Ивановиче, но мы в который раз знакомим читателя с неизвестным Вавиловым. Вторая часть подборки – не публиковавшаяся ранее переписка 1914–1917 гг., которая раскрывает новые грани биографии ученого.

Последние годы Н.И.Вавилова

Ю.Н.Вавилов,

доктор физико-математических наук,
основатель (1966) и член Комиссии РАН по сохранению и разработке научного наследия
академика Н.И.Вавилова

М.Е.Раменская,

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

В.И.Стуков,

создатель и хранитель мемориального кабинета-музея Н.И.Вавилова
Саратовского государственного аграрного университета им.Н.И.Вавилова (СГАУ)

Среди жертв сталинских репрессий самым крупным ученым по праву считается Николай Иванович Вавилов, биолог, агроном и географ, организатор Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук и ее звена — Всесоюзного института растениеводства (ВИР). Вся его научная деятельность была посвящена сбору и изучению культурных растений мира для их рационального использования. К моменту ареста Вавилова собранная под его руководством живая коллекция культурных растений насчитывала около 250 тыс. образцов, из которых добрую половину он собрал сам, посетив свыше 40 стран. Как генетик, он изучал не совокупности признаков каждой особи, а передающиеся по наследству дискретные признаки. Это позволило ему во всем разнообразии культурных растений обнаружить закономерность, свидетельствующую, что наследственная изменчивость не безгранична и что, детально изучив изменчивость одного таксона, можно прогнозировать ее у соседних таксонов. Этот закон, названный Законом гомологических рядов в наследственной изменчивости, — общий для всего живого, позволяет предсказывать и находить хозяйственно ценные признаки у растений и животных, а нуж-

ные их комбинации создавать с помощью селекции. Уже в 1920-х годах Николай Иванович обнаружил области повышенного разнообразия признаков и назвал их центрами происхождения культурных растений. Это одно из крупнейших географических открытий XX в.

Травля великого ученого началась задолго до его ареста в 1940 г. Следственное дело на Вавилова было заведено в ОГПУ не позднее 14 марта 1932 г., когда появился первый документ дела: «директивное письмо», в котором Вавилову приписывалось «двурушничество», т.е., скрытое несогласие с советской властью; руководство группировкой, входившей в контрреволюционную организацию «Т[рудовая] к[рестьянская] п[артия]» (ТКП) и шпионаж в пользу Англии. Основанием для начала следственного дела послужили показания арестованного в 1930 г. украинского агронома Г.Г.Дибольда по делу этой вымышленной организации [1. С.142—158].

Нет никаких материалов о том, что начало следствия и характер обвинений были инспирированы Сталиным. Но, по всей вероятности, без его санкции следствие над таким крупным лицом в советской системе, как президент Всесоюзной сельскохозяйственной академии наук и член ЦИК СССР, начато быть не могло. Само же дело, которое вели (естественно, тайно),

означало, что Вавилов обречен. Однако арестован ученый был лишь 6 августа 1940 г., т.е. спустя восемь лет. К тому времени уже шла санкционированная властью травля: в центральных газетах появлялись клеветнические фельетоны, причем ответы ученого на них, как правило, не публиковались (а, как известно, органы массовой информации в советское время целиком подчинялись партии и правительству). Усилилась травля Вавилова с 1934 г., когда был отложен, а затем, в 1935 г., отменен юбилей ВИРа и совпавшее с ним 25-летие научной деятельности его директора. Весной 1935 г. тогдашний вице-президент ВАСХНИЛ А.С.Бондаренко и парторг этой академии С.Климов написали письмо на имя Сталина с жалобой на то, что Вавилов противится проверке деятельности ВИРа и окружил себя «подозрительными людьми»: «Вавилов всегда горой стоит за вредителей. Когда ему указали на безобразное положение филиала Всесоюзного института растениеводства в Д[альне]в[осточном] к[рае], он, рассвирепев, заявил, что, когда там были Соболев*

* Сергей Леонидович Соболев (1883—1954) — растениевод, профессор Владивостокского университета, в 1932—1934 гг. — заведующий Дальневосточным отделением ВИР. Репрессирован. После освобождения работал в Майкопском отделении ВИР.

и Савич* (вредители), то дела шли «блестяще» — «это были честные и самоотверженные люди!». Не было случая, чтобы Вавилов о ком-либо из установленных вредителей (Таланов, Максимов**, Левитский и др.) сказал, что они преступники» [2. С.145]. Вскоре после этого доноса Вавилова сместили с поста президента ВАСХНИЛ.

Пик травли пришелся на 1936-й — начало 1938 г. Вавилову даже пришлось посылать телеграмму в США с опровержением сообщения о его аресте — оно было опубликовано 14 декабря 1936 г. в газете «Нью-Йорк таймс». Надо отдать должное оперативности американской прессы: телеграмма, посланная в редакцию «Нью-Йорк таймс» 22 декабря 1936 г., была опубликована уже на следующий день [3. С.29—30]. Известие об аресте не только Н.И.Вавилова, но и И.И.Агола, а также о возможности скорого ареста С.Г.Левита не осталось незамеченным. Крупный американский генетик Ч.Давенпорт уже 17 декабря направил государственному секретарю США гневный протест против преследования генетиков в СССР с просьбой передать его по дипломатическим каналам правительству СССР: «Если газетное сообщение верно, то я, как генетик, решительно протестую против действий советского правительства в отношении моих коллег Левита, Агола и Вавилова. Этим ученым принадлежат исследования высочайшего уровня... Мешать работе таких людей, как Вавилов, равносиль-

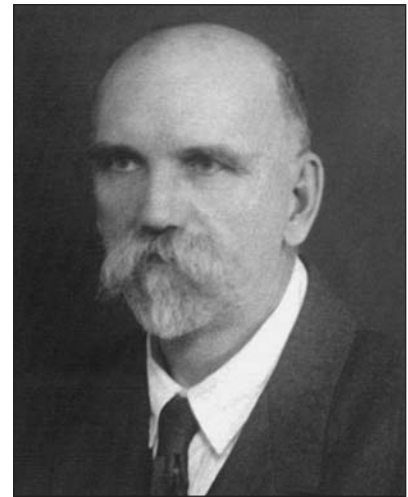
но не только национальному самоубийству, но и удару в лицо цивилизации» [2. С.102—103]. 29 декабря из Госдепартамента в адрес Давенпорта была выслана «жалкая отписка, отписка равнодушного чиновника», в которой отмечалось, что обстоятельства, о которых пишет Давенпорт, «не затрагивают американских граждан и американские интересы» [4. С.326].

Мария Гавриловна Зайцева, дочь друга Вавилова Г.С.Зайцева***, вспоминает, что в одном разговоре в 1937 г. «Николай Иванович с несвойственной ему грустью сказал, что, садясь в Ленинграде в поезд, он никогда не бывает уверен, что доедет до Москвы» [2. С.198].

В 1938 г. президентом ВАСХНИЛ стал Т.Д.Лысенко, который тотчас издал приказ о выводе из состава ученого совета ВИР всех наиболее крупных ученых, много лет работавших под руководством Вавилова, и директору пришлось бороться за их восстановление [2. С.53—56]. Одновременно Лысенко резко сократил бюджет ВИРа и лимит на публикации, а затем через голову Вавилова назначил его заместителем бывшего аспиранта аспирантуры «особого назначения»**** С.Н.Шунденко, возглавлявшего травлю Вавилова в институте [5]. Спустя год Николай Иванович при поддержке профсоюзной организации сумел добиться его замены опытным ученым и организатором И.А.Минкевичем. Как стало известно после

*** Подробнее о Г.С.Зайцеве см.: Щедрая и обаятельная натура Н.И.Вавилова. К 120-летию со дня рождения // Природа. 2007. №11. С.64—78.

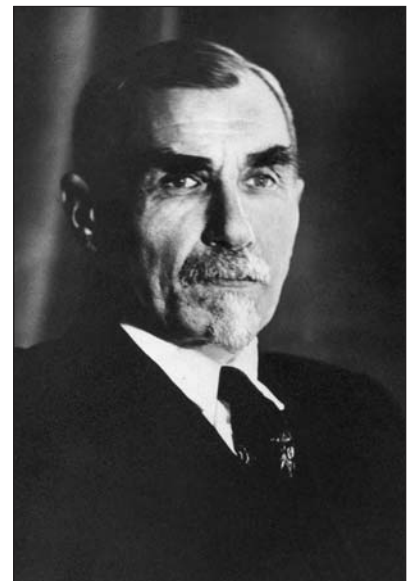
**** Аспирантура особого назначения (АОН) при ВАСХНИЛ организована в 1933 г. Из выступления на ее открытии: «Из всей массы работников мы выбираем наиболее надежных, крепких партийцев» (А.С.Бондаренко); «АОН организована решением ЦК и решением ЦК же утвержден ее первоначальный состав» (А.И.Муралов). АОН готовила специалистов для работы за рубежом [5].



Виктор Викторович Таланов (1871—1936), селекционер растений, один из создателей системы сортоиспытаний в СССР; заместитель директора Всесоюзного института прикладной ботаники и новых культур (1926—1929).

реабилитации Вавилова, Шунденко был сотрудником НКВД и после ареста Вавилова курировал экспертную комиссию, подписавшую заключение о его вредительстве [6].

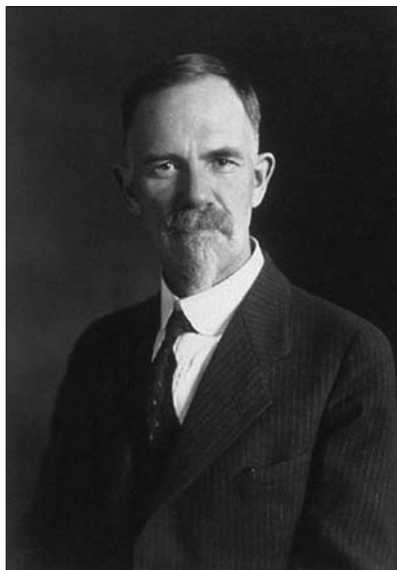
Между тем еще в 1936 г. руководством страны был перенесен



Григорий Андреевич Левитский (1878—1942), цитолог, заведовал цитологическим отделом ВИР. Репрессирован в 1936 и 1942 гг.

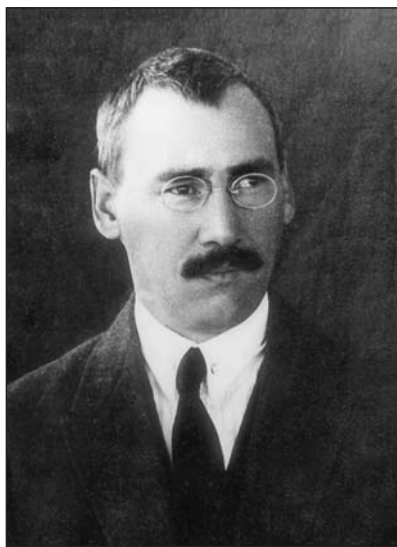
* Владимир Михайлович Савич (1885—1965) — лесовод, профессор Владивостокского университета, сотрудник Дальневосточного отделения ВИР.

** Николай Александрович Максимов (1880—1952) — физиолог растений, академик с 1946 г.; в 1927—1933 гг. заведующий отделом физиологии ВИР. В 1933 г. репрессирован; позже до 1939 г. работал в Саратове; с 1939 г. — заведующий лабораторией, затем — директор Института физиологии растений АН СССР им.К.А.Тимирязева.



Чарльз Давенпорт (1866—1944), американский биолог, известный работами в области генетики человека.

срок VII Международного генетического конгресса с 1937-го на 1938 г. «ввиду явной неподготовленности» [3. С.27]. Кроме того, руководство страны изменило состав национального оргкомитета (прежде всего его председателем) и вмешалось в программу конгресса. После этого



Гавриил Семенович Зайцев (1887—1929), ботаник, крупнейший специалист по хлопчатнику, заведовал отделом хлопководства ВИР, близкий друг Вавилова.

решением международного оргкомитета конгресс перенесли на 1939 г. в Эдинбург [3]. Во время его подготовки, а именно 7 июня 1939 г., И.И.Презент написал на Вавилова донос объемом в шесть машинописных страниц, где он цитирует статью из «Journal of Heredity» о положении генетики в нашей стране и добавляет: «...Мы видим, что руководящий журнал морганизма... отстаивает тезис, что в Советской стране происходит гонение на науку. Этому хору капиталистических шавок от генетики в последнее время начали подпевать и наши отечественные морганисты. Вавилов в ряде публичных выступлений заявляет, что мы пойдем на костер*, изображая дело так, будто бы в нашей стране возрождены времена Галлея. <...> Вавилов говорит о том, что у нас науку посылают на костер. Вавилов и вавиловцы последнее время окончательно распоясались. <...> Вавилов в последнее время делает все возможное для того, чтобы изобразить, что в нашей стране происходит гонение на науку. <...> Не исключена возможность и своеобразной политической демонстрации “в защиту науки” против ее “притеснения” в Советской стране. Конгресс может стать средством борьбы против поворота нашей советской науки к практике, к нуждам социалистического производства, средством борьбы против передовой науки» [2. С.104—106; 3. С.54—57]. Этот донос, который Лысенко послал В.М.Молотову с припиской «С докладной запиской Презента согласен», должен был произвести большое впечатление и на Сталина. Он

* На выездном заседании секции научных работников профсоюза вузов и научно-исследовательских учреждений 15 марта 1939 г. в Ленинграде Н.И.Вавилов заметил относительно разногласий с группой Лысенко: «...Это дело очень сложное. Приказом, хотя бы наркома, оно не решается. На костер пойдем, будем гореть, но от своих убеждений не откажемся» [8. С.99; 9. С.49].

мог стать заказом на арест Вавилова, который, возможно, иначе был бы отложен, а затем забыт из-за военных событий [7]. По свидетельствам многих очевидцев, в последние годы жизни Лысенко неоднократно по поводам и без повода заявлял: «Я не убивал Вавилова!». Прочитанный же документ показывает, что Лысенко приложил руку к аресту великого ученого.

Почему Вавилова не арестовали раньше? До Второй мировой войны Сталин считался с мнением международного научного сообщества, а Николай Иванович был на виду — при подготовке VII Международного генетического конгресса: был председателем Оргкомитета, а затем стал его президентом. А когда ни один советский ученый на конгресс не попал, оправдываться приходилось самому Вавилову [3. С.61—62. Документ 47]. Начало войны заставило участников VII Международного генетического конгресса разъехаться раньше времени, и можно было подумать, что мировому сообществу уже не до событий внутри отдельных стран. Так, видимо, посчитал Сталин и разрешил арест ученого, долгие годы беззаветно служившего своей стране.

Узнав об аресте Вавилова, все близкие ему люди, убежденные в его невиновности, начали хлопоты. Первыми из них — жена Елена Ивановна Барулина** [2. С.112—114] и брат Сергей Иванович Вавилов, который обратился к родственнику своей супруги, президенту Академии архитектуры В.А.Веснину, с просьбой о поддержке: «Пишу относительно ареста брата Н.И. Его арестовали в ночь с 6 на 7 августа в Черновцах. Арест, по-видимому, никакого отношения к поездке в Буковину не имеет. Ездил он туда по поручению Наркомзема... выступал с рядом докладов и лекций и во-

** Подробнее см.: Вишнякова М.А. «Святая святых души» // Природа. 2007. №11. С.78—82.

обще провел поездку с большим успехом и результатами.

Чем в действительности вызван арест, не знаю. Вчера говорил подробно с акад. Комаровым. <...> Тот тоже, по крайней мере на словах, ничего не знает, указывает на старые козни Яковлева и Лысенко, но все это, полагая, простые догадки.

Брат в биологическом мире был настолько [в публикации ошибочно «настоящим»] крупным человеком и у нас, и за границей, что, конечно, арестовывать его следовало подумавши. Именно по этой причине особенно приходится беспокоиться. Такого человека либо должны скоро выпустить с извинениями, либо обвинить бог знает в чем.

То, что брат настоящий советский человек, очень многим известно. С первых же дней революции он работал как лошадь, создав, в сущности, всю советскую агрономическую и научно-агротехническую сеть. За все годы ни разу не пользовался отпуском, а о материальных его успехах можно судить по тому хотя бы, что, как выяснилось при обыске, на сберкнижке у него ничего не было.

Мне кажется, что твое письмо к Сталину или Молотову по поводу брата могло бы иметь некоторое значение. Но, конечно, решай, как находишь более правильным [10].»

Веснин, как депутат Верховного Совета СССР, обратился к генеральному прокурору страны с просьбой принять Елену Ивановну, а также направил сопроводительную записку к написанному Барулиной письму в адрес А.А.Андреева, члена Политбюро ЦК ВКП(б), курировавшего сельское хозяйство: «Я близко знаю Вавилова более 20 лет. На моих глазах он вырос в крупнейшего советского ученого с мировым именем. Знаю его как честнейшего советского гражданина, с громадным энтузиазмом и полной преданностью отдававшего свои силы на службу советской науке и родине».

Сергей Иванович обращался ко многим авторитетным лицам за помощью, но безуспешно. Недавно в руки одного из авторов данной статьи попало письмо А.А.Гайсинович, вдовы историка науки А.Е.Гайсиновича в адрес физика А.И.Франка, сына лауреата Нобелевской премии И.М.Франка, в котором она сообщает об одной из попыток Сергея Ивановича выручить брата: «Наступила лысенковщина, и волею судеб А.Е.Гайсинович оказался референтом президента Академии наук СССР Владимира Леонтьевича Комарова (биолог, ботаник). Президент очень доверял своему молодому референту в Президиуме Академии наук. В 40-м году арестовали Николая Ивановича Вавилова. В Президиум буквально прибежал Сергей Иванович и стал умолять Комарова пойти к Молотову и сказать, кто такой Николай Иванович Вавилов и что он сделал для советской науки и сельского хозяйства. В.Л.Комаров обычно не отвечал на такие просьбы, но тут отказать не смог и пошел к Молотову. Когда президент вернулся, Абба Евсеевич спросил, что сказал Молотов. Комаров, удрученный, ответил, что Молотов стукнул по столу и сказал, что Вы, президент, просите за шпиона, английского, немецкого и т.д., и т.п. Когда пришел Сергей Иванович, Комаров ему все рассказал. С.И.Вавилов все понял и, может быть, поэтому тогда не написал Сталину»*.

В действительности Сергей Иванович написал на имя Сталина по меньшей мере два письма. Первое — в 1943 г. из эвакуации: еще не зная о гибели брата, он спрашивал о его судьбе и настаивал на его невиновности. Письмо было резким, и товарищи уговаривали его не отправлять письма [12. С.203]; второе — в 1949 г. — с просьбой о реабилитации брата. В 1955 г. это письмо видел в архиве сотрудник ФИАН полковник КГБ

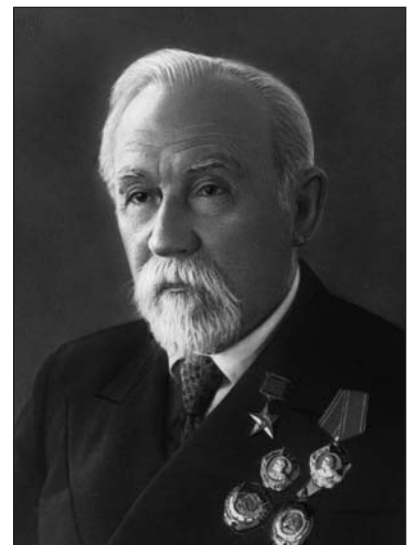
* Из личного архива Ю.Н.Вавилова.



Сергей Иванович Вавилов (1891—1951), физик, один из основателей нелинейной оптики, с 1945 г. — президент АН СССР.

в отставке В.Ф.Сенников, позже оно из архива исчезло [2. С.230].

Известны попытки академика Д.Н.Прянишникова, у которого в лаборатории работала жена Берии Н.Т.Гегечкори. И хотя, добившись приема у Берии, Прянишников получил ответ: «В этом случае я бессилён» (уст-



Дмитрий Николаевич Прянишников (1865—1948), агрохимик, академик АН СССР (1929) и ВАСХНИЛ (1935), учитель Н.И.Вавилова.



Нина Александровна Базилевская (1902—1997), ботаник, систематик, до 1941 г. — сотрудник ВИР, затем Главного ботанического сада АН СССР, а с 1952 г. — директор Ботанического сада биофака МГУ, ученица Вавилова.

ное сообщение А.И.Атабековой), он послал не одно письмо в защиту Вавилова, а в 1942 г. даже выдвинул его, «врага народа», на Сталинскую премию [1. С.108], что несомненно было актом мужества.

Поскольку тогда коллективное заявление по такому поводу рассматривалось как политическое преступление, в ВИРе письмо в защиту арестованного Вавилова, составленное коллективно, подписала одна Н.А.Базилевская, незадолго до этого уволенная из института. «Нина Александровна в марте 1941 г. бесстрашно за своей подписью написала письмо об огромном вкладе Вавилова в отечественное растениеводство и о его невиновности, добиваясь быстрого освобождения великого ученого. Письмо было отправлено по трем адресам: в ЦК ВКП(б) Андрееву, в Совет народных комиссаров и в НКВД в Ленинграде» [1. С.38].

Все, кто выступал в защиту Вавилова, подчеркивали значение его деятельности и для науки и для сельского хозяйства; все говорили о его преданности

своей стране. Вот что писала Е.И.Барулина, обращаясь за помощью к академику А.Н.Крылову: «Я знаю Н.И. в течение 20 лет как честного советского гражданина, искренне преданного советской власти и настоящего патриота своей родины. Обладая огромной эрудицией и являясь мировым авторитетом в области растениеводства, Н.И. все свои силы отдавал развитию советского социалистического сельского хозяйства, поднятию урожайности и обновлению сортового состава наших полей. Под непосредственным руководством Н.И. выведено более 500 новых сортов различных с/х культур, из которых более 200 передано в производство. Много сделал Н.И. для развития в Советском Союзе [производства] субтропических плодовых, технических и лекарственных культур. Хинное дерево по его инициативе превращено в однолетнюю культуру, и впервые в Советском Союзе заложены производственные плантации хины. <...> Несмотря на принципиальную разницу социальных установок в различных странах, научные авторитеты всех этих стран сходятся на высшей оценке трудов Н.И.» [2. С.114].

Вавилов даже под пытками не подписал обвинения в шпионаже и на суде категорически отрицал это обвинение, но это никак не повлияло на приговор. Об этом мы знаем как из протокола суда, так и из его заявления на имя Берии, написанного в Саратовской тюрьме 25 апреля 1942 г.: «Как при подписании протокола следствия за день до суда, когда мне были впервые представлены материалы показаний по обвинению меня в измене родине и шпионаже... так и на суде, продолжавшемся несколько минут... мною было заявлено категорически о том, что это обвинение построено на небывлицах, лживых фактах и клевете, ни в какой мере не подтвержденных следствием». Из этого же письма мы узнаем также об условиях пребывания Н.И.

в тюрьме и связанных с этим событиях. Отметив, что «следствие продолжалось 11 месяцев (около 400 допросов в течение 1700 часов», Вавилов напоминает: «5 и 15 октября я имел беседу с Вашим уполномоченным о моем отношении к войне, к фашизму и об использовании меня как научного работника, имеющего большой опыт. <...> 15 октября 1941 г., через 3 часа после беседы, я был направлен этапом в тюрьму №1 г.Саратова, где за отсутствием в сопроводительных бумагах документов об отмене приговора и о возбуждении Вами ходатайства о его отмене я снова был заключен в камеру смертников». Из этого письма мы узнаем, что во время пребывания во внутренней тюрьме НКВД Вавилов написал большую книгу «История развития мирового земледелия (мировые ресурсы земледелия и их использование)». «Имея большой опыт и знания, в особенности, в области растениеводства, я был бы счастлив отдать их полностью моей родине, умереть за полезной работой для моей страны. <...>. Прошу и умоляю Вас о выяснении моей судьбы, о предоставлении мне работы по моей специальности, хотя бы в скромнейшем виде (как научного работника, растениевода и педагога), и о разрешении общения в той или иной форме с моей семьей (жена, два сына, один — комсомолец, вероятно, на военной службе, и брат — академик-физик), о которых я не имею сведений более полутора лет» [1. С.520—521; 2. С.110—111].

Между тем, вопреки ошибочному представлению Сталина, мировая общественность продолжала следить за судьбой Вавилова. Так, У.Черчилль в приватной беседе во время Тегеранской конференции (1943) спрашивал Сталина о судьбе ученого [1. С.121]. Лауреат Нобелевской премии Генри Дейл в письме на имя президента АН СССР, отказываясь от звания иностранного члена АН СССР после августовской сессии ВАСХНИЛ 1948 г.,

писал: «В Британии стало известно уже в 1942 г., что Вавилов каким-то образом впал в немилость тех, кто пришел после Ленина, хотя причина этому осталась неизвестной. Мы могли лишь предположить, что она имела политический характер и не имела отношения к его научным достижениям. Только в 1945 г. Королевскому обществу стало известно, что он смещен со своего поста, исчез вместе с некоторыми из своих сотрудников по генетике и умер неизвестно когда между 1941 и 1943 гг.» (цитируется по публикации в газете «Британский союзник» №50 (331) от 12 декабря 1948 г.).

Английские ученые, избирая 23 апреля 1942 г. Вавилова в число своих 50 иностранных членов, надеялись поддержать его и предотвратить дальнейшее преследование. Увы, Вавилова 9 июля 1941 г. уже приговорили к расстрелу, и он находился в камере смертников. А 26 июля на заседании Президиума Верховного совета СССР, где присутствовал Сталин, отклонили просьбу о помиловании [1. С.517; 3].

Однако избрание в Лондонское королевское общество все же повлияло на судьбу ученого. На заседании Президиума Верховного совета от 23 июня 1942 г. «постановили: во изменение постановления Президиума Верховного совета СССР от 26 июля 1941 г. №9124сс заменить Вавилову Н.И. высшую меру наказания 20 годами лишения свободы в исправтрудлагерях» [1. С.524]. Можно предположить, что Берия, зная об избрании Вавилова в ряды Лондонского королевского общества и намереваясь использовать его по специальности в своей системе, добился замены смертной казни длительным заключением. Так же считают другие исследователи жизни и деятельности Вавилова [13. С.255].

К сожалению, замена приговора не сопровождалась разрешением получать передачи, и Елена Ивановна, считая, что

муж в московской тюрьме, отправляла туда скудные продовольственные посылки из Саратова. Житница России, Саратовская обл., была в войну голодным краем. Почти весь свой урожай область сдавала фронту, а лучшие ее колхозы — немецкие — были разорены в связи с высылкой немцев. И без того скудный паек заключенных разворовывался. Кто жалел в годы войны врагов народа? 24 января 1943 г. Вавилова поместили в тюремный лазарет в состоянии крайнего истощения, с диагнозом «крупозное воспаление легких». Никакой медицинской помощи он не получил. 26 января, в 7 утра, — ровно за неделю до победы под Сталинградом и накануне прорыва блокады Ленинграда, Николай Иванович умер. После его реабилитации журналист-аграрник Юрий Черниченко напишет: «Прихоть судьбы — человек, посвятивший себя пшеницам, был привезен умирать в пшеничный центр — Саратов. Ниже по Волге заканчивался разгром армии Паулюса, когда в Саратовской тюрьме скончался еще один заключенный, и советская биология стала ниже на одну голову — голову гения» [14].

В 1985 г. одному из авторов данной статьи, В.И.Стукову, стало известно, что в августе 1942 г. было расстреляно большое количество политзаключенных Саратовской тюрьмы №1. Об этом ему сообщил отец, Иван Никитич, бывший в годы войны помощником первого секретаря Саратовского обкома ВКП(б) П.Т.Комарова, у которого в сейфе долго хранился запечатанный сургучными печатями конверт. Однажды Иван Никитич увидел его распечатанным — в нем была копия распоряжения из Москвы расстрелять приговоренных к смертной казни политзаключенных Саратовской тюрьмы, и далее следовал список на несколько десятков человек. В самом начале списка И.Н.Стуков увидел пометку: «Не расстрелян. Казнь заменена 20 годами и[справительно-]т[ру-



Генри Дейл (1875—1968), английский физиолог и фармаколог, лауреат Нобелевской премии 1936 г., президент Лондонского королевского общества (1942—1945), иностранный член АН СССР (1942—1948).

довых] л[агерей]», напротив имя: «Николай Иванович Вавилов». Как рабфаковец Тимирязевской академии и выпускник Саратовского сельскохозяйственного института, он знал о Вавилове и понял: документ распечатан потому, что приговор другим политзаключенным приведен в исполнение. В числе расстрелянных были видные военачальники.

Вероятно, расстрел состоялся 2 августа — эта дата стоит в свидетельстве о смерти Вавилова, полученном Барулиной после реабилитации мужа в 1955 г. [2. С.165. Факсимиле документа]. Лишь в 1961 г. сыну Н.И.Вавилова Юрию Николаевичу вручили свидетельство с верной датой [3. С.166. Факсимиле документа], которая теперь известна и из документов Саратовского областного управления внутренних дел [1. С.525—528]. Неверная дата кончины Николая Ивановича целых шесть лет фигурировала в публикациях о нем и в публикациях его трудов, а иногда воспроизводится и в наши дни.

Дату расстрела явно наметили заранее. В первой моногра-



Елена Ивановна Барулина с сыном Юрием через семь месяцев после ареста мужа.

фии, посвященной Второй мировой войне, приводятся данные из документа, «который попал в руки русских и был упомянут премьер-министром Сталиным в речи по случаю XXV годовщины Октябрьской революции. В документе излагается порядок занятия следующих городов: Борисоглебска — к 10 июля, Сталинграда — к 25 июля, Саратова — к 10 августа, Сызрани — к 15 августа, Арзамаса — к 25 сентября» [15. С.239]. Позже, в результате мужественного сопротивления советских войск,

и эти даты передвигались. Как известно, победа под Сталинградом предопределила, что Саратов немцами взят не был.

Николай Иванович Вавилов был реабилитирован посмертно 20 августа 1955 г. «за отсутствием состава преступления». В научно-популярных изданиях появились публикации о нем, в серии «Жизнь замечательных людей» вышла его биография [16]; его именем стали называть улицы и учреждения. После 15 лет молчания в нашей стране вновь вошли в научный оборот труды ученого. Главные его достижения — закон гомологических рядов в наследственной изменчивости и центры происхождения и многообразия культурных растений — включены в программу средней школы.

Но прошло еще свыше 20 лет, прежде чем в годы гласности и отмены цензуры, совпавшие со 100-летием со дня рождения Вавилова, широкой общественности стала известна его трагическая судьба. Выяснилось, что еще до окончания следствия документы, изъятые во время обысков в кабинетах Вавилова как дома, так в ВИРе, Институте генетики и ВАСХНИЛ, уничтожались следователями «как не имеющие ценности». Среди них несколько папок его переписки, полевые

записи, почетные дипломы и черновики незаконченных научных работ [1. С.492—493; 2. С.147—148]. Последнюю рукопись, написанную в заключении, «Историю развития мирового земледелия», обнаружить не удалось. Очевидно, и этот труд был тоже уничтожен.

Все это, увы, заслонило истинное величие и заслуги Вавилова. В предисловии к одному из сборников научных трудов, посвященных его юбилею, организатор и редактор сборника В.А.Красилов пишет, что Н.И. «является одной из самых трагических фигур в истории науки. Я имею в виду не только его личную участь, заставляющую вспоминать о Джордано Бруно и Сигере Брабантском, но и судьбу его творческого наследия. Что черпаем мы сегодня из богатейшего идейного фонда Вавилова, способного оплодотворить все области биологии? Почему, говоря о политипическом виде, мы приводим другие имена? Зачем нам закон гомологических рядов, если мы не понимаем и не стремимся понять его смысл, довольствуясь ролью иллюстраторов? И не пора ли нам восстановить историческую справедливость не только в отношении личности, но и научных идей человека, которому мы стольким обязаны?» [17].

Тем не менее исследователи обратили внимание на особенности его методологии, к которым человечество подошло только в наши дни: «Обозревая сегодня путь, пройденный Вавиловым в науке, нельзя не прийти к выводу, что ключевые идеи его учения, такие как установление гомологических рядов в наследственной изменчивости организмов, выявление на планете географических центров эволюции, трактовка биологического вида как системы, — все эти фундаментальные идеи вряд ли получили бы столь глубокую теоретическую разработку и широкое практическое применение в течение сравнительно короткой жизни ученого, если бы не гени-



Улица Н.И.Вавилова в Черновцах и мемориальная доска на доме.

альный, обогнавший свое время метод исследований, блестяще реализованный Вавиловым» [18. С.24]. Главными элементами метода в этой статье названы системный подход к проблеме целенаправленной селекции и глобализм Вавилова. Первый сочетает дарвинизм, генетику и изучение экологических факторов, включая географические. Глобально Вавилов подошел к изучению культурной флоры и ее эволюции за много десятилетий до спутниковой эры, когда человечество обратилось к глобальному мышлению [18. С.25].

Сегодня на первый план вышла главная идея Вавилова, составляющая часть теории интродукции, согласно которой в мировой селекции надо использовать не избранные сорта, а все их многообразие. Именно по этому принципу создавалась собранная им с сотрудниками мировая коллекция культурных растений, и потому в будущем она поможет человечеству преодолеть новые этапы экологического кризиса. В наши дни стало



Мемориальная доска на доме.

ясно, что только все многообразие сельскохозяйственных культур сделает мировое земледелие устойчивым. От непонимания этой идеи возникли издержки «зеленой революции» — массовые заболевания растений и возвращение голода в районы древнего земледелия.

Неизвестно, какие еще идеи Вавилова станут актуальными

и будут востребованы завтра. Вполне возможно, что заслуга в их продвижении и реализации будет принадлежать не отечественным ученым, но это и не важно. Наука интернациональна, и международная солидарность ученых, выразившаяся в стремлении спасти жизнь Вавилову, стала одним из проявлений ее интернационализма. ■

Литература

1. Суд палача. Николай Вавилов в застенках НКВД: Биографический очерк, документы / Сост. Я.Г.Рокитянский, Ю.Н.Вавилов, В.А.Гончаров. М., 2000.
2. *Вавилов Ю.Н.* В долгом поиске. Книга о братьях Николае и Сергее Вавиловых. М., 2008.
3. «В советскую биологию вовлечена идеология» (некоторые документы к истории VII Международного генетического конгресса) / Сост. М.Е.Раменская, Г.А.Савина, И.В.Полумордвинова // ВИЕТ. 2005. №4. С.3—63.
4. Памяти Г.А.Аскарьяна. (Серия XX век. Физика и физики.) М., 2000.
5. Сельскохозяйственная аспирантура // Бюл. ВАСХНИЛ. 1934. №2. С.18.
6. *Поповский М.* Дело академика Н.И.Вавилова. М., 1990.
7. *Вавилов Ю.Н.* Заказчики убийства академика Н.И.Вавилова. Расправа // Тимирязевка. 2010. №8—9. С.6.
8. *Вавилов Н.И.* О состоянии научно-исследовательской работы и повышении квалификации научных кадров // Сельскохозяйственная биология. 1998. №5. С.87—105.
9. *Вавилов Н.И.* О состоянии научно-исследовательской работы и повышении квалификации научных кадров // Наука и жизнь. 2002. №1. С.45—51.
10. Письмо С.И.Вавилова В.А.Веснину // Вопросы истории естествознания и техники. 2004. №2. С.38—39.
11. *Бахарева С.Н.* Нина Александровна Базилевская // Соратники Н.И.Вавилова. Исследователи генофонда растений. СПб., 1994. С.34—42.
12. *Левшин Л.В.* Сергей Иванович Вавилов. (Сер. «Научно-биографическая литература».) М., 2003.
13. *Есаков В.Д.* Николай Иванович Вавилов: страницы биографии. М., 2008.
14. *Черниченко Ю.* Русская пшеница // Новый мир. 1965. №11. С.180—200.
15. *Фуллер Дж.Ф.С.* Вторая мировая война 1939—1945 годов: Стратегический и тактический обзор. М., 1956.
16. *Резник С.* Николай Вавилов. (Серия «Жизнь замечательных людей».) М., 1968.
17. *Красилов В.А.* Предисловие редактора // Эволюционные исследования. Вавиловские темы. Владивосток, 1989. С.5.
18. *Захаров И.А.* Краткий очерк научной, научно-организационной и общественной деятельности // Николай Иванович Вавилов (1887—1943). (Материалы к биобиблиографии ученых СССР. Сер. биол. наук. Генетика. Вып.4.) М., 1987. С.9—27.

Письма Н.И.Вавилова — Н.П.Макарову

Т.Б.Авруцкая,

хранитель мемориального кабинета-музея Н.И.Вавилова
Институт общей генетики им.Н.И.Вавилова РАН
Москва

Десять писем выдающего естествоиспытателя Н.И.Вавилова к известному экономисту-аграрнику Н.П.Макарову, написанные в период Первой мировой войны (1914—1917), интересны тем, что отражают временной отрезок, слабо освещенный в биографии Вавилова. Они позволяют воссоздать события, которые трудно выявить даже долгими поисками. Например, упоминание Николая Ивановича о его работе в правлении Общества сближения с Англией помогло наконец найти информацию об этом обществе и истории его создания*. Кроме того, письма вносят уточнения в биографию Лидии Ивановны Вавиловой, младшей сестры Николая Ивановича.

Попытаемся воспроизвести канву важнейших событий, происходящих в этот период. В 1911 г. Вавилов после окончания Московского сельскохозяйственного института оставили для подготовки к профессорскому званию при кафедре частного земледелия. Д.Н.Прянишников, руководивший кафедрой, прикомандировал Николая Ивановича на первую в стране селекционную станцию, где тот начинает свои опыты по иммунитету культурных растений к паразитическим грибам. В 1913 г. Вавилов едет за казенный счет на стажировку для завершения образования в Англию, Германию и Францию.

Через год из-за начавшейся войны он досрочно возвращается в Россию. 28 сентября 1914 г. сестра Лидия, вернувшись из санатория, застаёт дома Н.И. «худого, с дергающейся половиной лица. Его положение скверное — не кончил [работу] за границей, и нет сознания окончания, а следовательно, и сознания, где наиболее потребное ему место. Пред-



Николай Иванович. Кембридж. Ноябрь, 1913г.

лагают ему в заведующие станции прикладной ботаники и еще фитопатологической, б.м., он туда пойдет» (архив семьи Н.П.Макарова). В это время было получено известие о «гибели гибридов, коллекции и пр.» на пароходе «Runo», который плыл из Англии в Россию и подорвался на mine. Пропали плоды упорного труда Николая Ивановича в Англии. О своем психологическом состоянии в 1914 г. Вавилов вспомнит в письме А.Ю.Тупиковой, 8 мая 1917 г., когда страна будет на краю гибели: «...И я прекратил было постановку опытов. А прошло 3 дня, и то, что было, кажется почти бредовым состоянием» («Из эпистолярного наследия 1911—1928 гг.»).

Война затронула и семью Вавиловых: младший брат Сергей** — в действующей армии, самого Николая Ивановича пока не призвали из-за травмы глаза, которую он получил еще в отрочестве, проводя дома химические опыты. Однако в 1915 г. статью по зрению отменили. Понимая, что призыв возможен, он старается завершить свои дела: «...На месяц дела по горло с обработкой иммунитета, генетики. <...> Среди своей публики рискну подытожить все, что уразумел по эволюции растений». К счастью, статью по зрению вскоре восстановили.

** Сергей Иванович Вавилов (1891—1951), окончил московское Императорское коммерческое училище и в 1914 г. поступил на физико-математический факультет естественного отделения Московского университета. В том же году был призван на военную службу. В 1914—1918 гг. находился в действующей армии — сначала рядовым, затем унтер-офицером и прапорщиком в саперном батальоне, в радиочастях инженерных войск. В феврале 1918 г. был взят в плен немцами в г.Двинске, но через два дня бежал (РГАСПИ. Ф.17. Оп.100. Д.28918. Л.22). Впоследствии выдающийся физик, президент АН СССР в 1945—1951 гг.

* См. на с.81.



Н.И.Вавилов среди сотрудников селекционной станции МСХИ (второй в первом ряду). 10-е годы.

В доме Вавиловых на Средней Пресне устроили лазарет, где за ранеными ухаживала мама Николая Ивановича, Александра Михайловна, но «из-за приостановки боев на Восточном фронте» лазарет вскоре расформировали.

Однако вернемся к письмам, написанным близкому человеку, Николаю Павловичу Макарову — мужу любимой младшей сестры Лидии Ивановны. Талантливая пианистка, окончившая с золотой медалью Московское филармоническое училище, она по возрасту была ближе к Сергею, родившемуся двумя годами ранее, но душевная близость была со старшим братом, Николаем. Свадьба Лидии состоялась, видимо, в феврале 1913 г., о чем свидетельствует запись в дневнике Сергея Вавилова от 9 февраля: «Лидия Ивановна стала мадам Макаровой».

С 1 июля 1914 г. Макаров был утвержден преподавателем по кафедре политической экономии и статистики Воронежского сельскохозяйственного института приказом по Министерству земледелия и выехал из Москвы к месту службы. В дальнейшем он вспоминал: «*Это был большой поворот в моей жизни, так как два-три года перед этим академическая работа для меня была закрыта. В 1911 г. свыше 90 профессоров и доцентов Московского университета покинули его*

*в знак протеста по поводу нарушения автономии высшей школы черносотенным министром Кассо. Подали заявления и многие из нас, молодежи, оставленной при университете для подготовки к профессорскому званию. Нам было указано, что двери высшей школы для нас навсегда закрываются. В связи с этим я попал на военную службу, совмещая ее с работой в статистическом бюро Московского уездного земства... Ученой степени я не имел, но 3–4 работы по организации и экономике сельского хозяйства и сельскохозяйственной кооперации уже были изданы**» (архив семьи Макарова).

Лидия Ивановна тогда была слушательницей медицинского факультета Московских высших женских курсов — с началом войны готовился ускоренный выпуск врачей. После сдачи экзаменов она должна была выехать к мужу в Воронеж. Из их сохранившейся переписки мы узнаем, что Макаров организовывал там программу курса полити-

* «Крестьянское кооперативное движение в Западной Сибири» — студенческая дипломная работа (1909), «Новая кооперация и картофельно-крахмальное производство» (1910), «Кредитная кооперация в Московском уезде» и «Молочное скотоводство и крестьянское хозяйство в Московском уезде» (1913).

ческой экономии и сельскохозяйственной статистики, поскольку официально обязательной программы еще не было. В 1913—1918 гг. Воронежский СХИ только создавался. Макарову было 27 лет, и разница «в возрасте моем и студентов была не очень велика». К приезду Лидии он снял в Воронеже квартиру на Халютинской улице, очень скромную, без ванны, и переживал, что не может создать для жены комфортных условий. Однако мечтам о совместной жизни осуществиться не удалось, на одном из практических занятий в клинике Лидия заразилась черной оспой. 10 октября Николай Иванович посылает Макарову письмо о ее болезни, которое, видимо, и послужило началом их переписки. Через неделю Лидия Ивановна умерла от черной оспы, погиб и ребенок, которого они с Николаем Павловичем ждали. Ей был всего 21 год. После трагедии оба, Вавилов и Макаров, спасаются работой.

Письма Вавилова не регулярные, поскольку Макаров часто бывал в Москве, «не переставал сотрудничать на кооперативных курсах, при Народном университете Шанявского, читал также лекции по сельскохозяйственной кооперации на Высших курсах по кооперации при том же университете» (Российский государственный архив экономики, РГАЭ. Ф.766. Оп.1. Д.57. Л.3) и был в курсе дел Николая Ивановича и всей семьи. В Ар-



Николай Павлович Макаров.

хиве экономики, в фонде Макарова, сохранились абонементы на симфонические концерты сезона 1914—1915 гг., что также подтверждает его регулярное присутствие в Москве (Там же. Д.225. Л.4).

В 1915 г. письма на долгое время прерываются — Макаров «в порядке научной командировки имел возможность изучать организацию сельского хозяйства, начиная с предгорий Алтая, переходя в лесостепи Западной Сибири, лесной зоны Вологодской и Ярославской губерний и заканчивая Прибалтийскими странами» (архив семьи Макарова). В 1916 г. Николай Иванович предпринимает поездку по Средней Азии и экспедицию в Персию. Через год он участвует в конкурсе на должность про-

фессора Воронежского СХИ. Затянувшееся разрешение этого вопроса, отсутствие информации в течение полугода, да еще параллельно вдруг включившийся претендент.. Якушкин*, несомненно, задела самолюбие молодого Вавилова. Он склоняется к Саратову, «где приветливы», но только после разрешения вопроса с Воронежем.

Текст писем воспроизведен по ксерокопиям, хранящимся в Российском государственном архиве экономики (РГАЭ. Ф.766. Оп.1. Д.126. Л.4—17). Такие же копии писем семья Макарова передала сыну Вавилова — Юрию Николаевичу, который, в свою очередь, подарил их Мемориальному кабинету-музею Н.И.Вавилова. При сравнении этих копий обнаружилось письмо Н.И.Вавилова от 10 октября 1914 г., отсутствующее в РГАЭ.

10 октября 1914 г.

Лидия у нас совсем расхворалась. Думаю, что Вы не почтете, что вмешиваюсь не в свое дело, и посему сообщаю Вам все то, что знаю. С понедельника (6 октября) началось повышение температуры, а во вторник, в день моего возвращения из Саратовской губ., она уже лежала. Позвали доктора, Очереднина, по-видимому, довольно приличного (лечит семью Прянишников и Сахаровых). Сначала думали, что жаба. Сегодня появилась утром сыпь. Точно еще определить врач не решился, м.б. ветр. оспа, корь. Сама Лидия говорит о возможности настоящей оспы, как раз перед болезнью она возилась с одной больной в клинике. Это, конечно, штука скверная. Все это усложняется беременностью. И вчера, когда тем-



Н.И.Вавилов (второй слева) и Е.Н.Сахарова. Англия 1914г.

* Иван Вячеславович Якушкин (1885—1960), окончил МСХИ, оставлен на кафедре частного земледелия. В 1917—1932 гг. профессор Воронежского СХИ.

пература повысилась до 40.1, врач боялся выкидыша. Сегодня температура немного спала, 39.6. Завтра утром будут два врача (второго приглашает по нашему желанию сам Очередник).

Ухаживает за Лидой, конечно, больше всех мать. Завтра после консилиума пригласим фельдшерницу. Если оспа, то могут потребовать полной изоляции. Лидия, когда я ей сказал, что напишу Вам, говорит, что не надо Вас тревожить. Но, подумав, решил все же Вам все сообщить.

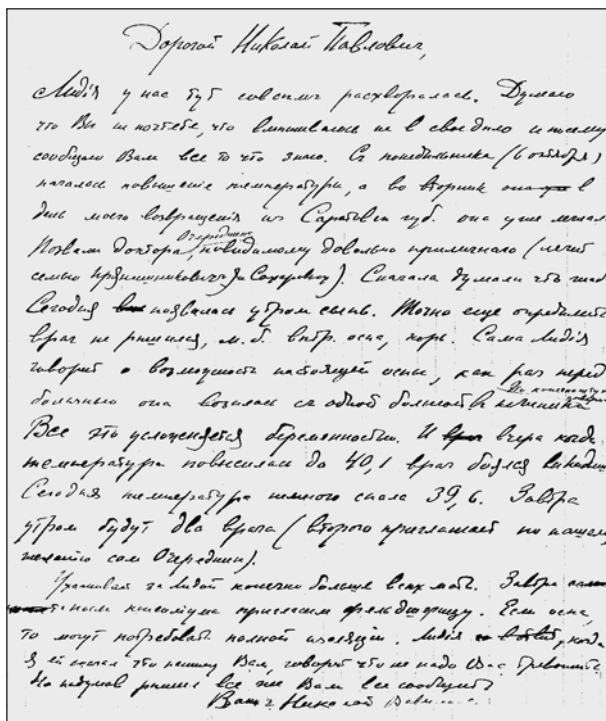
Ваш Николай Вавилов.
(Архив Ю.Н.Вавилова)

5.11. [1914]

Дорогой Николай Павлович,

с неделю не писал Вам. Из событий ничего не было такого, о чем стоило писать. Бегаем, суетимся, но все это обычно в пределах узенького, почти что заколдованного круга дел. Хочется часто уйти поглубже в свою работу, которая себе представляется и нужной, и интересной, и важной. Но как-то идет это с трудом. Обычно кажется, что причиной тому всякие внешние, в большинстве случаев напустяковые обстоятельства. Но знаешь, что Царство Божие внутри нас.

Письма Ваши читаем и перечитываем и всегда рады им. Но что ответить Вам на Ваши вопросы? Вы сами знаете, что мы бессильны. Одно ясно, Вы делаете важное, нужное и красивое дело, к[отор]ое может само по себе взять, отвлечь всего человека и стоит того. Чайнов¹ писал, что надо сжечь себя в обществ. деле. Мне раньше казалось, что это самое необходимое для того,



Факсимиле письма Н.И. Вавилова к Н.П. Макарову. 10 октября 1914г.

чтобы что-либо сделать. Да и сейчас кажется, что подвиги требуют этого.

Сегодня 20-й день². Были на кладбище. У Лиды очень красиво. Мать посадила в горшке чудную мелкую розовую хризантему, всю в цветах. Сегодня тепло, оттепель и зелень не мерзнет. Могилу



Лидия Вавилова в доме на Средней Пресне. 10-е годы.



Слушательницы медицинского факультета Московских Высших женских курсов Лидия Вавилова (третья слева).

убрали елками. Утром выпал снег. Вокруг тихо, покойно и не хотелось уходить.

От Сергея все нет вестей. Опять какие-то и откуда-то слухи, что лежит в госпитале в Варшаве. Послали за справками в Питер и Варшаву. В случае чего придется поехать самому в Варшаву.

Во вторник на следующей неделе, если ничего не случится, переезжаем в соседнюю квартиру. Ее отделявают. Одна комната ждет Вас и специально приготавливается для Вас.

Пообещал сделать доклад у естествоиспытателей³ и в Институте [МСХИ]. Завтра хочу приступить к писанию «После Дарвина в Англии» для «Природы» [статья так и не была напечатана в этом журнале].

Ек.Ник. [Сахарова]⁴ пошла в город и зайдет снова за фотографией [Лиды].

Мы тут на Пресне часто волнуемся и суедемся, но пока что по пустякам. Кончая письмо, вспомнил, что забыл дописать начатое 1 ноября письмо. Вкладываю и его вместе с этим.



Портрет Лиды. Фото из ателье Свищева-Паоло.

Прощайте.
Ваш Николай.

¹ Александр Васильевич Чайнов (1888—1937) — агроном, экономист, основоположник крестьяноведения. В 1906—1911 гг. учился в МСХИ, с 1911 г. преподавал агрономическую экономику в МСХИ и Народном университете Шанявского. В 1915 г. создал Союз льноводов.

² Лидия Ивановна Макарова-Вавилова умерла в Москве 18 октября 1914 г.

³ Московское общество естествоиспытателей — до 1917 г. Императорское московское общество испытателей природы, одно из старейших натуралистических обществ России. Учреждено в 1805 г. при Московском императорском университете. Первый директор общества — ГИ.Фишер фон Вальдгейм.

⁴ Екатерина Николаевна Сахарова (1886—1963) после окончания гимназии работала в политкружках. Подвергалась арестам в 1908 и 1910 гг. за содействие Социал-демократической партии (большевиков). Вольнослушательница МСХИ, агроном. В 1912 г. вышла замуж за Н.И.Вавилова. Вместе с мужем в 1913—1914 гг. находилась в научной командировке в Англии, Германии и Франции. В 1915 г. преподавала на Пречистенских курсах, вела отдел обзора кооперативного движения за границей в журнале «Кооперативная жизнь».

1 ноября 11 ночи [1914]

Дорогой Николай Павлович!

Сейчас только прочитал в новой книжке «Русской мысли» окончание статьи Струве¹ «Суд истории». В удивительно интересной и оригинальной форме Струве разбирает причины войны

и приходит к выводу после подробного разбора исторических условий, что возникновение данной войны должно быть вменено определенным лицам, оно явилось выражением личных свойств и формулировкой личного решения. Трудно не согласиться после многих доводов. Вам надо эту статью прочитать, и, если надо, мы вышлем Вам оба последние №№ «Русской мысли».

На Пресне затишье. От Сергея [Вавилова] все нет известий. Мать ходит уже по церквям и на кладбище и как будто подобрела. Ек.Н. сегодня ходила за фотографией. И завтра, наверное, перешилет ее Вам. Пока же еще не пришла домой.

Лично о себе что же сказать.

Уткнулся в книги и глотаю страницы. Страницам, кажется, несть числа. Читаю и думаю, что рано или поздно придется задуматься над экономизацией изложения знаний. Нельзя ли писателям пожалеть читателей.

¹ Петр Бернгардович Струве (1870—1944) — русский философ, экономист, общественный и государственный деятель, публицист. Внук астронома Василия Струве, сын пермского губернатора Бернгарда Струве. Член Кадетской партии. С 1906 г. возглавлял журнал «Русская мысль» — до его закрытия большевиками в 1918 г. Участник сборника «Вехи», содержавшего статьи его единомышленников — Н.А.Бердяева, С.Н.Булгакова, С.Л.Франка, М.О.Гершензона — о русской интеллигенции. В 1917 г. избран действительным членом Российской академии наук (оставался в составе академии до 1928 г.).

25.11. [1914]

Дорогой Николай Павлович.

Как же кончилось дело с телеграммой военначальника?

Сейчас только вернулся из «Рус[ских] Вед[омостей]»¹. Говорят, статья Пирсона² слишком велика для них. Надо сократить раза в 2½. Так как Ив.Ив.Орлов, кажется, изготовил извлечение из этой статьи для Р. Вед., то, очевидно, заряд наш пропал даром. Малость досадно, тем паче, что для Р. Вед. старались и перевели на совесть. Иду сейчас в Разумовское³ делать нечто вроде сообщения. Вероятно, прочту там и Пирсона.

Третьего дня был тут съезд агрономов. Было на нем тьма курсисток и студентов, но агрономы почти отсутствовали. Читал Чайнов о педагогике, то что он напечатал в Вест[нике] С[ельского] Х[озяйства]. Публику это, кажется, сильно не поинтересовало. Были на Струве. Лекция была, по-моему, возмутительная и бессмысленная. Тема: «Факт и идея Великой России». Без всяких до-

казательств дали России эпитет и Великодержавной, и Святой, и Мировой, и еще с десяток. Причем излагалось все это особым способом, вроде чревовещания. Ужасная эта штука — союз экономической науки с богоискательством. На днях будет вещать другой экономист-богоискатель Булгаков⁴, тоже, вероятно, в том же духе. И так, темно нашему брату в «экономике», а тут еще сами экономисты мутят. Безобразная эта штука национальная *mania grandiosa*, в особенности скверно то, что, несомненно культурные и талантливые заболевают ею.

От Сергея получено письмо Евсеевым⁵ от 10 ноября. Малость болеет, и надоело все вокруг. Сейчас у Кракова.

Наконец вчера получил увеличенный портрет Лиды от Паоло⁶. Очень большой. С бумагой больше кв. аршина (71 см). Сделали, несомненно, все, что только можно, но как-будто немного сильное увеличение. Переслать ли портрет Вам или сами возьмете?

Сегодня приезжает отец с Кавказа, и завтра мы на новой квартире.

Ваш Николай

¹ «Русские Ведомости» — ежедневная российская общественно-политическая газета, выходившая в Москве с 1863 г. по март 1918 г.

² Говорится о статье Карла Пирсона «Как обстоит дело с немецкой культурой?». Статья была помещена в двух октябрьских номерах органа Фабианского общества «The New Statesman». Рукопись перевода этой статьи находится в Мемориальном кабинете-музее Н.И.Вавилова Института общей генетики им.Н.И.Вавилова РАН. Начало статьи переводил Н.И.Вавилов, окончание — Е.Н.Сахарова. Вавилов, будучи в Англии в 1913—1914 гг., посещал публичные лекции Пирсона. «Еще в 1913 году, когда нам пришлось учиться в Англии, нам приходилось неоднократно слушать блистательные лекции Пирсона, посвященные громовой критике менделизма, и даже видеть демонстрацию опытов по скрещиванию пегих собачек. <...> И вот, вы себе можете представить почтенную аудиторию Королевского института, где лекции начинались в 9 часов вечера, где дамы появлялись в бальных костюмах (т.к. иначе туда не пускали, а джентльмены во фраках)».

³ Разумовское — Московский сельскохозяйственный институт, в котором учился Н.И.Вавилов, располагался на территории усадьбы Петровское-Разумовское.

⁴ Сергей Николаевич Булгаков (1871—1944) — философ, богослов, публицист, экономист и общественный деятель. Депутат Государственной думы. В 1918 г. по благословению патриарха Тихона был рукоположен в иерея. В 1922 г. был выслан за рубеж.

⁵ Иван Евсеевич Евсеев — учитель чистописания и рисования в Московском Императорском коммерческом училище. Идеальный педагог, любивший учеников, существовавший только для них, вводивший их в мир искусства и старины. «Душа» училища — так называл его Сергей Иванович Вавилов.

⁶ Николай Иванович Свищев-Паоло (1874—1964) — известнейший в Москве мастер художественной фотографии. Его студия располагалась в Столешниковом переулке.



Сергей Вавилов (крайний справа) на Первой Мировой войне. 1915г.

26.IV. [1915 г.]

Дорогой Николай Павлович.

Давно собираюсь написать Вам письмо, но все как-то отвлекался от сего предприятия. Начались посевы в Разумовском. Целые дни пришлось провести в Академии. В промежутке готовлю экзамен. 4 мая с Никаноровичем¹ подвергнемся испытанию. Назначено спецзаседание совета только для того, чтобы проэкзаменовать нас. Написал реферат о трансплантации и теперь исключительно занимаюсь учебниками. Физиология растений — в том виде, как она требуется к экзамену, — для меня наука довольно сторонняя, далеко не чувствую себя в ней хозяином.

Живем все в том же духе. Сергея произвели и посылают в Радом в новый батальон, Ал.Ив.² зубрит и готовится к переселению на дачу. Ек. Ник. сидит над статьями, преподает экономистам англ. язык и помышляет летом взять временное место, что-нибудь вроде агронома-кооператора.

Зовут в Чернигов, но это, кажется, малость далеко. Вера³ — на эпидемических курсах (2 месяца) и готовится к выступлениям. Лея [Королева] идет завтра на Кавказ с отрядом.



Удостоверение Веры Николаевны Сахаровой—сестры милосердия Никольской общины.

18-го, в день полугодовщины, на кладбище со-
брались курсистки. Мать построила высокую ре-
шетку вокруг могилы.

Вот, кажется, все главные факты.

Затеваю в довольно большом масштабе опы-
ты на лето, хотя несколько в сторону того на-
правления, в котором главным образом хотелось
бы работать. Если все пойдет как следует —
должен получиться ответ на кое-какие вопросы
по иммунитету. Получил заказ на общий обзор по
иммунитету растений из Питера, чему очень
доволен. Попытаюсь летом ввести в наблюдение
помимо злаков — розы, лен.

К началу мая ждем Вас в Москву. Здесь уж на-
стоящее лето.

Ну как с приготовлением к путешествию?

Ваш Н.Вавилов.

¹ Александр Никанорович Соколовский (1884—1959), агро-
ном-почвовед. Академик АН УССР (1929) и ВАСХНИЛ (1935).
Вместе с Вавиловым учился в МСХИ, проходил практику на
Полтавской опытной станции.

² Александра Ивановна Ипатьева (1886—1940) — старшая сес-
тра Н.И.Вавилова. Окончила медицинский факультет Москов-
ского университета, работала сельским врачом, работы в обла-
сти бактериологии принесли ей известность.

³ Вера Николаевна Сахарова — сестра жены Н.И.Вавилова.

7.V. [1915]

Дорогой Николай Павлович.

Письмо, кажется, должно прийти к Вам
в день, когда Вы будете «ангелом». Мать просила
поздравить Вас по сему случаю. Может быть, Вы
в этот день и выйдете в Москву, тут ведь 3 пра-
здника подряд, и экзаменовать Вам никого не
придется. Кстати, 5-го подвергся сему удоволь-
ствию. Благополучно. Остался один (морфология
и общ[ая] ботаника) на осень, к которому пред-
стоит по программе-минимум прочесть б¹/₂
тысяч страниц на немец. и французс. языках.

А сегодня второй день занят опытами, посе-
вом. Тьма времени идет на бухгалтерию этих
опытов, подготовку материала, ярлыков и пр.
пр. И голова занята только тем, как бы возмож-
но продуктивнее использовать время и прост-
ранство (к[отор]ое весьма ограничено). Сергей
удручен «стратегической ситуацией». Экономич-
еские расчеты очевидно не точны. Всей этой
истории не видать и конца.

Спешу в Разумовское и больше писать некогда.

Ваш Н.Вавилов

11.IX [1915?]

Дорогой Николай Павлович!

Хотя Москва и задает теперь тон всей Рос-
сии, но на Пресне все так же тихо, и нам далеко
до активности, к[отор]ая начинается, по-види-
мому, на Халютинской¹ улице в Воронеже. Мы все
еще пассивно воспринимаем события. Глотаем
газеты, штудируем всеобщую историю, вот,
в сущности, и все. Последние три недели заканчи-
вал опыты в Разумовском. Иммуниет занес
к розам. Изучал систематику, литературу и вел
наблюдения в разных розариях над устойчивос-
тью роз к болезням. В этом же роде была работа
и со льнами. Получились любопытные данные, ко-
торые позволяют обобщать выводы, найденные
у злаков, на все растения. И, по мирному времени,
две недели, к[отор]ые почти полностью ушли на
эти занятия, оправдали затрату времени. Пока
прилично идут опыты и с головней.

В последние дни засел за книги, т.е. за подго-
товку к экзамену².

Ек.Ник. закончила Данию [видимо, речь идет
о брошюре Е.Н.Сахаровой «Отчего датские крес-
тьяне стали хорошо жить» (М., 1916). — Т.А.],
кажется, печатается, напечатала статью
«Женщины-агрономы» в справочник для Голи-
цынских курсов³ и переводит У'ассисе. В большом
доме по-старому. В октябре-ноябре к[ак] будто

приедет Сергей (приезжал на Рождество и 1915, и 1916 гг.). Отец становится радикалом. Вообще публика левеет.

В Институте устраивают с.-х. отделение Р[неразборчиво] политехникума. Переезжают лаборатории, студенты. Отделение оказывается довольно многолюдным, и как разместятся все — Аллах один ведает. На Выселках⁴ беженцы давно уже поразобрали комнаты и квартиры.

Сегодня профессор-лесовод вывесил многозначущее объявление с призывом студентов помочь разделке старых участков лесной дачи на дрова. «Будет заготовлено до сотни “топоров”, — гласит объявление, — более, если найдутся. <...> В связи с недостатком дров, к[отор]ый ожидается зимою, и отсутствием рабочих рук, г[оспо]да студенты поймут серьезность предложения». Прочитал, и стало жутко.

Совет постановил вести нормально занятия во что бы то ни стало, и отклонили предложение использовать лаборатории для нужд войны. Кое-что все-таки будет делаться. Химики намерены добывать алкалоиды.

Забастовки прошли мирно — полиция не вмешивалась. Останавливались на 2½/½ дня окружная дорога, трамваи, паровичок и большинство фабрик и заводов. В воздухе висела «всеобщая забастовка», остановка железных дорог.

Из событий забыл упомянуть посещение нас в третий раз ворами. Обокрали дочиста, за исключением, конечно, книг. В Вашей комнате все — от полотенца до половика. Событие сие произошло в 3 часа дня. Рекорд, следовательно, за нами.

Как у Вас занятия в Институте?
Привет Елизавете Павловне⁵.

Ваш Н.Вавилов.

¹ В доме №17 (доме Рогинского) на Халютинской улице в Воронеже жил Н.П.Макаров.

² Экзамен по физиологии.

³ Высшие женские Голицынские сельскохозяйственные курсы — учреждены княгиней С.К.Голицыной, располагались в Москве, на Большой Никитской, в доме Чернопятовой. Основателем и первым директором (1907—1917) был Д.Н.Прянишников.

⁴ Выселки — место на территории Петровско-Разумовского.

⁵ Елизавета Павловна Макарова — родная сестра Н.П.Макарова, закончила экономический факультет Московских высших женских курсов.

15.XI [1915]

Дорогой Николай Павлович.

Вот уже четвертый день я представляю собою «общественного деятеля» в Правлении О[бществ]а сближения с Англией. Экзамены кончились, и так как я оказался свободнее других, то на меня взвалили организацию «английских дней» в Москве. Звоню в день до ста раз и больше по телефону, налаживая митинг на 22 ноября,

Общество сближения с Англией

10 марта 1915 г. в Лондоне было открыто Общество России (The Russia Society) под председательством спикера палаты общин сэра Джеймса Лофтера с девизом «Прочное единение и сближение Британской империи и России». В Кембридже и Оксфорде прошли публичные лекции о России.

Мысль о создании подобной организации в России возникла у М.М.Ковалевского* после возвращения его в Москву из австрийского плена. Главной задачей создаваемого Общества сближения с Англией он ставил перестройку отношений России и Англии. На организационном собрании 22 марта 1915 г. избрали членов правления в количестве 38 человек. Председателем стал Ковалевский (после его смерти — князь В.М.Голицын); товарищи председателя — А.А.Мануилов, П.Н.Милюков, П.И.Новгородцев, Н.В.Давыдов, А.И.Коновалов; секретарями — А.К.Дживелегов, М.М.Новиков, Н.А.Шилов; товарищами секретаря — Н.И.Вавилов, Н.В.Попов, Н.Е.Терлецкий. Среди членов правления оказалось много известных имен — С.В.Бахрушин, И.А.Бунин, Вяч.Иванов, Н.А.Каблуков, Ф.Ф.Кокошкин, С.А.Котляревский, П.П.Рябушинский и многие другие.

В отчете Общества, изданном в 1917 г., имя Вавилова не только в списках членов, он также входит в состав ревизионной и библиотечной (вместе с Сахаровой) комиссий. В списках членов общества мы видим и членов его семьи — отца, Ивана Ильича Вавилова, и жену, Екатерину Николаевну Сахарову-Вавилову.

В один из Дней английского флага, «22 ноября 1915 г., проходило публичное общее собрание в зале Московской городской думы, на которой присутствовали представители английского посольства, английской колонии и другие приглашенные лица» (Отчет Общества сближения с Англией. 22 мая 1915 г. — 1 ноября 1916 г. М., 1917). Организацией этого заседания, на котором выступали С.А.Котляревский, Вяч.Иванов, А.Н.Савин, А.К.Дживелегов и М.М.Новиков, занимался Н.И.Вавилов.

* Максим Максимович Ковалевский (1851—1916) — выдающийся русский историк, юрист, социолог, общественный деятель, академик Петербургской АН, издатель журнала «Вестник Европы», депутат Первой Государственной думы.

на котором будут говорить целых 7 душ (Кокошкин¹, Вяч.Иванов², Маклаков³ и др.). Хлопочу по редакциям, чтобы своевременно поместили соответствующие статьи (обещал даже Тимирязев). Сов. нар. университетов устраивает общедоступные лекции. Как всегда, на самой охоте кормим собак. Оказывается, напр., нет списка членов Об-ва (сближения с Англией), уж не говоря об адресах. В лит. худ. кружке устраиваем «английский вечер». Итоги впечатлений подводите рано, дело доведу до конца, но, кажется, повторять не буду. Должно быть, то же у Вас вначале было с беженцами, но там хоть это нужно, а тут, право, не так уж это все и нужно, хотя с Англией и англичанами стоит быть поближе. Без них уже давно бы, гляди, запросили пардону.

На очереди призыв. Должно быть, в 1-ых числах декабря. Это решающий для меня момент. Твердо не уверен, возьмут ли. По точному пониманию мною соответствующих статей (новых циркуляров, статей не знаю), годен для нестроевой службы. Ну, возьмут — тогда все, кажется, просто. Войну эту, как все ни летит лично кверху ногами, — приемлю. И поэтому никаких предположений, идущих за месяц, — уже не делаю. На месяц дела по горло с обработкой иммунитета, генетики. Среди своей публики на днях рискну подытожить все, что уразумел по эволюции растений, штудирую толстые книги и немножко наблюдая.

У нас тут опять инфекция. Вера Сахарова заразилась сыпным тифом (она работала сестрой милосердия около Галиции). Кризис, судя по телеграммам, прошел. Ек.Ник. едет к Вере. Двоюродная сестра (Маня) лежит в кори. Капитан (Федоровский), должно быть, убит. Его страшно жаль (он, несомненно, Богом был отмечен среди других). Леля Королева болела тифом (брюшным), но почти поправилась, бегают.

Сергей произведен в техники, получает больше профессора гонорара и ехает в Москву, по-видимому, не имеет желания.

Остальное по-старому. Фатер в Ростове и южнее, матери скучно без лазарета с 5 солдатами, к[оторый] теперь пустует за приостановкой боев на Вост. фронте.

Ал.Ив. и в хвост и в гриву гонит науку за наукой. Ек.Ник. все возилась с отправлением нескольких сотен библиотек от МОСХ военнопленным, переводила с англ., обучала англ. яз. и возилась с Пречист. библиотекой⁴.

Скоро и Рождество. Вы, вероятно, закончите цикл читать до 10-го, следовательно, если даже забреют, увидимся. Кстати, этот призыв (28 лет, 29 и 30) выясняется очень многих из «нас».

Ну вот и 2-й час ночи, пора заканчивать.

Привет Елизавете Павловне.

Ваш Ник. Вавилов

кратической партии. Депутат Государственной Думы I созыва (1906), государственный контролер Временного правительства (1917), сотрудник газеты «Русские ведомости», журналов «Право» и «Русская мысль». Как ученый-юрист, поставил и разработал принципиальный вопрос о пределах государственного вмешательства в общественную и личную жизнь граждан. Блестящий оратор, обаятельный человек, знаток литературы и искусства. 28 ноября 1917 г. арестован и заключен в Петропавловскую крепость. Убит в ночь с 6 на 7 января 1918 г.

² Вячеслав Иванов (1866—1949) — поэт, теоретик русского религиозного символизма.

³ Василий Алексеевич Маклаков (1869—1957) — адвокат, государственный деятель. Член Государственной Думы II, III и IV созывов. Один из популярнейших думских ораторов. Окончил Московский университет, ученик Виноградова. Подготовил раздел о завоевании Англии норманнами для «Книги по истории Средних веков» под редакцией Виноградова. Работал вместе с Ф.Н.Плевако. Первое свое судебное дело провел по просьбе Л.Н.Толстого. Позднее представлял интересы обвиняемых на вероисповедных и политических процессах. С 1914 г. активно работал во Всероссийском земском союзе и в одном из передовых отрядов Красного Креста. В августе 1917 г. назначен Временным правительством послом во Францию. С 1924 г. возглавлял Эмигрантский комитет.

⁴ Пречистенская библиотека (Пречистенские курсы) — бесплатные вечерние общеобразовательные курсы для рабочих (1897—1919), учреждены В.А.Морозовой. Организованы для повышения квалификации рабочих. Преподавали на курсах профессора Московского университета, деятели народного образования и партийные, которые использовали курсы для формирования революционного сознания.

23.1.[1917]

Дорогой Николай Павлович!

Спасибо за письмо, а то неизвестность начала выводит немного из равновесия. Вчера получил извещение от И.В.Якушкина, что он изменил решение, получив поощрительное письмо из Воронежа, и выставил свою кандидатуру. Ему очень хочется в Воронеж, и, по его словам, для него важен даже малый шанс. У меня первое время было сомнение, не сойти ли с дороги. Но все же решил этого не делать. Какие мы с ним конкуренты. Я не читал его работ, он моих. Я ничего не смыслю в работах Прянишниковской лаборатории, частным земледелием там ведь не занимаются. Они тоже имеют очень малые сведения о том, что меня занимает. Вопрос в том, как понимать частное земледелие и задания кафедры. Это дело воронежцев, если даже останутся на Якушкине, я не буду в большом огорчении. Только пусть в другое время будут поосторожнее с их приглашениями.

Что и как у Вас, черкните. Если уж так им надо посадить на кафедре непременно агронома, а вовсе не «селекционера», и пригласили они последнего по недоразумению — я, м.б., и сам откажусь.

На очереди иммунитет. Хожу к Тарасевичу¹. В животном иммунитете много настоящей науки и есть что заимствовать.

¹ Федор Федорович Кокошкин (1871—1918) — юрист, политический деятель, один из основателей Конституционно-демо-

Пытаюсь немного ориентироваться в археологии. Для эволюции культурных растений без нее не обойдешься. Всем этим в Москве можно заниматься. Последняя наука [археология], правда, слаба в Москве.

Ну, Вы, наверное, в Масляную приедете. Ваш Н.Вавилов.

Елизавете Павловне поклон.

¹ Лев Александрович Тарасевич (1868—1927) — микробиолог и патолог. По его инициативе была создана первая в России станция по контролю бактериальных препаратов. Основные работы по медицинской микробиологии, эпидемиологии и иммунологии.

6.II.1917?

Дорогой Николай Павлович

Что у Вас творится в Институте?

Сегодня в «Утре России»¹ вычитал, что Институт закрыли по случаю академических разногласий и студенты все исключены. Не потому ли и Вы запоздали в Москву? Если не собираетесь на днях в Москву, черкните, в чем дело.

¹ «Утро России» — ежедневная газета (издатель П.П.Рябушинский), выходила в 1907—1918 гг.

20.VI.[1917]

Дорогой Николай Павлович!

Собираюсь сообщить вот уже целую неделю Вам воронежские новости, если Вы их еще не знаете, но было очень некогда. Непосредственно я еще не получал никакого уведомления, хотя недели 4 тому назад послал Глинке¹ письмо с просьбой ответить, когда истекает срок конкурса (из Саратова имел в это время предложение от Курсов²). Но 13.IV И.В.Якушкин передал мне содержание телеграммы, полученной им от Ярилова. Выбран штатным адъюнктом на кафедре Якушкин, я избран тоже, но для 3-й временной сверхштатной кафедры земледелия, об учреждении которой постановили ходатайствовать. Имелась ли в виду кафедра селекции или чего-нибудь в этом роде, ни я, ни Якушкин пока не знаем. Жду официального уведомления, но воронежцы по обыкновению не спешат. В нормальных условиях раздел каф. частного земледелия на две я считал бы весьма целесообразным и для себя весьма удобным. И даже, казалось бы, по объекту мы с Якушкиным как раз соответствуем подразделениям и направлениям в работе. У него направление — учение о культуре; мое — сами растения (сортоведение, география культурных растений), учение о сортоведении, селекция), короче — агрономическая ботаника. Но для меня неизвестно, что разумели воронежцы и не просто ли дело сводится к почетному отказу одному из претендентов, тем более



Александра Михайловна Вавилова с сыновьями в доме на Пресне. 1916 г.

что открытие «сверхштатных кафедр» не по сезону. И почему бы, прежде чем решать вопрос о делении кафедры, не переговорить или не узнать мнение лиц, в этом заинтересованных.

Одним словом, я немного в недоумении, тем более что и с Якушкиным мы, в сущности, имели столь мало общего, что совершенно попросту вряд ли сумеем договориться. Для меня, например, довольно чуждо было собственно учение о культуре (удобрение, обработка, севооборот). И.В[ячеславови]чу[Якушкину], наоборот, в качестве референта отнюдь и не чужды интересы сортоведения. Так и здесь можно предвидеть некоторые трения. И трения уже начались, отчасти при разговоре.

Весьма вероятно, что дело все кончится тем, что я предпочту Саратов, куда на днях собираюсь писать директору и одному из знакомых преподавателей, В.П.Бушинскому³; Воронежцы в моем представлении или совершенно разладились в академическом смысле, или слишком провинциальны.

Жаль, Вас не было там в эти дни. Ну а, впрочем, это только, может быть, было к лучшему.

Я решил подождать до 1 июля извещения из Воронежа, а после этого считать дело совершенно ликвидированным, и тем более что Саратов очень радушен. Как Ваше мнение на сей предмет? Если бы меня очень тянуло в Воронеж, я бы, конечно, сразу отправился сам туда, но, как Вам известно, этого нет. А нынешние ½ года волынки и совсем охладили мои симпатии к Воронежу.

Ваш Н.Вавилов.

Ждем Вас через несколько дней. Мать шлет поклон.

Ек.Ник. хочет писать Вам сама.

Аэрофоторазведка как прегречка аэрофототопографии

В.В.Глушков,

доктор географических наук

Московский государственный институт путей сообщения

Монография «Аэрофоторазведка. Прошлое — настоящее — будущее» вышла в свет в преддверии 100-летия Военно-воздушных сил России. Ее автор — старейший научный сотрудник Центрального дома авиации и космонавтики Леонтий Михайлович Матиясевич — ветеран Великой Отечественной войны и военной разведки, аэрофотогеодезист, доктор технических наук, полковник в отставке, автор книг «Введение в космическую картографию» (М., 1989), «Аэрофоторазведка. На земле и в воздухе (1941—1945)» (М., 2000).

В своей новой книге автор анализирует ключевые события аэрофотосъемки и аэрофоторазведки, неразрывно связанные с великими открытиями XVIII—XX вв. в области воздухоплавания, фотографии, авиации и космонавтики. Значительное внимание уделено использованию аэрофоторазведки в военных целях.

Наряду с этим в книге прямо или косвенно рассмотрена и «гражданская» составляющая этого технического вида военной разведки, что может представлять несомненный интерес для читателей журнала «Природа». Дело в том, что аэрофоторазведка в свое время стала прегречей аэрофототопографии — научной дисциплины, изучающей методы создания топографических карт по матери-

алам аэрофотосъемки, а позже и дистанционного зондирования Земли из космоса — метода изучения свойств объектов на земной поверхности посредством данных, полученных с помощью искусственных спутников Земли.

«Исторически первым фотографическим способом зондирования земной поверхности, — пишет Матиясевич, — явилась наземная фототопографическая съемка. В этом случае фотографирование осуществляется с выбираемых определенным образом точек местности, а в роли носителя фотоаппаратуры выступает человек или обычные транспортные средства. Уже в год открытия фотографии была выдвинута идея использования ее для геодезической съемки с целью составления карт местности...».

Однако от рождения идеи до ее практической реализации потребовалось время. В конце 1840-х — начале 1850-х годов инженер-майор Корпуса инженеров французской армии Э.Лосседа, сделав важные для военного дела наземные фотографические снимки с возвышения, впервые попытался использовать фотокамеру для составления топографических планов местности. В 1855 г. его соотечественник фоторепортер Г.Турнашон получил «Привелегию» на «воздушную фотографию», а затем предложил производить землемерную съемку путем фотографирования местности



Л.М.Матиясевич. АЭРОФОТОРАЗВЕДКА. ПРОШЛОЕ — НАСТОЯЩЕЕ — БУДУЩЕЕ.

М.: ИИГ «Полигон-Пресс», 2011. 159 с.

с привязанного воздушного шара. В 1858 г. он получил первый четкий фотоснимок небольшой деревеньки под Парижем, а спустя некоторое время Лосседа разработал способ «развертывания» фотоснимка, полученного с воздушного шара, в план. Он назвал этот способ метрофотографией (позднее появился термин «фотограмметрия» — научно-техническая дисциплина, изучающая теорию и разрабатывающая практические способы определения формы, размеров и положения объектов по их фотографическим и другим изображениям). «Таким образом, — заключает Матиясевич, — Франция, родина воздухоплавания и фотографии, дала старт и воздушной фоторазведке. Но это были только первые шаги; несовершенство фотографических процессов в те годы существенно сдерживало широкое применение воздушной съемки...».

Значительный вклад в развитие аэрофоторазведки, а следовательно, и аэрофототопографии, внесли наши соотечественники. «Военная и научно-техническая интеллигенция дореволюционной России, — пишет автор рецензируемой книги, — проявляла живой интерес к воздухоплаванию и фотографии, активно искала пути военного и гражданского применения этих новых открытий, внесла свой вклад в их дальнейшее совершенствование...». Так, 21 декабря 1869 г. при Главном инженерном управлении российского Военного министерства была образована комиссия «для обсуждения вопросов о применении воздухоплавания к военным целям» во главе с генерал-инженером Э.И.Тотлебенем. В 1870 г. было создано Русское общество воздухоплавания. Тогда же воздушный шар в официальной печати стали называть «аэростатом».

20 декабря 1880 г. по инициативе выдающегося русского химика, физика и натуралиста Д.И.Менделеева был создан VII воздухоплавательный отдел

в Императорском русском техническом обществе (ИРТО), а 22 декабря 1884 г. военный министр генерал-адъютант П.С.Ванновский объявил, что «государь император [Александр III], признавая необходимым предоставить... средства для основательной разработки вопросов по развитию у нас и применению к военным целям воздухоплавания, голубиной почты и различных систем вышек, высочайше повелеть соизволил... кадровую команду аэронавтов образовать...». В том же году в Военном ведомстве России была образована комиссия «по применению воздухоплавания, голубиной почты и сторожевых вышек к военным целям» под председательством начальника гальванической части Инженерного корпуса генерал-майора М.М.Борескова.

16 февраля 1885 г. в Санкт-Петербурге была сформирована кадровая военная команда воздухоплавателей. Возглавил ее поручик А.М.Кованько — военный инженер и пилот, в будущем первый начальник Воздухоплавательной офицерской школы, генерал-лейтенант.

18 мая 1886 г. Кованько, имевший уже солидный опыт воздухоплавания, получил первые фотоснимки Санкт-Петербурга. Съемка выполнялась из корзины аэростата на высоте 800, 1200 и 1350 м обыкновенным фотоаппаратом с простым моментальным затвором и форматом кадра 12×16 см. На первом снимке были запечатлены: Дворцовая площадь, Зимний дворец, Адмиралтейство, Дворцовый мост, Васильевский остров, часть Петропавловской крепости, Большая и Малая Невы, острова и взморье вплоть до Лисьего Носа. Второй снимок представлял собой перспективу Васильевского острова, а третий — плановое изображение Петропавловской крепости. После этого полета Кованько по праву вошел в анналы военной истории как пионер российской воздушной фотографической съемки.

Первая фотокамера (прототип отечественных и зарубежных аэрофотоаппаратов), предназначенная специально для воздушной съемки, была сконструирована в России в 1886 г. филологом В.И.Срезневским — членом-корреспондентом Петербургской академии наук, талантливым изобретателем, создателем нескольких типов специальных фотоаппаратов. Тогда же фотокамера Срезневского была испытана во время свободного полета аэростата по маршруту Санкт-Петербург—Кронштадт. Полет был организован ИРТО специально для воздушного фотографирования местности. Пилотировал аэростат Кованько, съемку на фотопластины формата 24×24 см выполнял фотограф Л.Н.Зверинцев. В ходе полета было получено четыре достаточно четких снимка: первый сделан над Санкт-Петербургом, второй — над морским каналом, третий — над Финским заливом, четвертый — над о.Котлин.

В 1891 г. в России были изданы «Наставления для пользования воздухоплавательным компасом и фотограмметрическим прибором...» инженера-полковника Н.А.Козлова. Инженер Министерства путей сообщений (МПС) Н.О.Виллер успешно провел первые практические опыты по применению фототопографической съемки при изысканиях железных дорог на Кавказе, а преподаватель геодезии Александровского военного училища подполковник С.П.Беликов сделал доклад «О перспективных и фотографических съемках местности в топографическом отношении».

В 1894 г. инженер-поручик В.Ф.Найденов — обер-офицер Варшавского воздухоплавательного отделения (в будущем изобретатель фототрансформатора*,

* Фототрансформатор — прибор, позволяющий преобразовывать фотоснимок, полученный при наклонном положении оси фотоаппарата, в горизонтальный снимок заданного масштаба с целью составления фотоплана местности.

профессор Военно-инженерной академии), обобщив накопленный в России и за рубежом опыт, сделал в Военном фотографическом обществе сообщение «О пользе съемок с воздушного шара в интересах войск и построения плана местности по полученной фотографии».

В 1898 г. инженер МПС Р.Ю.Тилле сконструировал и изготовил так называемый фотоаппарат-панорамограф, позволяющий получать фотоснимки, вполне подходящие для построения плана местности. По своему замыслу и конструктивному оформлению прибор был самым совершенным в мире для того времени многокамерным фотоаппаратом, предназначенным для воздушной съемки.

Во время Русско-японской войны 1904—1905 гг. воздушную визуальную разведку и фоторазведку с использованием привязных аэростатов впервые применили в боевых условиях. С этой целью сформировали три воздухоплавательных батальона. Однако в целом первый опыт использования нового вида разведки был не вполне успешным по причине неуправляемости аэростатов и их уязвимости от внешнего воздействия (сильного ветра, тумана, неприятельского огня и др.). К тому же неумение наблюдателей работать с фотоаппаратурой не позволило широко применить воздушную съемку для детального изучения и оценки местности, для получения сведений о противнике и тем более для составления топографических карт. В то же время, «русская армия, — подчеркивает в своей книге Матиясевич, — накопила большой организационный и практический опыт воздушной разведки и фотографирования в условиях войны...», а вскоре после ее окончания «научно-техническая мысль России одна из первых осознала: будущее за самолетом...».

6 февраля 1910 г. было «совместнолично» подписано «высочайшее соизволение» императора Николая II о создании Воз-

душного флота России, который уже на следующий год имел в своем составе 36 самолетов. В том же году прошли первые войсковые маневры с участием авиации, а военный летчик поручик В.Гельгар впервые в нашей стране выполнил «в картографических целях» фотосъемку с борта самолета военных укреплений, построенных на берегу пролива Босфор.

В 1912 г. в России была издана первая в мире инструкция по боевому применению авиации, в которой имелся раздел, посвященный воздушному фотографированию. Именно в те годы вошли в обиход термины «аэрофотосъемка» и «аэрофоторазведка».

В Первую мировую войну 1914—1918 гг. эффективность аэрофоторазведки была проверена на практике. По оценкам специалистов, именно тогда произошел мощный толчок к развитию военной и общегосударственной картографии. Однако самым крупным событием того периода в указанном смысле стало широкое использование аэрофотосъемки — основы аэрофототопографической разведки противника.

Задачи этого нового вида разведки решались с помощью аэрофотоснимков (топография и фотограмметрия), определенной координатной основы (геодезия) и топографических карт, куда впечатывались разведывательные данные и изменения на местности (картография). Лишь немногие специалисты тогда осознавали, что это был первый шаг к использованию аэрофотосъемки в интересах решения задач по картографированию территории России на качественно новом научном уровне, начало радикального переворота в картографо-геодезическом деле.

Между тем польза от применения авиаразведки во время войны была огромная. Первые аэрофотоснимки в боевых условиях были сделаны уже осенью 1914 г. под Перемышлем, а позже и в других местах. Аэрофото-

разведка сыграла важную роль в подготовке и проведении знаменитого Брусилковского прорыва на Юго-Западном фронте в 1916 г. Центральным органом, занимавшимся воздушным фотографированием, тогда стал Аэрофототопографический парк, в котором работали В.И.Срезневский, В.Ф.Потте, В.Ф.Найденов и др. Для руководства фотометрическими (фотограмметрическими) частями учредили Аэрофотограмметрический отдел, при котором имела школа офицеров.

Спустя год, после Октябрьской революции 1917 г., при Военнотопографическом управлении Красной Армии, основу которого составили бывшие офицеры-геодезисты и офицеры-топографы, было сформировано аэрофототопографическое отделение. Его-то и задействовали в проведении и обработке результатов первой аэрофотосъемки (около 200 снимков) на опытном полигоне (площадью около 135 квадратных верст) под Тверью. Съемку выполнил летчик-наблюдатель из Корпуса военных топографов подпоручик В.А.Барин, воевавший во время Первой мировой войны в 17-м корпусном авиационном отряде, будущий видный ученый-фотограмметрист. По аэрофотоснимкам было составлено два фотоплана в масштабе 250 и 100 саженей в дюйме, предназначенных для составления топографической карты. Аэроснимки дешифрировали на местности, контуры вычерчивали тушью, а затем фотоизображение удаляли отбеливателем. При сравнении плана того же района, снятого традиционным способом, с фотопланами оказалось, что последние менее точны, но содержат больше подробностей, облегчающих ориентирование на местности. Повторные испытания, проведенные в 1919 г., дали лучшие результаты, а вскоре было установлено, что аэроснимки служат ценнейшим материалом для исправления устаревших топографических карт,

а аэрофотосъемка — при условии ее развития и усовершенствования — в перспективе может стать основным средством картографирования территории страны. Но на практике требовались разработка более совершенной теории аэрофототопографии и подготовка квалифицированных кадров — фотограмметристов. Первых энтузиастов этого нового научно-практического направления в картографии поддержал I Всероссийский геодезический съезд, признавший дальнейшее развитие аэрофототопографии делом государственной важности.

До 1929 г. результаты аэрофотосъемки представлялись преимущественно в виде контурных фотопланов в масштабе 1:10 000. Однако отсутствие на них рельефа местности значительно снижало ценность работ. С целью устранения этого недостатка ученые разработали ме-

тод контурно-комбинированной съемки, при которой плановая основа карты получалась с использованием аэрофотосъемки, а высотная — с помощью наземной топографической съемки.

В середине 1930-х годов в контурно-комбинированную съемку внедрили стереосъемку, при которой наземная топографическая съемка уже не требовалась. Это новшество позволило существенно повысить производительность работ по картографированию территории СССР, появилась возможность создания карт для ранее недоступных районов Заполярья, Сибири и Дальнего Востока.

Значительная и довольно интересная часть книги посвящена использованию аэрофоторазведки в годы Великой Отечественной войны 1941—1945 гг. (Матиясеви́ч был ее непосредственным участником, в том числе

и в должности старшего инженера-инспектора по фотооборудованию 17-й воздушной армии), а также событиям послевоенных лет. В заключение автор книги описывает историю становления и развития космофоторазведки, у истоков которой в числе прочих стоял и он сам. «Мы не были первооткрывателями воздухоплавания и авиации..., — пишет Матиясеви́ч, — но вопреки всему мы стали первооткрывателями космоса. У нас были прекрасные стартовые позиции...».

В целом же книга, написанная на основе архивных документов и свидетельств, личных впечатлений и наблюдений автора, насыщена интересными и малоизвестными фактами и снабжена уникальным иллюстративным материалом. Читатель, интересующийся историей науки и техники, найдет в ней для себя много нового, полезного и поучительного. ■

История науки

Ю.Ф.Богданов. ОЧЕРКИ О БИОЛОГАХ ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ XX ВЕКА. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2012. 508 с.

Книга состоит из очерков-эссе, основанных на документах, воспоминаниях автора и свидетельствах коллег и связанных общей нитью — нитью впечатлений, мыслей и личных оценок. Это рассказ об отдельных событиях из истории развития в нашей стране генетики, молекулярной и клеточной биологии, физиологии, зоологии и о выдающихся ученых, представивших эти науки. Каждый очерк можно читать отдельно,

но все вместе они создают более целостную картину событий в отечественной биологии второй половины XX в.

По тематике книга поделена на три части. В первой описана история создания новых институтов Академии наук СССР в 1957—1967 гг. На примере биофака МГУ автор показывает, как биология страдала от «мичуринских догм», тогда никто еще не знал о существующей уже на Западе молекулярной биологии. Отмечена роль некоторых советских и зарубежных ученых в создании новых научных направлений в биологии.

Вторая часть книги, наибольшая по объему, в свою очередь поделена на четыре раздела

(физиологи и цитологи, молекулярные биологи, генетики, зоологи). Здесь собраны воспоминания об ученых: Л.В.Крушинском, Д.Н.Насонове, В.А.Энгельгардте, А.Д.Мирзабекове, Б.Л.Астаурове, А.А.Прокофьевой-Бельговской, Е.А. и Н.В.Тимофеевых-Ресовских, Д.К.Беляеве, Н.Н.Воронцове, В.И.Фрунзе и других. Зарубежные ученые, оказавшие заметное влияние на развитие отечественной науки, выделены особо — это Ф.Крик, Дж.Уотсон, М.Мезельсон, Э.Фриз, Г.Кэллан, Р.Ригер.

Третья часть книги посвящена ученым-фронтвикам: зоологу К.А.Воскресенскому и физиологу А.В.Трубецкому. Их биографии ярки, но малоизвестны.

Ботаника

КУЛЬТУРНЫЕ РАСТЕНИЯ ГЛАВНОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА ИМ.Н.В.ЦИЦИНА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК: 60 ЛЕТ ИНТРОДУКЦИИ. Отв. ред. А.С.Демидов. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2011. 511 с.

В настоящем издании подведены итоги интродукции культурных и полевых дикорастущих растений отдела культурных растений Главного ботанического сада им.Н.В.Цицина РАН. Разработка научных основ на базе экспозиции и коллекций культурных растений началась еще в 1945 г. Их принципиальная структура была изучена академиком Н.В.Цициным совместно с сотрудниками ряда отделов. Большая часть экспозиции заложена в 1957—1959 гг., в дальнейшем отдельные разделы открывались заново, при этом их состав значительно изменялся. С 2000 г. из коллекционных фондов были исключены экспозиции овощных и технических растений. Тем не менее в настоящую сводку вошли итоги интродукции этих групп.

В книге описано 465 видов, разновидностей и форм, 1527 сортов полезных и культурных растений, относящихся к 150 родам и 61 семейству. Приведены данные по жизненным формам и распространению дикорастущих таксонов, по фенологии, зимостойкости и засухоустойчивости, а также по продуктивности, химическому составу, устойчивости к вредителям и болезням у различных видов и сортов. Выделены таксоны, перспективные для выращивания в средней полосе России.

При подготовке издания были использованы материалы предыдущей сводки по интродукции культурных растений, вышедшей в 1988 г.

Этот труд может послужить в качестве справочного посо-

бия для работников ботанических садов, специалистов по селекции, а также для фермеров и садоводов-любителей.

Ботаника

Е.А.Игнатова, М.С.Игнатов, В.Э.Федосов, Н.А.Константинова. КРАТКИЙ ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ МОХООБРАЗНЫХ ПОДМОСКОВЬЯ. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2011. 320 с.

Основу определителя составила бриофлора Звенигородской биологической станции МГУ, на базе которой в течение многих лет во время полевой практики авторы изучали мхи и печеночники. Этот район вполне типичен для Подмосковья, и виды, здесь произрастающие, встречаются в большинстве лесных и болотных массивов Московской и сопредельных областей.

В книге даны ключи для определения, описания и иллюстрации одного вида антоцеротовых печеночников и 164 видов мхов, наиболее широко распространенных в центральных районах европейской части России. Многочисленные редкие виды мхов не вошли в определитель, поскольку это существенно увеличило бы его объем и крайне усложнило их определение.

Для определения родов (а в некоторых случаях видов) мохообразных составлены два ключа: отдельно для печеночников и антоцеротовых и отдельно для мхов. Напротив каждой тезы и антитезы слева располагаются рисунки, относящиеся к тезе, справа — к антитезе. В определителе принята сквозная нумерация видов. Их номера приводятся перед названием рода или вида. По номеру можно найти нужный вид в основном тексте, среди штриховых рисунков (которые даны для всех видов) и среди цветных фотографий, приведенных

почти везде на вкладышах в конце книги.

**Ботаника.
Охрана природы**

П.Г.Ефимов. ОРХИДНЫЕ СЕВЕРО-ЗАПАДА ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2011. 211 с.

Ятрышниковые, или орхидные, образуют особое семейство растений, насчитывающее 20—25 тыс. видов, сгруппированных в 700 родов. Более многочисленно только семейство сложноцветных.

Почти все культивируемые орхидеи родом из тропических или субтропических стран, а в северных широтах большинство из них можно выращивать только в комнатных условиях. Поэтому словосочетание «орхидеи Ленинградской области» у многих читателей, возможно, вызовет удивление. Где они растут? Как выглядят?

Наша природа не столь богата орхидеями, как тропические страны. И все же во время прогулок по лесу можно встретить пальчатокоренники, называемые в народе кукушкиными слезками, или любку — ночную фиалку, а возможно, и самую известную из дикорастущих орхидей — венерин башмачок. Все эти растения — орхидеи, и нельзя сказать, что северные представители этого семейства уступают по красоте своим тропическим сородичам.

В книге рассказывается о дикорастущих орхидных северо-запада Европейской России. Подробно рассматриваются строение орхидей, ключ для определения видов, а также причины вымирания этих растений. Для каждого из 28 видов орхидей северо-запада даны подробное описание, иллюстрированное фотографиями, и карта регионального распространения.

Попугай, который жил с пингвинами

Р.Л.Потапов,
доктор биологических наук
Зоологический музей РАН
Санкт-Петербург

Представляю себе недоумение читателя при виде такого заголовка. Любой, даже малознакомый с зоологией человек четко ассоциирует попугая с тропическим лесом, а пингвина — со льдами Антарктики, и сосуществование этих двух совершенно разных птиц в природных условиях, казалось бы, невероятно. Тем не менее так было, причем еще недавно — каких-то 150 лет назад, но только в одном месте — на небольшом, площадью в 120 км², острове Маккуори, расположенном между Новой Зеландией и Антарктидой. Этот остров, хорошо известный промысловикам, охотившимся в антарктических водах, был официально нанесен на карту лишь в 1810 г., когда его обнаружил капитан Ф.Хассельборо. Спустя десятилетие участники Первой русской антарктической экспедиции посетили Маккуори, составили его карту и подробное описание, впервые отметив совместное обитание здесь попугаев неизвестной «породы» и пингвинов [1].

Напомню, что снаряжена эта экспедиция была в 1819 г. под командованием Ф.Ф.Беллинсгаузена и М.П.Лазарева. Им предстояло выполнить исключительно трудное задание — на двух военных шлюпах «Восток» и «Мирный» надо было обойти вокруг льдов Южного полюса, попытаться приблизиться к нему и, наконец, выяснить — есть там материк или нет. Как известно, экспедиция блестяще спра-



Ф.Ф.Беллинсгаузен (по литографии У.Штейнбаха) и М.П.Лазарев (с гравюры И.Томсона).

вилась с заданием — Антарктиду открыли в первое же южно-полярное лето 1820 г. Обогнув добрую половину континента и в ожидании очередного летнего сезона корабли встали на ремонт и отдых в австралийской гавани Порт-Джексона (ныне Сидней), откуда выходили в плавание для обследования ближайших вод Тихого океана. В ноябре экспедиция вновь стартовала на юг, чтобы завершить маршрут вокруг Антарктиды. Путь к ее берегам лежал от Порт-Джексона через о.Маккуори, где предполагалось запастись пресной водой, которой далее по всему маршруту взять было негде.

На рассвете 17 ноября 1820 г. корабли экспедиции подошли к Маккуори, вид которого удивил путешественников. «Мы

предполагали, — пишет Беллинсгаузен, — что остров Маквария покрыт всегдашним льдом и снегом, как и остров Южная Георгия, ибо оба в том же полушарии и в одинаковых широтах; крайне удивились, найдя, что остров Маквария порос прекрасною зеленью, исключая каменных скал, которые имели печальный темный цвет. В зрительные трубы мы рассмотрели, что взморье сего острова покрыто огромными морскими зверями, называемыми морскими слонами и пингвинами; морские птицы во множестве летали над берегом.... Взорам наших путешественников представилось обширное пространство, усеянное пингвинами трех родов, большими морскими зверями, которых спокойного сна ничто



Шлюпы «Восток» и «Мирный» (художники Е.Войшвилло и Б.Стародубцева) и хохлатый пингвин (художник П.Михайлов, участвовавший в Первой русской арктической экспедиции) [1].

не нарушало. Два рода пингвинов принадлежали к тем, каких мы прежде видели около острова Георгия и на льдах; а третий более первых; сего рода пингвинов видел спутник Кука Саундерс на острове Квергелене и упоминает об оных в третьем путешествии капитана Кука.... Пингвины сии не уступали дороги, надлежало их расталкивать.... К крайнему нашему удивлению,

на сем полуохладевшем острове видели множество небольших попугаев; все принадлежат к одной породе» [1. С.403—408].

Попугаи относились к еще неизвестному науке виду, поэтому выяснить их «породу» Беллинсгаузену не помогли бы и профессиональные натуралисты, которых не было в составе экспедиции. Вот как он описывает сложившуюся ситуацию:

«В продолжение всего путешествия мы всегда сожалели, что не позволено было идти с нами двум студентам по части естественной истории, из русских, которые сего желали, а предпочтены им неизвестные иностранцы» [1. С.79]. В Копенгагене по приглашению русского правительства к экспедиции должны были присоединиться немецкие ученые Кунс и Мертенс, однако они «переменяли свое намерение тогда, когда уже было поздно найти других. Они отказались из-за того, что будто бы им дано мало времени на приготовление к путешествию; может быть, они и правы, но я, как военный, — пишет Беллинсгаузен, — думаю, что ученому довольно привезти с собой свою ученую голову. Книг же в Копенгагене во всех родах множество, ежели бы некоторых и не достало, все книжные лавки в Лондоне (после Копенгагена экспедиция останавливалась в Лондоне, — Р.П.) были к их услуге» [1. С.298—299]. Безусловно, ученые провели бы сборы коллекций более квалифицированно, чем моряки. Тем не менее коллекции все время собирались, и сам Беллинсгаузен, например, занимался гербарием.



Небольшой остров Маккуори (отмечен звездочкой) равноудален от Антарктиды, Новой Зеландии и Австралии.



Маккуори в отличие от других островов, расположенных на той же широте, покрыт не снегом и льдом, а пышной зеленью.
Фото М.Мерфи и А.Дермера

Дневники Беллинсгаузена переполнены записями о встречах и добыче разного вида животных, особенно птиц, с которых, пусть и на любительском уровне, снимали шкурки, затем их обрабатывали ядом, чтобы сберечь до возвращения в Россию. «Штаб-лекарь Берх на шлюпе “Востоке”, а медико-хирург Галкин на шлюпе “Мирном” с удовольствием приняли на се-

бя в течение всего путешествия сбережение подобных редкостей» [1. С.107]. Но не все добывали сами, что-то покупали у местных промысловиков, которые работали здесь артелями — добывали жир, вытапливаемый из морских слонов, раньше заготавливали шкуры морских котиков, коих быстро перебили. По заказу Беллинсгаузена промысловики сняли шкуру с ог-

ромного морского слона, «чтоб она была совсем полная, т.е. с головою, дабы можно по возвращении в Петербург набить и сохранить вид сего редкого и достойного зверя» [1. С.409].

Ловили промысловики на Маккуори и попугаев, которых затем продавали в Порт-Джексоне. Именно там Беллинсгаузен купил разных птиц: «белых и одного черного какаду, лорий,



На побережье о.Маккуори: пингвин Шлегеля (вид хохлатых пингвинов, эндемик острова) и морской слон.

Фото М.Бомфорд

королевских и синегорских попугаев и одного маленького попугая с острова Маквария... сию птицу ценили более всех прочих» [1. С.397]. Этот попугай, купленный в Порт-Джексона, и еще один, выменянный уже на Маккуори у промысловиков за три бутылки рома, дополнили серию из двух десятков особей, добытых на острове участниками экспедиции.

Попугаи острова Маккуори, как ни странно, не привлекли внимание местных исследователей, и до сих пор в зарубежных публикациях можно найти утверждение, что именно Русская антарктическая экспедиция открыла этого попугая. Таким образом, помимо прославившего наших мореплавателей открытия ими Шестого континента, они к тому же открыли и новый вид попугая, еще не известный науке. По сравнению с Антарктидой эта находка была сущей мелочью, о которой надолго забыли. А напрасно.

Какова же судьба коллекционных сборов Антарктической экспедиции вообще, и попугаев в частности? Кроме коллекций добытых животных, на кораблях держали большое количество живности — самых различных экзотических птиц, да и не только птиц, приобретенных на разных стоянках. Беллинсгаузен пишет: «Мы насчитали на шлюпе “Восток” 84 птицы. Они производили большой шум... дикими голосами кричали и свистали. Мы взяли также кенгуру, который... был весьма ручной и чистоплотный; часто играл с матрозами» [1. С.398]. Во время плавания этих птиц при каждом удобном случае, зависящем в основном от погоды, заботливо выносили в клетках на шканцы — на солнце и свежий воздух. О дальнейшей судьбе «живых экспонатов» трудно сказать что-нибудь определенное, но вполне вероятно, что некоторые из них, доплыв до Санкт-Петербурга, после своей гибели в неволе попали в руки искусных чучельщиков. Что же до

коллекционного материала, то он весь, согласно тогдашнему уставу, по возвращении в Санкт-Петербург 22 июля 1822 г. был передан в «Морской музей» Главного адмиралтейства Российской империи. Была ли при этом составлена опись последних — неизвестно, обнаружить их в архивах пока не удалось. А в 1827 г. по указу Николая I, все коллекционные сборы, переполнившие к этому времени залы музея и не имевшие прямого отношения к морской тематике, были распределены по соответствующим музеям, причем львиная их доля, более 6 тыс. экспонатов, попала в Кунсткамеру.

В то время знаменитая петербургская Кунсткамера доживала последние годы в качестве единого музея всевозможных коллекционных собраний (ее предполагалось разделить на несколько отдельных музеев). Последним директором единой Кунсткамеры был академик Н.Я.Озерецковский, который скончался за четыре месяца до возвращения Русской арктической экспедиции. Главным подразделением единой Кунсткамеры был Зоологический кабинет (вспомните знаменитую басню И.А.Крылова «Любопытный»), который после ухода академика С.Палласа в 1796 г. уже 30 лет оставался бесхозным. Появившиеся здесь только с 1826 г. препараторы-консерваторы (Э.П.Менетрие, а с 1829 г. и Г.А.Шрадер) занимались только препараторской работой, учет и этикетирование экспонатов не выполняли. Полный порядок стал наводить здесь только Ф.Ф.Брандт, в 1831 г. приглашенный из Берлина на должность директора Зоологического музея, первым выделенного из состава Кунсткамеры. Для новой экспозиции нового музея он выбирал только хорошо сохранившиеся экспонаты. В его отчетах нет даже упоминания о сборах Антарктической экспедиции. Но что-то наверняка сохранилось, и чучело попугая в витрине нашего му-

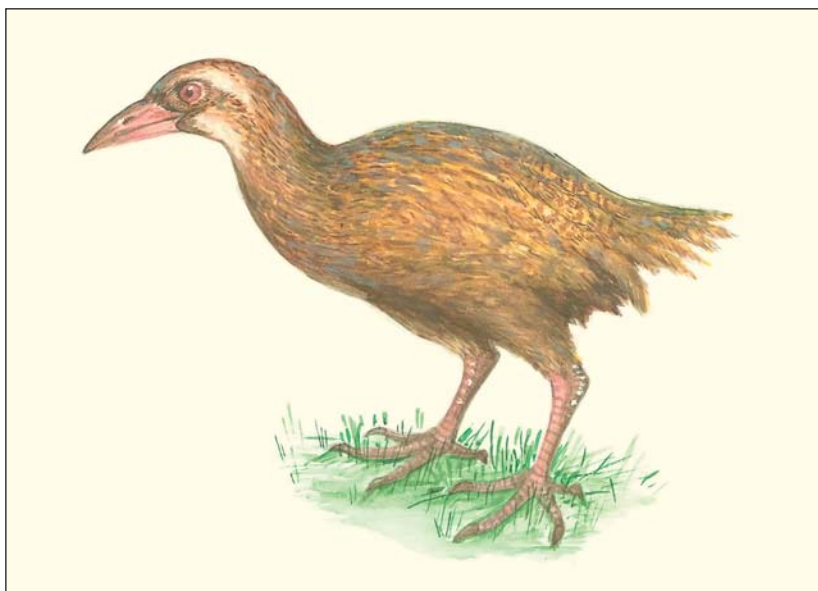
зея, определенного тогда как «новозеландский попугай» (что вполне соответствовало в то время знаниям об этих птицах), — ясное тому подтверждение. На старой этикетке четко указан источник поступления — «Mus. Admiralty» (Музей Адмиралтейства).

В настоящее время совершенно очевидна необходимость дальнейших архивных поисков сборов этой экспедиции. Во всяком случае ее этнографические сборы в этнографический раздел Кунсткамеры поступили [2]. А первое научное описание попугая с Маккуори появилось в Великобритании в 1825 г. [3], т.е. через три года после возвращения экспедиции, но базировалось, как выяснилось позже, на экземплярах неясного происхождения, да еще и относившихся к разным видам. Вскоре, уже после выхода из печати дневников Беллинсгаузена (1831), его признали неудовлетворительным и появилось новое описание, с латинским названием *Psittacus erythrotis* Wagler, 1932 [4]. Затем этот вид был включен в состав нового рода и стал называться *Cyanoramphus erythrotis* Bonaparte, 1854 [5]. Однако ни И.Г.Ваглер, ни Ш.Л.Бонапарт на о.Маккуори не бывали. Более того, никто из натуралистов не собирал там коллекций вплоть до 1890 г. Источник путаницы — плохо этикетированные экземпляры из разных коллекций, многие из которых были приобретены, как клеточные (т.е. живые) птицы у торговцев и родина которых не могла быть точно установлена.

Сравнительно недавно выяснилось, что попугаи этого рода, весьма похожие друг на друга, распространены кроме Новой Зеландии еще на ряде тихоокеанских островов и представляют 11 (!) самостоятельных видов! Забегая вперед, могу только сказать, что этот вопрос продолжает дискутироваться, и до сих пор отсутствует точное научное описание попугая Маккуори, выполненное по всем пра-

вилам Кодекса зоологической номенклатуры, с четким указанием типовых экземпляров и описанием его окраски и размеров. Этим сейчас и занят известный российский орнитолог В.М.Лоскот. А задача у него крайне сложная, так как новый материал взять негде! Попугай-то этот, как давно выяснилось, вымер! Произошло это 120 лет назад, и после 1890 г. никто больше его на Маккуори не видел! Орнитологи не только не успели хоть сколько-нибудь изучить эту удивительную птицу, но даже описать ее по всем правилам зоологической номенклатуры. Было лишь известно (со слов случайных наблюдателей), что гнездились они в норках или под развесистыми пучками сорной травы (при этом — ни одного четкого описания). Корм попугаи находили среди остатков морской растительности, непрерывно выбрасываемых на берега морским прибоем и изобилующих различными беспозвоночными. Эти валы вдоль линий прибой явно обеспечивали неплохую кормовую базу попугаем.

О том, что попугай прекрасно приспособился к жизни на совершенно безлесном острове с далеко не теплым (но и безморозным!) климатом, говорила его высокая численность, о которой не забывали упоминать все посещавшие остров в течение XIX в., включая и российских мореплавателей. Что же случилось с попугаем, столь многочисленным в момент визита Русской антарктической экспедиции в 1820 г. и полностью исчезнувшим 70 лет спустя (последний раз его видели в 1890 г.)? А вот тут все ясно. Виной всему стал человек с его стихийными и подчас неграмотными попытками улучшить природу. Все подробности этого процесса сейчас хорошо известны [6]. Некоторые полагали, что истребили попугаев сбегавшие с судов и одичавшие собаки и кошки, в чем даже винили экспедицию. Но российские моря-



Нелетающий новозеландский пастушок уэка. Рисунок Е.А. Павловой.

ки уже застали там всех этих одичавших домашних животных, что четко описано в дневнике Беллинсгаузена. В любом случае богатая островная экосистема Маккуори, в которой попугаи занимали не последнее место, вместе с кошками и собаками благополучно существовала еще более полусотни лет, вплоть до 1872 г., когда начались попытки по завозу на остров новых животных.

Первым был завезен сюда нелетающий новозеландский пастушок уэка (*Gallirallus australis*)... Эта крупная (ростом с небольшую курицу) птица с наземным образом жизни стала заманчивой добычей для быстрорастущего белого населения Новой Зеландии. Его вкусное мясо и беспомощность перед людьми стали причиной быстрого истребления птицы, и ее решили перевезти для спасения на не имевший постоянного населения остров Маккуори. Не учли только всеядный характер уэки, съедавшего на своем пути все живое — улиток, лягушек, крыс, яйца и птенцов наземных птиц. На Маккуори от уэки стало доставаться даже пингуинам и альбатросам, но если те хоть как-то могли противостоять этим пти-

цам, то маленькие попугаи оказались перед ними совершенно бессильны. Конечно, взрослый попугай легко избегал опасности, просто взлетая при встрече, но яйца и птенцы в гнезде были обречены. Поначалу, пока завезенных пастушков было сравнительно немного, это не особенно отразилось на численности попугаев, а вот повторный, в гораздо большем количестве, завоз уэки в 1879 г. привел к гораздо худшим последствиям.

В том же 1879 г. промышленники завезли на остров большую партию кроликов. Быстро размножившись, они уничтожали всю зелень на острове, под прикрытием которой гнездились попугаи, и просто вытаптывали их гнезда. Те стали еще более доступны для одичавших кошек и тех же пастушков, до того испытывавших большие трудности с кормом в зимний период, когда массы гнездившихся здесь птиц покидали остров. Еще в 1877 г. попугаи были еще настолько многочисленны, что моряки, потерпевшие крушение и жившие на острове четыре месяца, питались ими, сшибая их камнями [7]. А к 1890 г. попугаи были полностью истреблены. Последним, кто видел этих птиц



Новозеландский попугай рода *Cyanoramphus*, сородичи которого жили на Маккуори.
Фото М.Бомфорд

на острове, был некто Смит, побывавший на острове в 1890 г. [8, 9]. Во всяком случае А.Гамильтон, посетивший Маккуори в 1894 г., не только не видел там попугаев сам, но и привел сообщения моряков, навещавших остров в 1892—1893 гг. и уже не встретивших там попугаев.

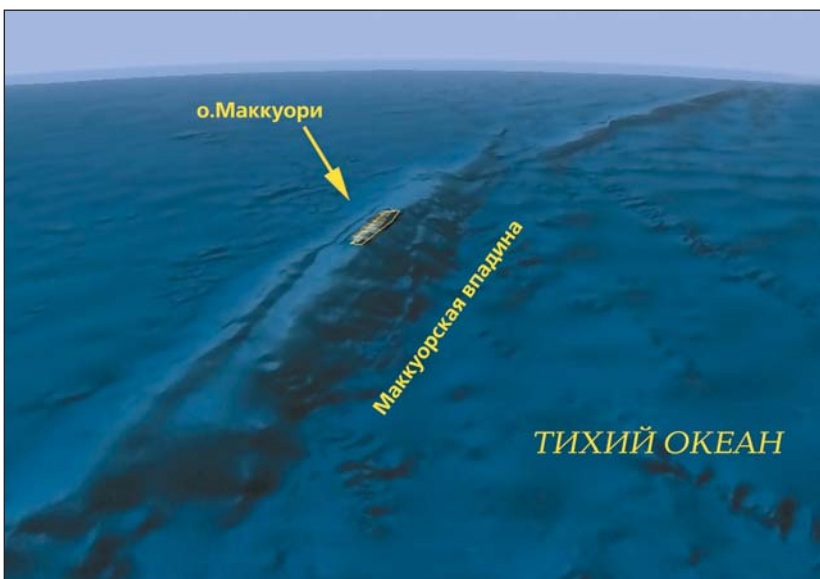
Но если причины исчезновения попугаев на о.Маккуори вполне очевидны, то остается крайне загадочным другой вопрос. А как же вообще эти лес-

ные оседлые птицы с весьма ограниченными летными особенностями могли попасть на остров без единого деревца, удаленный от ближайших мест, где живут его близкие родственники (юг Новой Зеландии), океаническим простором аж в 1200 км? Тому есть только одно достоверное объяснение — предки вымерших попугаев этого острова проникли сюда по суше, причем по суше, покрытой лесной растительностью тропического или

субтропического типа. Могло ли это быть? Вполне! Еще Беллинсгаузен знал, что о.Маккуори — это возвышающаяся над водой южная оконечность подводного хребта Маккуори, протянувшегося к северо-востоку вплоть до Новой Зеландии. Геологические исследования последних десятилетий показывают, что восточнее Австралии располагается огромное подводное плато, размерами больше Индии или Гренландии, со сравнительно небольшими глубинами (от 200 до 1000 м). Этот континент (его называли Зеландией), как часть праматерика Гондваны, связывал Австралию с Антарктидой и, как считают геологи, ушел под воду 23 млн лет назад [10]. Самые большие его части, оставшиеся над водой, — Новая Зеландия и Новая Каледония. Расчеты геоморфологов, конечно же, весьма приближены. Да и вряд ли такое погружение было одновременным и катастрофическим, хотя и по сей день вся эта область находится в исключительно сейсмической зоне, на стыке двух океанических плит — Тихоокеанской и Индийской.

Серьезным подспорьем в датировке и последовательности этого процесса стала эволюционная история всего рода зеленых попугаев *Cyanoramphus*, к которому относится не только наш попугай, но и маленькие зеленые попугаи — «какарики», как называют их местные жители. Исследования последних лет показали, что этот род претерпел весьма сложную и еще не вполне выясненную историю. По последним данным [11], он включает 11 видов, один из которых представлен четырьмя подвидами, обитающими на разных островах; еще три вида вымерли к началу 20-го столетия.

В результате анализа митохондриальный ДНК удалось установить видовой статус для четырех таксонов, считавшихся ранее подвидами одного вида, в том числе и для попугая с Маккуори. Распространение всех



Подводный рельеф хребта Маккуори.

видов связано исключительно с островами, оставшимися после погружения основной части Зеландии, и ни один из них не встречается в расположенной рядом Австралии. Все виды и подвиды очень молоды, и эволюционная история рода укладывается в плейстоценовое время. Точно определив время изоляции той или иной формы попугаев, обитающей на том или ином острове, можно уточнить и датировку событий, сопровождавших погружение континента.

В целом же вырисовывается вполне логичная картина эволюции этих попугаев. Общий предок, населяющий весь континент Зеландия, разделился на популяции разных возвышенных районов, которые, в свою очередь, были изолированы океаном в процессе постепенного погружения континента и далее эволюционировали уже вполне самостоятельно. То же произошло и с предками попугая Маккуори. Когда самая южная часть хребта Маккуори превратилась в остров, попугаи, оставшись в изоляции, оказались во власти последующих природных изменений. Улететь они уже никуда не могли, и им оставалось только шаг за шагом приспосабливаться к происходящим в окружающей среде изменениям. Напомню, что попугай с о.Маккуори оказался самым южным видом среди своих сородичей, т.е. самым ближним к осыпавшейся Антарктиде. Они первыми должны были столкнуться со всеми результатами глобального похолодания. Но, к счастью для наших попугаев, темпы этого похолодания, смягчаемого к тому же окружающим океаном, были крайне медленными. Столетие за столетием становилось все холоднее, столетие за столетием медленно деградировали и исчезали леса, а попугаи постепенно, поколение за поколением, привыкали к меняющимся условиям окружающей среды. Тут особенно ярко проявилась невероятная мощь великого за-



Чучело попугая с о.Маккуори в витрине Зоологического музея РАН.

Фото автора

кона природы — естественного отбора, который помогает выживать видам при масштабных изменениях в природной среде, но только при обязательном условии — постепенности таких изменений.

Размеры о.Маккуори сократились до современных около 5 млн лет назад, а общий темп глобального похолодания в Южном полушарии привел к исчезновению лесов на этих широтах примерно 1.5 млн лет назад. Таким образом, местные попугаи имели в своем распоряжении не менее 3.5 млн лет, чтобы полностью адаптироваться к новым безлесным условиям и найти новые источники питания. Биологи определяют темпы эволюционных преобразований в своеобразных единицах времени, за которые происходит полная смена одного поколения другим. Определять эту величину не так просто, но возможно, и для одного из видов зеленых попугаев (попугая Кука с о.Норфолк [12]) она была определена в три-четыре года и, можно полагать, что у нашего попугая она была такой же. Таким образом, вся глубокая адаптация наших попугаев к новым условиям, превратившим их в самостоятельный вид, произошла практически за 1 млн поко-

лений. Много это или мало? Сравним: для образования нового вида — байкальского сига — потребовалась, по аналогичным подсчетам, смена 800 тыс. поколений. Можно не сомневаться, что постоянно совершенствующиеся методы современной науки позволят с гораздо большей точностью восстановить последовательность событий, сопровождавших погружение материка Зеландия в пучины океана.

А сейчас о.Маккуори, несмотря на исчезновение уникального эндемика, продолжает оставаться истинной сокровищницей Субантарктики. С 1978 г. он объявлен национальным заповедником, а в 1997 г. внесен в Список Всемирного наследия ЮНЕСКО. Мы же можем с удовлетворением сознавать, что именно наши соотечественники почти 200 лет назад в невероятно трудном плавании не только открыли Шестой континент земного шара, но и поведали миру об уникальном попугае, жившим когда-то вместе с пингвинами и морскими слонами на субантарктическом острове Маккуори. А в объемистой витрине Зоологического музея РАН в Санкт-Петербурге, где демонстрируются более 200 различных видов попугаев со всего ми-

ра, скромно стоит удивительный экспонат — чучело попугая с о.Маккуори, может быть, единственное в мире, чудом сохранившееся и в итоге занявшее по-

добающее ему место. Изготовленный неизвестным мастером, этот экспонат снабжен этикеткой черного цвета. Такими «черными» этикетками в нашем му-

зее отмечаются чучела животных, которые исчезли с лица Земли и которых можно теперь увидеть только в музеях, да и то далеко не во всех. ■

Литература

1. *Беллинсгаузен Ф.Ф.* Двукратные изыскания в Южном Ледовитом океане. СПб., 1831. (Цит. по: 2-му изданию, М., 1949.).
2. Итс Р.Ф. Кунсткамера. Л., 1974.
3. *Vigors N.A.* Description of some rare, interesting or hinherto uncharacterized Subjects of Zoology // Zool. Journal. 1825. №1. P.526—542.
4. *Wagler J.G.* Monographia Psittacorum. Munchen, 1832. Bd.1. S.463—750.
5. *Bonaparte C.L.* Revue et Magasin de Zoologie pure et appliquй. Paris, 1854. Ser.2. V.6. Tableau des Perroquets. P.153. №86.
6. *Taylor R.H.* How the Macquarie Island parakeet became extinct // New Zealand Journ. of Ecology. 1979. №2. P.42—45.
7. *Thompson J.S.J.* Voyages and wanderings in far-off seas and lands. L., 1912.
8. *Hamilton A.* Notes on a visit to Macquarie Island // Transactions and Proceedings of The New Zealand Institute. 1894. V.27. P.559—579.
9. *Cumpston J.S.* Macquarie Island // Australian National Antarctic Research Expedition Scientific Reports. 1968. Ser.A. V.1. №93.
10. *Lewis K., Nodder S.D., Carter L.* Zealandia: the New Zealand continent // Te Ara — The Encyclopedia of New Zealand. 2007. P.02—22.
11. *Boon W.M., Kearvell J., Daugherty C.H., Chambers G.K.* Molecular systematics and conservation of kakariki (*Cyanoramphus* sp.) // Science for Conservation. 2001. №176. P.1—46.
12. *Garnett S.T., Crowley G.M.* The action plan for australian birds. Canberra, 2000.

ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

Научные редакторы
О.О.АСТАХОВА
М.Б.БУРЗИН
Е.Е.БУШУЕВА
Т.С.КЛЮВИТКИНА
К.Л.СОРОКИНА
Н.В.УЛЬЯНОВА
О.И.ШУТОВА
С.В.ЧУДОВ

Литературный редактор
Е.Е.ЖУКОВА

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
С.В.ЧУДОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры:
М.В.КУТКИНА
Л.М.ФЕДОРОВА

Графика, верстка:
А.В.АЛЕКСАНДРОВА

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

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

Адрес редакции: 119049,
Москва, Мароновский пер., 26
Тел.: (499) 238-24-56, 238-25-77
Факс: (499) 238-24-56
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 16.10.2012
Формат 60×88 1/8
Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 687
Набрано и сверстано в редакции

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