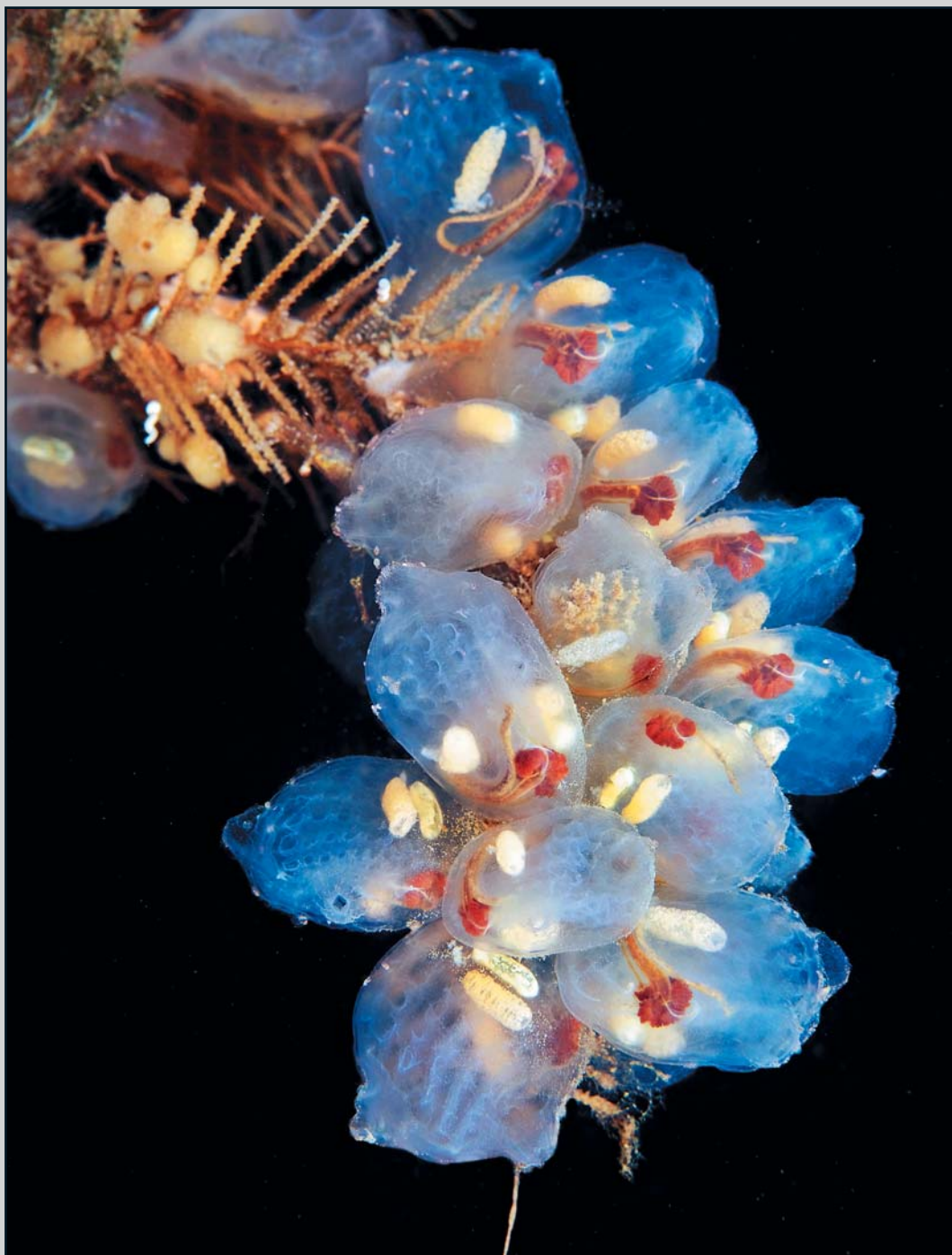


# ПРИРОДА

5 14



**В НОМЕРЕ:**

- 3 Назаров М.А.**  
**Метеоритный ливень над Уралом**  
*Метеорит Челябинск, по-видимому, — самое крупное космическое тело, которое столкнулось с Землей со времен Тунгусской катастрофы 1908 г. Падения такого масштаба происходят один раз в 60–100 лет.*
- 7 Александров П.А., Горев В.В.**  
**Космическая защита Земли: первый эксперимент**  
*Анализ различных способов защиты от малых космических тел показывает: воздействовать на опасное тело реально лишь ядерным взрывом. Дело за экспериментом по изменению траектории подобного объекта, летящего в пределах досягаемости ракет.*
- 16 Пряхин С.И.**  
**Нефть и газ Волгоградского Поволжья**  
*Волгоградская область — один из ведущих нефтегазоносных регионов европейской части России и в то же время один из самых старых нефтегазодобывающих районов страны с высоким освоением ресурсов углеводородов.*
- 27 Нестеренко И.Н., Нестеренко А.Р.**  
**На пути к телескопу Ломоносова**  
*Попытки воссоздать телескоп, с помощью которого Михаил Васильевич Ломоносов наблюдал прохождение Венеры по диску Солнца в 1761 г., привели к новым интересным фактам.*
- 36 Иванова-Казас О.М.**  
**Эволюционные метаморфозы туникат**  
*Оболочники, или туникаты, произошли от животных, близких по организации к ланцетнику, но более примитивных. Перейдя от свободноплавающего образа жизни к прикрепленному, они приобрели облик асцидий, которые дали начало еще четырем классам туникат. Их эволюционные изменения столь значительны, что вызывают ассоциации с метаморфозами мифологических персонажей.*
- 48 Анисимов В.Н., Жаринов Г.М.**  
**Продолжительность жизни ученых различных специальностей**
- Биография современника**
- 54 РОВЕСНИЦЫ «ПРИРОДЫ»**  
**Эмбриолог О.М.Иванова-Казас (54)**  
**Почвовед и геохимик М.А.Глазовская (62)**
- Научные сообщения**
- 70 Гуков А.Ю.**  
**Возрождение острова Васильевского (70)**  
**Евзеров В.Я.**  
**Ужасное событие, случившееся в 1888 году в селе Кашкаранцы (74)**
- Вести из экспедиций**
- 78 Коблик Е.А., Банникова А.А., Махров А.А., Шефтель Б.И., Бобров В.В., Артамонова В.С., Александров Д.Ю.**  
**Тибет: последняя пастораль Земли**
- Рецензии**
- 89 Асланян М.М.**  
**Рукописи не горят**  
(на кн.: Н.И.Вавилов. Этюды по истории генетики)
- 94** **Новые книги**

## CONTENTS:

**3** **Nazarov M.A.**  
**Meteor Shower over the Urals**  
*Chelyabinsk meteorite, apparently, is the largest cosmic body that collided with the Earth since Tunguska catastrophe of 1908. Impacts of such scale happen once in 60–100 years.*

**7** **Aleksandrov P.A., Gorev V.V.**  
**Space Defense of the Earth: The First Experiment**  
*Analysis of different methods of defense against small cosmic bodies shows that the only realistic way to affect dangerous body is a nuclear blast. What is needed now is an experiment to modify the orbit of an object flying within striking distance of the rockets.*

**16** **Pryakhin S.I.**  
**Oil and Gas of Volgograd Region**  
*Volgograd Oblast is one of the leading oil and gas regions of the European part of Russia and at the same time one of the oldest oil and gas producing regions of the country with high level of development of hydrocarbon resources.*

**27** **Nesterenko I.N., Nesterenko A.R.**  
**On the Path to Lomonosov Telescope**  
*Attempts to reconstruct the telescope used by Mikhail Vasil'evich Lomonosov in observation of the Venus transit across the Sun disk in 1761 led to new interesting facts.*

**36** **Ivanova-Kazas O.M.**  
**Evolutionary Metamorphoses of Tunicates**  
*Tunicates, or urochordates, descended from animals resembling lancelet in their organization but more primitive. Changing from free floating to the attached lifestyle, they acquired the appearance of sea squirts, from which the other four classes of tunicates arose. Their evolutionary transformations are so impressive that invoke associations with metamorphoses of mythological characters.*

**48** **Anisimov V.N., Zharinov G.M.**  
**The Lifespan of the Scientists of Different Specialties**

**54** **COEVALS OF «PRIRODA»**  
**Embryologist O.M.Ivanova-Kazas (54)**  
**Pedologist and Geochemist M.A.Glazovskaya (62)**

**70** **Gukov A.Yu.**  
**Revival of Vasil'evsky Island (70)**

**Evzerov V.Ya.**  
**A Terrible Event Occurred in 1888 in the Kashkarantzy Village (74)**

**78** **Koblik E.A., Bannikova A.A., Makhrov A.A., Sheftel B.I., Bobrov V.V., Artamonova V.S., Aleksandrov D.Yu.**  
**Tibet: The Last Idyll of the Earth**

**89** **Aslanyan M.M.**  
**Manuscripts Do Not Burn**  
*(on book: N.I.Vavilov. Etudes on History of Genetics).*

**94** **New Books**

# Метеоритный ливень над Уралом

М.А.Назаров

Грандиозный метеоритный дождь 15 февраля 2013 г. в Челябинской обл. вызвал широкий резонанс в средствах массовой информации всего мира. Это было первое метеоритное падение, которое привело к масштабным разрушениям [1]. Оно стало причиной широкого обсуждения проблемы, имевшей ранее скорее теоретический характер, — вопроса о космической угрозе существования нашей цивилизации. Для российских СМИ челябинское событие вообще стало некоторым откровением. После падения метеорита Стерлитамак в Башкирии 17 мая 1990 г. на территории РФ не зафиксировано никаких метеоритных падений, образцы которых были бы собраны. Такая пауза удивительна, так как с 1900 г. средняя частота собираемых падений метеоритов на территории нашей страны довольно выдержана и составляет один случай в два-три года.

По имеющимся оценкам, на входе в атмосферу скорость метеорита Челябинск составляла 19 км/с [2], масса — порядка 10 тыс. т [3], размер в поперечнике — около 18–20 м [4], а кинетическая энергия — около 440 кт ТНТ (тринитротолуола). Полагается, что это самое крупное космическое тело, которое столкнулось с Землей со времен Тунгусской катастрофы 1908 г. Падения такого масштаба происходят один раз в 60–100 лет [1].



**Михаил Александрович Назаров**, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией метеоритики Института геохимии и аналитической химии им.В.И.Вернадского РАН. Область научных интересов — метеоритика, космохимия.

Две трети собранных фрагментов метеорита Челябинск состоят из светлых силикатных сферических образований — хондр (рис.1, 2,а). Они составляют примерно 60% и хорошо различимы в матрице, сложенной мелкими обломками хондр и минеральных зерен (рис.3). Таким образом, по вещественному составу метеорит представляет собой обыкновенный равновесный хондрит [6]. Средний размер хондр около 0.9 мм. Крупные хондры характерны для хонд-



Рис.1. Главная масса метеорита Челябинск (вес 540 кг) в Челябинском краеведческом музее [5].

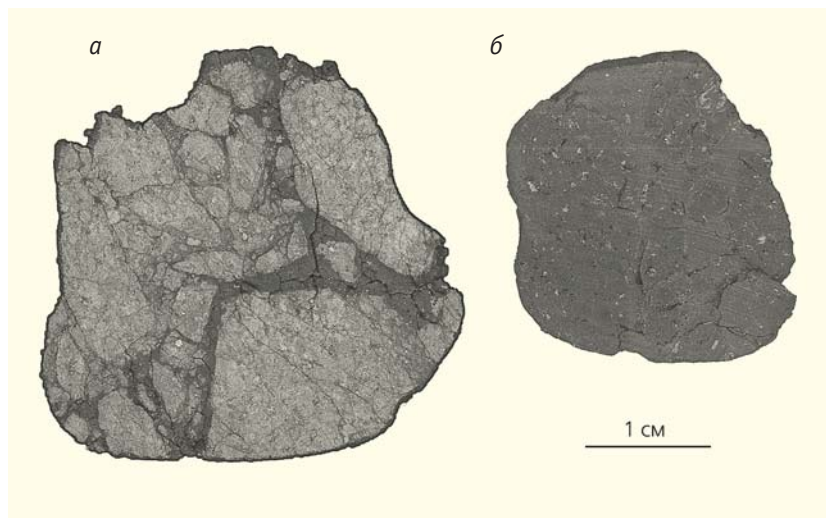


Рис.2. Светлая (а) и темная (б) составляющие хондрита Челябинск.

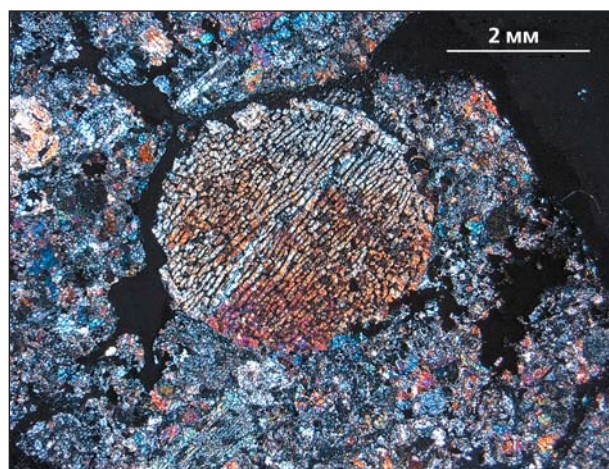


Рис.3. Колосниковая хондра в метеорите Челябинск. Проходящий свет, николи скрещены.

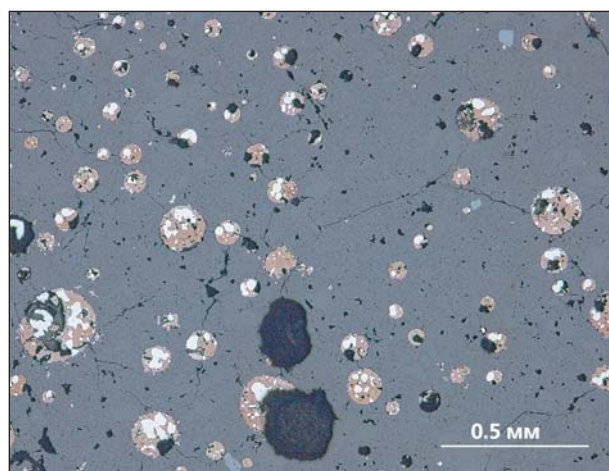


Рис.4. Каплевидные металл-сульфидные выделения в темной компоненте метеорита.

ритов химической группы LL. Хондровое стекло девитрифицировано (раскристаллизовано). Главные минералы — силикаты оливин и ортопироксен. Под микроскопом в оливине наблюдаются мозаичное погасание и плоскопараллельные трещины (планарные структуры). Присутствуют единичные зерна авгита и клинобронзита. Маленькие (<50 мкм) ксеноморфные зерна полевого шпата обычно имеют волнистое погасание. Рудные фазы — троилит FeS (4 об.%) и FeNi-металл (1.3 об.%) — встречаются в виде выделений неправильной формы и часто образуют сростки. Акцессорные (второстепенные) минералы — хромит, ильменит,

апатит, мерриллит, самородная медь. Примерно треть собранных фрагментов представляют собой брекчии (рис.2,б), состоящие из почерневших хондритовых обломков в тонкозернистой ударно-расплавной матрице. Силикатные минералы обломков рассечены неправильными или плоскопараллельными трещинами, заполненными тончайшими прожилками троилита и металла, которые и обуславливают их почернение. Расплавная матрица сложена идиоморфными микронными зернами оливина, расположенными в криптористаллической массе. В ней также присутствуют и более крупные оливиновые обломки. Некоторые темные обломки метеорита практически полностью состоят из расплавной матрицы и содержат металл-сульфидные шарики (рис.4). Отличительная особенность матрицы — присутствие хорошо оформленного и полностью изотропного полевого шпата.

И в темных, и в светлых обломках наблюдаются тонкие жилы «ударного расплава» (см. рис.2,а). Но, по-видимому, они пересекают только крупные хондритовые класты и не продолжают в тонкозернистую расплавную матрицу. Фрагменты смешанного состава (состоящие из светлого и темного материала) редки. Это позволяет предположить, что темная компонента была представлена карманами и включениями в метеорите и дробление метеоритного тела происходило в основном по границам этих составляющих.

Низкие содержания металла (по результатам измерения магнитной восприимчивости) [7] и химический состав минеральных фаз подтверждают принадлежность метеорита Челябинск к группе LL. Незначительные вариации химического состава минералов, хондритовая структура, присутствие единичных зерен клинобронзита и редких ксеноморфных выделений плагиоклаза при преобладании ортопироксена, а также девитрификация стек-

ла определяют 5-й петрологический тип метеорита [4]. Мозаичное погасание оливина, развитие планарных элементов, частично изотропные зерна плагиоклаза и отсутствие фаз высокого давления указывают на умеренную степень ударного метаморфизма — S4 ( $P = 25\text{--}35$  ГПа)

Безусловно, падение метеорита Челябинск — самое крупное в мире падение хондрита типа LL. Общая масса собранных обломков, включая наибольший, 540-килограммовый фрагмент, составляет около 1 т (см. рис.1). До челябинского события в этой группе хондритов лидировал метеоритный дождь Княгиня, выпавший 9 июля 1866 г. в Австро-Венгрии (ныне Закарпатская обл. Украины). Тогда собрали около 500 кг обломков (наибольший — 293 кг). Почти все образцы экспонируются в Венском музее естественной истории.

На территории России падений LL хондритов вообще не наблюдалось. Однако не следует думать, что по количеству собранного материала метеоритный дождь Челябинск превосходит все известные события такого рода. Наиболее крупным был метеоритный дождь Jilin (хондрит H5), выпавший 8 марта 1976 г. в Китае. Общая масса собранных образцов составила более 4 т, вес самого большого фрагмента — 1.8 т. Да и падение хондрита Царев (L5) 6 декабря 1922 г. на территории нынешней Волгоградской обл. не сильно уступает челябинскому событию (собрано 1225 кг, самый большой фрагмент — 400 кг). Большую роль, с научной точки зрения, конечно, сыграл метеоритный дождь Allende (CV3), прошедший 8 февраля 1969 г. в Мексике. Там было собрано более 2 т образцов. Исследованию этого хондрита посвящено огромное количество научных работ, которые заложили основу нашего понимания самых ранних этапов истории Солнечной системы.

Среди железных метеоритов выделяется железный дождь Сихотэ-Алинь (12 февраля 1947 г.) в Приморском крае. Здесь было собрано несколь-

ко десятков тысяч обломков общим весом более 20 т (самый крупный — 1.7 т). А среди метеоритных находок непревзойденный рекордсмен — железный метеорит Нова в Намибии, вес которого составляет 60 т.

Количество собранного материала не связано на прямую с кинетической энергией и размерами метеоритного тела на входе в атмосферу, оно зависит от многих факторов, включая и механические свойства метеороида. Так, например, от самого мощного в истории цивилизации Тунгусского падения сохранились только геохимические следы [8]. Тем не менее следует отметить, что не существует никаких данных об энергетике перечисленных выше крупных падений, так как в те времена еще не была налажена система спутниковых наблюдений. Если оценки массы Челябинского тела на входе в атмосферу корректны [1–3], то за счет распыления и испарения оно потеряло в атмосфере почти 99.99% первоначальной массы. Такие потери исключительно высоки, поскольку обычно метеоритные тела при абляции теряют около 80–90% первичной массы [9].

Необычно и распределение фрагментов метеоритного дождя Челябинск вдоль проекции траектории движения болида. Наблюдаются провалы между местом выпадения мелких обломков в районе поселков Депутатский, Еманжелинка и Первомайский (примерно в 40 км к югу от Челябинска) и озером Чебаркуль, где произошло падение главной массы (рис.5). В области рассеяния метеоритных дождей, как правило, не наблюдается таких разрывов. Вероятно, эта особенность связана со спецификой дробления, механическими свойствами и текстурой данного метеорита. Интересно, что проекция траектории движения болида, полученная на основании распределения на местности найденных фрагментов, отличается от реконструированной по камерам видеонаблюдения [10]. Это различие вряд ли связано с ветровым разносом ме-

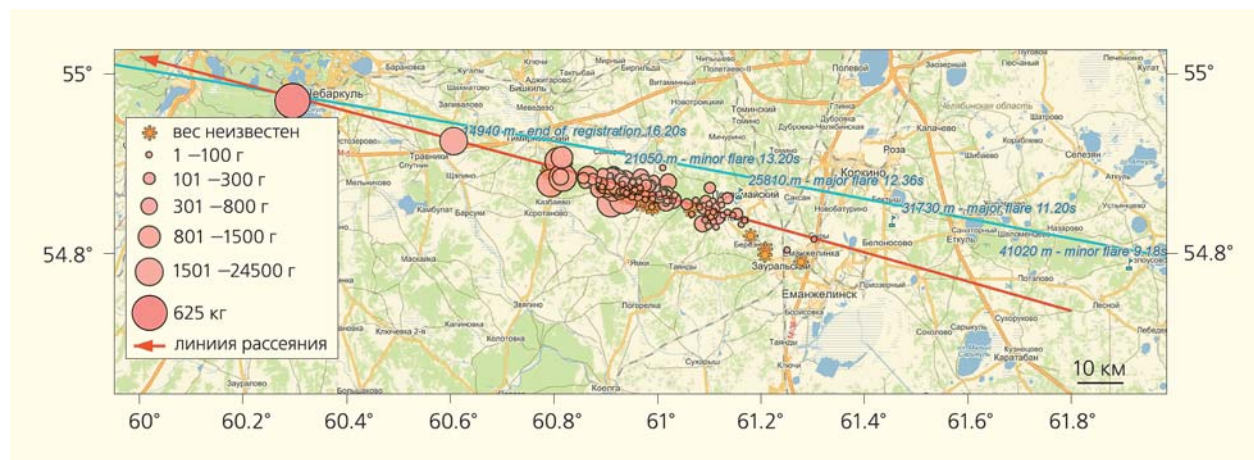


Рис.5. Проекция траектории Челябинского болида, построенная по распределению обломков на местности и по камерам видеонаблюдения (голубая линия) [10].

теоритных фрагментов, приводящим, как правило, к уширению и искривлению шлейфа в области выпадения мелких обломков. Проекция траектории, построенная по распределению обломков, представляется более правильной.

Необходимо отметить, что метеоритный дождь выпал зимой на снежный покров толщиной 50–70 см. Такие падения многочисленных метеоритных обломков на снег раньше никогда не наблюдались. Места падения легко опознавались по круглым отверстиям, переходящим в столбики смерзшегося снега (фирна), на нижнем конце которых сидели мелкие метеоритные кусочки (рис.6). Фирн скорее всего образовался в результате перекристаллизации снега при внедрении в него теплых обломков. Фрагменты размером в несколько сантиметров проникали в снежный покров на глубину 20–40 см, в то время как более крупные куски находились непосредственно на поверхности мерзлого грунта. Почти все обломки покрыты тонкой, черной или коричневой корой плавления, на которой в ряде случаев наблюдаются следы сдува расплава — расходящиеся лучистые структуры или валики. Наличие хорошо развитой коры плавления оз-



Рис.6. Столбик фирна, на конце которого виден черный обломок метеорита.

начает, что дробление Челябинского болида происходило в высоких слоях атмосферы и образовавшиеся фрагменты еще не потеряли скорости, достаточной для формирования коры плавления. Только редкие куски имеют свежие сколы, почти непокрытые такой коркой.

Pb—Pb-методом был определен возраст темной компоненты. Он составил 4.54 млрд лет и оказался самым древним из всех известных возрастов LL хондритов. Это позволило предположить, что родительское тело метеорита Челябинск образовалось и испытало крупное соударение в течение первых 10 млн лет истории Солнечной системы [11]. Радиационный же возраст метеорита (время его пребывания в космическом пространстве после отделения от родительского

тела) оказался неожиданно коротким — всего 1.2 млн лет, тогда как радиационные возраста LL хондритов обычно составляют 15 млн лет [12].

Несомненно, исследования метеоритного дождя Челябинск будут продолжаться, но уже в спокойной обстановке. С точки зрения геохимии наибольший интерес представляет изучение процессов фракционирования элементов при образовании темной компоненты метеорита. ■

## Литература

1. Емельяненко В.В., Попова О.П., Чугай Н.Н. и др. Астрономические и физические аспекты Челябинского события 15 февраля 2013 г. // *Астрономический вестник*. 2013. Т.47. №4. С.262–277.
2. Popova O.P., Jenniskens P., Emel'yanenko V. et al. Chelyabinsk airburst, damage assessment, meteorite recovery and characterization // *Science*. 2013. V.342. P.1069–1073.
3. [http://neo.jpl.nasa.gov/news/fireball\\_130301.html](http://neo.jpl.nasa.gov/news/fireball_130301.html).
4. Povinec P.P., Laubenstein M., Ferriure L. et al. The Chelyabinsk meteoroid — What do we learn from the recovered meteorite fragments? // 76-th Annual Meteoritical Society Meeting. 2013. Abs.5196.
5. Kocherov A.V., Korochantsev A.V., Lorenz C.A. et al. Recovery, laboratory preparation and current state of the main mass of the Chelyabinsk meteorite // *Lunar and Planet. Sci.* 45-th Abs.2227.
6. Галимов Э.М., Колотов В.П., Назаров М.А. и др. Результаты вещественного анализа метеорита Челябинск // *Геохимия*. 2013. №7. С.580–598.
7. Безаева Н.С., Бадюков Д.Д., Назаров М.А. Магнитные свойства метеорита Челябинск: предварительные результаты // *Геохимия*. 2013. №7. С.629–635.
8. Назаров М.А., Корина М.И., Барсукова Л.Д. и др. Вещественные следы Тунгусского болида // *Геохимия*. 1990. №5. С.627–639.
9. Bbandari N., Lal D., Rajan R.S. et al. Atmospheric ablation in meteorites: An experimental study based on cosmic ray tracks // *Nucl. Tracks*. 1980. V.4. №4. P.213–262.
10. Корочанцев А.В., Абдрахимов А.М., Иванова М.А. и др. Уточнение траектории полета метеорита Челябинск по распределению его собранных фрагментов // *Международная конференция «Астероиды и кометы. Челябинское событие и изучение падения метеорита в озеро Чебаркуль»*. Чебаркуль, 2013. С.118–122.
11. Bouvier A. Pb-Pb chronometry of the dark melt lithology of the Chelyabinsk LL chondrite // *Workshop on Impacts*. 2013. Abs.3087.
12. Nishiizumi K., Caffee M.W., Huber L. et al. Cosmogenic radionuclides and noble gases in Chelyabinsk meteorite // 76-th Annual Meteoritical Society Meeting. 2013. Abs.5260.

# Космическая защита Земли: первый эксперимент

П.А.Александров, В.В.Горев

**А**строномические наблюдения за ближним и дальним космосом, изучение планет Солнечной системы, интенсивное освоение околоземного пространства заставляют признать реальность астероидно-кометной опасности. С ее проявлениями — соударениями (так называемыми импактными событиями) малых космических тел (МКТ) с Землей и другими планетами Солнечной системы — мы сталкиваемся систематически. Под МКТ подразумевают космические объекты с размерами от долей миллиметра до многих километров, перемещающиеся в космическом пространстве по баллистическим траекториям (рис.1). К ним относятся кометы, астероиды, метеороиды и межпланетная пыль. Характерные скорости тел при входе в атмосферу составляют около 20 км/с. При достаточных размерах они угрожают здоровью и даже жизни людей, а также способны причинить экономический ущерб, что выводит проблему из чисто научной в общественно-политическую плоскость. Но последняя точка зрения разделяется не всеми.

## Оправданы ли опасения?

В последние десятилетия теме астероидно-кометной опасности посвящаются научные конференции [1–5], книги [6–8],

© Александров П.А., Горев В.В., 2014



**Петр Анатольевич Александров**, доктор физико-математических наук, профессор, директор Института информационных технологий Национального исследовательского центра «Курчатовский институт». Область научных интересов — физика поверхности и нанотехнологии.



**Владимир Васильевич Горев**, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник того же института, занимается физикой мощных пучков заряженных частиц, инерциальным термоядерным синтезом.

статьи в специализированных и популярных журналах [9–12]. Участники конференций неоднократно призывали разработать международную программу обнаружения и всестороннего исследования угрожающих Земле МКТ, чтобы в итоге создать надежную систему защиты.

Национальные и международные организации, ориентированные на мониторинг МКТ, опасных для всей планеты, были в конце концов учреждены. Резолюция Парламентской ассамблеи Совета Европы (1996) призвала правительства европейских стран поддерживать исследования в этом направлении. Тогда же в Риме родилась международная ассоциация «Космическая стража» («Space Guard»), в состав которой вошла и Россия. Цель «Космической стражи» — организация общей системы обнаружения и определения орбит вызывающих беспокойство астероидов и комет. В 2011 г. при Научном совете РАН по космосу была образована экспертная рабочая группа по космическим угрозам, в которую вошли 50 представителей из научных учреждений РАН, Роскосмоса, МЧС, МО и др.



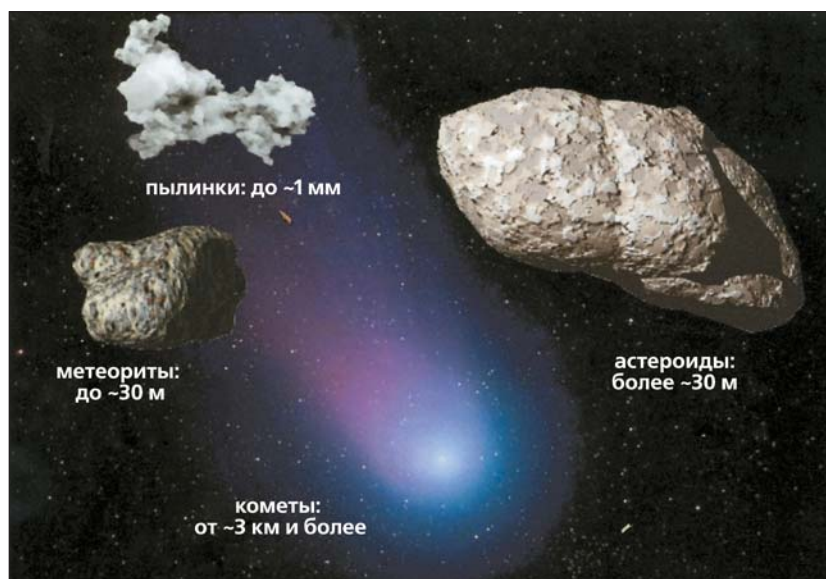


Рис.1. Характерные оценки размеров для различных классов малых космических тел [6].

Однако, оценивая положение дел в этой области в целом, нельзя не заметить, что создание системы космической защиты Земли фактически буксует. Основное внимание сосредоточено на материально-технической базе мониторинга космоса (сети новых телескопов оптического и инфракрасного диапазона наземного и космического базирования, а также радиотелескопов) и на самом мониторинге, чтобы обнаруживать и каталогизировать МКТ (к телам посылаются автоматические станции для изучения их физико-химических свойств). Подобная систематическая исследовательская работа совершенно необходима, так как пока мы знаем о МКТ явно недостаточно, но задачу построения защитной системы она не решает. Нужно одновременно действовать и по другим направлениям, в том числе готовить и проводить прямые активные эксперименты с МКТ. Именно тогда станет ясно, что сегодня реально можно противопоставить угрозе из космоса.

Космическая угроза весьма специфична и в силу этого в целом недооценивается. Во-первых, она относительно маловероятна. Удар небольшого МКТ диаметром около 30–40 м с мощностью взрыва 10–100 мегатонн тротилового эквивалента (Мт ТЭ) можно ожидать один раз в 100–300 лет. Но пока полное число и траектории таких МКТ точно не известны. Во-вторых, потенциальный катаклизм не имеет ограничений сверху по энергии удара. В Солнечной системе есть много небесных тел со размерами и скоростями, значительно большими чем у Тунгусского метеорита. В-третьих, реальной возможности противостоять удару МКТ диаметром более 0.5–1 км нет (такие технологии не существуют и в ближайшие десятилетия вряд ли появятся). В-четвертых, угроза из космоса носит постоянный

характер — она была, есть и никогда не исчезнет. Наконец, оценка вероятности любого события не дает ответа на вопрос, когда именно и где оно произойдет. Например, в ночь на 30 сентября 2013 г. на расстоянии всего 11.3 тыс. км от Земли пролетело МКТ размером 15–20 м со скоростью около 16 км/с. Оно было обнаружено всего за несколько часов до пролета, и, если бы удар пришелся по поверхности Земли, мощность взрыва составила бы до 0.75 Мт ТЭ.

Глобальность угрозы, которую не устранить усилиями одной страны, требует полноценного международного сотрудничества. Когда работа по обнаружению и систематизации траектории МКТ в Солнечной системе будет выполнена, фактор внезапности их появления вблизи

Земли резко снизится, хотя в полной мере его исключить нельзя. Всегда будут возможны неконтролируемые отклонения от расчетных траекторий, в том числе переводящие МКТ с неопасных для Земли траекторий на опасные. Поскольку время наблюдения астероидов сравнимо с периодами их обращения, достоверно выявить существующие отклонения орбит большинства астероидов трудно. Что может случиться с опасным космическим гостем на Земле?

При попадании МКТ в плотную среду его кинетическая энергия превращается в тепловую за время  $\Delta t \sim l/u$  ( $l$  — длина пробега МКТ,  $u$  — его скорость). Конденсированное вещество тела преобразуется в холодную, сильно неидеальную плазму, первоначально находящуюся под давлением  $10^5$ – $10^6$  атм. Расширяясь, эта плазма наносит удар по окружающей среде, разрушая и разбрасывая вещество, — происходит взрыв. В сплошной среде генерируются ударные волны, распространяющиеся далеко от области взрыва. Если он происходит в атмосфере, возможно сильное световое излучение. Если тело или его обломки достигают твердой поверхности, происходит выброс грунта, по массе приблизительно на три порядка выше массы МКТ, образуется ударный кратер, значительная часть грунта поднимается в виде пыли в верхние слои атмосферы [13, 14]. Удар тела о водную поверхность большого акваторий порождает цунами, причем наиболее катастрофические масштабы явление приобретает, если диаметр МКТ больше 10% от глубины в точке соударения. Поскольку средняя глубина Мирового океана ~4 км, гигантских цунами можно ожидать при размере тела более 0.4 км. Если же он превышает 3 км, общая масса воды, которая будет дополнительно выброшена в верхние слои атмо-

сферы (выше тропопаузы) будет сопоставима с массой водяного пара, уже находящегося там, что приведет (как показали многочисленные расчеты) к скачку температуры в несколько десятков градусов и разрушению озонового слоя.

Известно, что при скорости соударения около 3 км/с удельная кинетическая энергия тела сравнивается с удельной энергией взрывчатого вещества средней мощности типа тринитротолуола ( $Q_{\text{тнт}} = 4.2$  МДж/кг). При скорости в 30 км/с она уже на два порядка больше, поэтому железный астероид с характерным размером 50–100 м, движущийся с такой скоростью, несет энергию, эквивалентную одной гигатонне ТЭ. Иначе говоря, удельная кинетическая энергия МКТ занимает промежуточное положение между самыми мощными из известных (и перспективных) химических взрывчатых веществ и ядерными материалами.

После входа в атмосферу скорость МКТ падает из-за сопротивления воздуха, т.е. часть энергии уходит на трение. Дальнейший сценарий в сильной степени зависит от размера тела, его скорости, поперечной нагрузки и прочих характеристик. Данные многолетних наблюдений свидетельствуют, что мелкая пыль диаметром до 1 мм полностью сгорает в атмосфере; чаще всего та же участь постигает и более крупные частицы размером до 50 см. Исключения могут составить железные метеориты как самые прочные. Еще более крупные метеороиды (от 0.5 до 30 м) распадаются на мелкие осколки в верхних слоях атмосферы и частью сгорают, а частью достигают земли с небольшой скоростью.

Тела диаметром от 30 до 100 м в поперечнике уже представляют угрозу серьезных разрушений, хоть и на ограниченной территории. Полное энерговыделение при падении стометрового метеорита, движущегося со скоростью 20 км/с, эквивалентно взрыву в 400 Мт ТЭ. Для километрового астероида оценка окажется еще на три порядка большей — такой взрыв может полностью уничтожить небольшую страну, а при попадании в океан вызовет цунами высотой ~100 м, которое опустошит все прибрежные регионы.

Потенциально опасными сейчас признаны МКТ, имеющие перигейное расстояние менее 0.05 а.е. (7.5 млн км) и диаметр от 150 м, энерговыделение от которых на поверхности земли составит более мегатонны ТЭ; среди астероидов, сближающихся с нашей планетой, таких около 20% (рис.2). В принципе на основе имеющегося опыта нижнюю границу размеров следовало бы снизить до нескольких десятков метров.

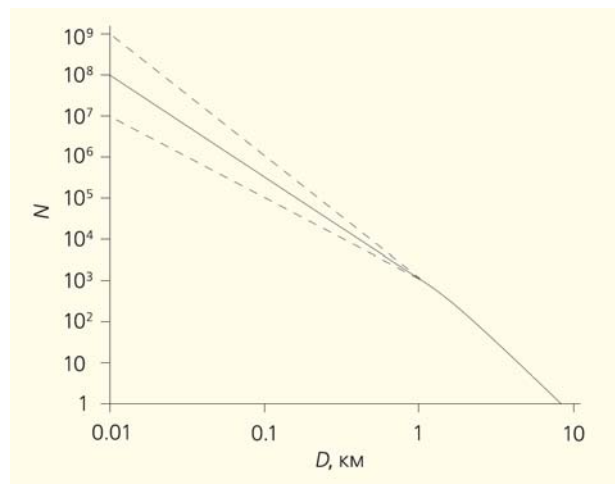


Рис.2. Распределение по размерам астероидов, проходящих от Земли на расстояние менее 0.1 а.е. ежегодно.  $D$  — диаметр астероида,  $N$  — число астероидов с размером больше  $D$ ; штриховыми линиями показаны погрешности [10].

### Наглядные примеры

МКТ непрерывно бомбардируют поверхность Земли, однако атмосфера играет роль естественного газового щита для небольших тел. Они могут взрываться в атмосфере, порождая ударную волну, как это произошло с Тунгусским метеоритом, или непосредственно достигать поверхности Земли, нанося по ней сильный удар с образованием кратера и всеми сопутствующими явлениями, как было в Аризоне (диаметр тела ~50 м, энергия взрыва до 150 Мт ТЭ [6], рис.3). Результат удара крупного метеорита по поверхности Марса показан на рис.4.



Рис.3. Кратер Каньон Дьявола (штат Аризона, США) [6].



Рис.4. Кратер Виктория на Марсе [6].

Последнее событие, связанное с падением метеорита, имело место утром 15 февраля 2013 г., когда на большой площади, включающей шесть областей России и две — Казахстана, поверхности достигла группа небольших каменных метеоритов — фрагментов крупного метеороида (так называемого Челябинского метеорита\*). Метеороид начал распадаться вследствие удара о плотные слои атмосферы и последующей абляции на высоте 30—50 км. Распад сопровождался серией из четырех (по другим данным — трех) взрывов, самый мощный из которых произошел на высоте 23 км. До поверхности Земли долетело не более 10% вещества метеороида, причем самый большой из числа найденных на сегодня осколков весит более 500 кг. Метеороид вошел в атмосферу Земли под очень острым углом на скорости около 18,3 км/с и полностью разрушился через 32,5 с полета, пройдя в атмосфере над Землей до разрушения около 600 км. Скорость осколков на высоте 15 км составила ~4,3 км/с. Кинетическая энергия метеороида в момент входа в атмосферу была эквивалентна 0,4—0,5 Мт ТЭ.

Оценка энергии серии высотных взрывов Челябинского метеорита проводилась различными способами разными группами исследователей. Гео-стационарный спутник Министерства обороны США зафиксировал\*\* максимальные значения светимости от первого взрыва на уровне около  $3,75 \cdot 10^{14}$  Дж (время свечения составляло приблизительно 5 с). По оценкам, энергия воздушного взрыва, который произошел на высоте 23,3 км, равня-

лась около 0,44 Мт ТЭ. Получается, что доля энергии, потерянной телом на световое излучение, оказалась не менее 17%, остальная была потрачена на формирование ударной волны и разрушение метеорита. В любом случае энергия высотного воздушного взрыва была весьма велика, как велики были и последствия воздействия взрывной волны на объекты и людей, попавших в зону поражения.

Надо сказать, что удар Челябинского метеорита — это не такое редкое событие, как может показаться. Вошедшее в атмосферу над Сибирью в районе р.Подкаменной Тунгуски в 1908 г. МКТ (по-видимому, комета или ее обломок) широко известно теперь как Тунгусский метеорит. Воздушный взрыв на высоте 7—10 км был весьма мощным (от 10—15 Мт ТЭ, по предварительным оценкам, до 40—50 Мт ТЭ — по более поздним), но не привел к значительному экономическому ущербу или человеческим жертвам, так как случился над малонаселенной местностью. Между 1908 и 2013 гг. произошло еще два похожих события: в 1930 г. в районе р.Амазонки упало МКТ с кинетической энергией, эквивалентной 1 Мт ТЭ, а в 1947 г. в Восточной Сибири — с кинетической энергией, соответствующей нескольким килотоннам ТЭ (Сихоте-Алиньский метеорит).

Всего за период 1975—1992 гг. разведывательные спутники США обнаружили\*\*\* около 130 взрывов в атмосфере на высотах 30—45 км, со средней мощностью около 1 кт ТЭ каждый. По современным данным, в пределах радиуса орбиты Луны МКТ размером в несколько десятков метров появляются ежемесячно, т.е. количество МКТ, проходящих в нежелательной близости от Земли, довольно велико.

Но вернемся к инциденту с Челябинским метеоритом. Весьма опасный космический объект не был обнаружен вплоть до момента входа в атмосферу, когда до серии мощных воздушных взрывов оставалось менее 30 с! Таким образом, данное импактное событие оказалось совершенно неожиданным. Частично это объясняется относительно малыми размерами тела, но в основном — полной неподготовленностью к опасностям такого рода.

Вообще-то единственный за всю историю наблюдений случай, когда удалось заранее заметить и полностью отследить полет небольшого астероида до момента входа в плотные слои атмосферы Земли, имел место 6—7 октября 2008 г. Тогда МКТ, получившее имя Астероид 2008 TC<sub>3</sub>, было обнаружено оптическими средствами на расстоянии ~1 млн км за 19—20 ч до падения (рис.5). Согласно расчету траектории, проведенному в лабораториях реактивного движения NASA, вероятность столкновения с Землей была 98%, а сам вход в атмосферу ожидался над Северо-Восточной Африкой. Были оценены характерный размер астероида (5 м; по уточненным данным —  $4,8 \pm 0,8$  м) и его масса

\* Подробнее о челябинском феномене см. статью М.А.Назарова в этом же номере журнала.

\*\* <http://www.nasa.gov/centers/goddard/home/index.html>

\*\*\* [edu-space.ru/asteroidy-v-atmosfere](http://edu-space.ru/asteroidy-v-atmosfere)

(131±5 т). После оповещения заинтересованных организаций подключились 27 астрономических обсерваторий по всему миру, которые и зафиксировали вход астероида в атмосферу Земли со скоростью 12.4 км/с. Энергия взрыва, сопровождавшегося яркой вспышкой и зарегистрированного спутником MeeoStat-8 и наземными инфразвуковыми станциями слежения за ядерными испытаниями, составила 1.1—2.1 кт ТЭ. Поскольку взрыв произошел на высоте 14—15 км над малонаселенной местностью на севере Судана, никаких разрушений зафиксировано не было. В момент разрушения скорость астероида упала до величины 7.61 км/с; большая его часть сгорела в атмосфере — последующие экспедиции обнаружили всего ~3.95 кг осколков (~5·10<sup>-3</sup> % от начальной массы).

Но предположим, что нам удалось заранее захватить опасное тело. Как мы можем избежать столкновения?

### Как защищаться

Требования к перспективной системе воздействия на траекторию МКТ сформулировать нетрудно. Вся система должна слабо зависеть от различных внешних условий, быть максимально универсальной, использующей существующие технологии и технику с доказанной надежностью и гарантировать увод тела с траектории столкновения. Результат должен достигаться независимо от формы и скорости МКТ, направления его вращения, материала поверхности, ее структуры и альбедо. Основная масса тела должна приобрести дополнительную скорость в нужном направлении, а фрагменты, если они образуются, должны получаться небольшого размера и также лететь мимо Земли. Хотелось бы разрабатывать систему с минимальным количеством испытаний на неопасных небесных телах разных типов (по перечисленным характеристикам). В дальнейшем мы будем ориентироваться на МКТ с размерами порядка 50—500 м, считая задачу защиты от них наиболее актуальной.

Выдвигались самые разные идеи, предлагающие для изменения опасных траекторий МКТ использовать [6]:

- ядерный взрыв;
- кинетический удар;
- ракетные реактивные ускорители, установленные на поверхности астероида;



Рис.5. Изображение высотного следа астероида 2008 TC3 в атмосфере на севере Судана [6].

— гравитационный буксир (ракетный двигатель располагается на некотором расстоянии от тела, тяга двигателя компенсирует его вес в поле притяжения МКТ, и такой «двойной» объект будет лететь иначе);

— направленный выброс вещества с поверхности астероида (например, под действием сфокусированной солнечной энергии);

— изменение влияния солнечного давления (астероид покрывается отражающим пластиком или краской, строится солнечный парус и др.), а также довольно малый эффект Ярковского [6];

— облако частиц или небольших объектов, созданных специально на пути тела для его торможения;

— космический «бильярд» (МКТ уведется с опасной траектории путем искусственно устроенного столкновения с другим, меньшим по размерам астероидом).

Кратко проанализируем перечисленные методы. В ряде способов необходима или посадка на астероид, или доставка к нему с минимальной конечной скоростью различных агрегатов — солнечного паруса, двигателя и др., что делает их неприемлемыми из-за начальных энергозатрат (требуется большой запас топлива при старте). На опыте был проверен, хоть и ненамеренно, только метод кинетического удара — таким уникальным экспериментом можно считать миссию NASA «Deer Impact» («Глубокий удар»). Ракета «Дельта II» с космическим зондом массой 1020 кг, стартовавшая с Земли 21 января 2005 г. в направлении кометы Темпель I (открытой французским астрономом Э.Темпелем в 1867 г.), имела целью анализ вещества кометы. Через полгода, пройдя

около 86 млн км, зонд приблизился к этому телу размерами  $7.6 \times 4.9$  км и массой  $(7.2-7.9) \cdot 10^{10}$  т на расстояние в 500 км и отправил к нему ударник массой 372 кг и длиной 99 см. Последний был изготовлен из материалов, редко встречающихся в ядрах комет (медь и др.) и, следовательно, неспособных исказить спектральный портрет выброшенного при соударении вещества. Скорость в момент соударения составила 10.6 км/с. При столкновении произошел выброс кометного вещества суммарной массой около 10 тыс. т и образовался ударный кратер диаметром до 110 м и глубиной около 30 м. Весь процесс сближения был зафиксирован телекамерой зонда, который транслировал изображение на Землю. В облаке выброшенной пыли были зарегистрированы струи, состоящие из снега, льда и замерзшей углекислоты, а также отдельные куски вещества размеров в несколько десятков сантиметров, хотя тротиловый эквивалент ударника был невелик (~5 т ТЭ) (рис.6). Оценка изменения скорости кометы, вызванного столкновением с ударником, дает ничтожную величину — менее 1 мкм/с. Итак, прямое кинетическое (ударное) воздействие на траекторию крупного объекта совершенно неэффективно.

Неоднократно проводившиеся расчеты [1, 15] показывают, что единственный реальный метод воздействия на траекторию МКТ — ядерный взрыв. Это связано в первую очередь с гигантским энергосодержанием ядерных материалов (до двух-трех килотонн тротилового эквивалента на килограмм веса изделия) и с наличием проверен-

ных надежных систем. Ядерно-взрывные устройства изначально создавались в массово-габаритных параметрах, пригодных для доставки ракетами; они достаточно дешевы, многократно испытаны на Земле и в космосе, снабжены системами безопасности при транспортировке/хранении и защитой от несанкционированного срабатывания.

Один из наиболее универсальных методов воздействия — взрыв на пролете около МКТ. Вращение астероида здесь будет несущественно, а выбором места подрыва можно «толкнуть» тело в нужном направлении и уменьшить влияние его формы на конечный результат (рис.7). Проведем приблизительную оценку такого воздействия, основываясь на законе сохранения импульса в системе координат, где астероид покоится. При взрывном испарении поверхностного слоя массой  $m$  и скоростью вылета  $v_x$  на астероид массой  $M$  действует реактивная сила отдачи, которая придает ему скорость  $v$ . Рассмотрим тело диаметром 200 м и плотностью  $3$  т/м<sup>3</sup>; величину  $m$  (по результатам наземных испытаний в атмосфере равную массе тротилового эквивалента заряда [6]) положим  $10^6$  т, а  $v_x$  — 500 м/с. Полагая, что взрыв будет происходить на расстоянии 50 м от астероида, уменьшим телесный угол воздействия взрыва в три раза по сравнению с известным случаем плоской поверхности, получим:  $v = m \cdot v_x / M \cdot 3 = 13.5$  м/с. Реально эта величина будет несколько (но несущественно) больше, так как надо учитывать влияние релятивистской компоненты взрыва (электромагнитного излучения), зависящей от конкретных ха-



Рис.6. Результат кинетического воздействия на комету Темпель-1.

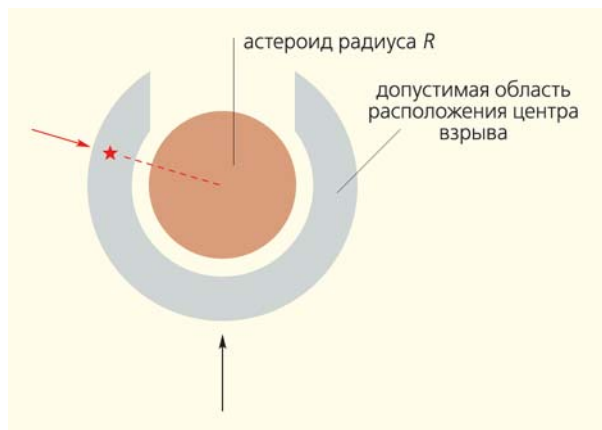


Рис.7. Один из вариантов взаимного расположения астероида (для простоты это сфера радиуса  $R$ ) и точки взрыва ядерного устройства. Черной стрелкой показано направление сближения, цветная обозначает направление дополнительного импульса; звездочка — место взрыва, которое может быть в любой точке допустимой области; ширина допустимой области должна быть не слишком большой ( $< R$ ), так как уменьшается эффективность использования взрыва. Зазор между этой областью и астероидом должен быть достаточным (например, ~100 м), чтобы устройство не разрушилось при случайном задевании астероида.

рактических зарядов. С такой скоростью астероид сместится на радиус Земли  $6,3 \cdot 10^3$  км за пять дней, что дает вполне разумный запас времени для предварительного его обнаружения.

Приведенный расчет весьма приблизителен, поскольку мы пользовались «земными» значениями величин  $m$  и  $v$ . Цена ошибки здесь очень велика, поэтому важно иметь эту информацию для условий космоса.

## Нужен эксперимент!

Узнать, что человечество реально может противопоставить космической угрозе на сегодняшнем уровне науки и техники, можно лишь в ходе полномасштабного физического опыта по ядерному перехвату какого-либо МКТ подходящего размера (десятка или даже сотни метров), движущегося по траектории в освоенной современными ракетами области. Поскольку подготовка к старту космических систем типа «Протон-М» или «Восток» занимает весьма продолжительное время, необходимо обнаружить МКТ на соответствующих расстояниях.

Подобный эксперимент даст ответы на следующие принципиальные вопросы. Осуществим ли в настоящее время реальный перехват МКТ? Будет ли результат перехвата соответствовать прогнозам? Какие элементы системы космической защиты Земли следует развивать в первую очередь, в каком объеме, на каких мощностях, в какие сроки, какой бюджет необходимо выделять, каков потенциал международного сотрудничества? Полученные знания составят научно-технический базис для разработки полноценной постоянно действующей международной программы по проблеме космической защиты Земли.

Воздействие ядерного устройства с заданным энергосодержанием на МКТ зависит от условий применения, в первую очередь от того, будет ли взрыв заглупленным или надповерхностным (приведенным на некоторой высоте над поверхностью астероида), а также от физико-химических свойств вещества МКТ (его плотности, структуры, химического состава, прочностных характеристик, распределения вещества по глубине астероида и т.д.), которые сложно определить по наблюдениям с Земли. Очевидно, что взрыв может вызвать отклонение траектории движения центра масс тела от первоначальной и частичное или полное разрушение астероида на осколки, пыль, пар и т.д. Приводящие к этому факторы: прямой механический удар по поверхности МКТ, производимый плазмой ядерных материалов и конструктивных элементов взрывного устройства; реакция отдачи от реактивной струи, образующейся при испарении материала МКТ под действием всех видов излучения ядерного заряда (рентгеновского, гамма, нейтронов деления и синтеза); дробление тела —

проявляют себя в разной степени в зависимости от высоты подрыва.

В силу неопределенности многих условий результаты расчетов воздействия ядерного взрыва на траекторию и состояние МКТ несколько различаются в деталях [11, 15], но общие выводы совпадают. Учитывая массово-габаритные характеристики ядерных взрывных устройств и возможности современных ракетно-космических систем, придется ограничиться зарядами мощностью до нескольких мегатонн ТЭ. Размеры МКТ, на которые воздействие подобных зарядов будет эффективным, не превышают нескольких сотен метров (до 500—1000 м). Заглупленные взрывы будут эффективнее поверхностных, а поверхностные — надповерхностных. Точность предсказания траектории и состояния МКТ после первого опытного взрыва лимитирована нашими знаниями о физико-химических свойствах вещества тела.

Если взрывать заряд при пролете над поверхностью МКТ на минимально возможном расстоянии, как это предлагалось выше, то, контролируя момент срабатывания, можно осуществить воздействие практически над любой заранее выбранной точкой астероида. При скорости относительного движения 20 км/с и времени энерговыделения не более 0,5 мс перемещение МКТ составит менее 10 м, т.е. взрыв будет почти точечным. Подобное мероприятие даст нам достоверные знания о возможности влиять на траекторию небесных тел в «чистом виде», т.е. в условиях прямого эксперимента.

## Вопросы дипломатам и финансистам

Конечно, на пути предлагаемого опыта есть препятствия — проведение ядерных взрывов и выведение ядерных зарядов в космос запрещены несколькими международными договорами (табл.).

Но нужно учитывать, что ядерное устройство, которое предназначено для защиты всего человечества от внешней угрозы, притом используемое под полным контролем авторитетной международной организации (например, Совета Безопасности ООН), по самой сути не является «ядерным оружием». Такой заряд служит на благо всего человечества, т.е. отвечает самому общему принципу договора 1967 г.

Тем не менее, по-видимому, потребуется определенная корректировка (новая редакция) этих документов с целью разрешить юридически проведение ядерных взрывов в целях организации космической защиты Земли, не нарушая духа и буквы вышеупомянутых законов. Устав ООН содержит положения (п.39, 40, 41), имеющие преимущественную силу перед международными договорами, и позволяет в случае исключительных обстоятельств ими воспользоваться. Так, в силу статьи 103 Устава ООН в обстоятельствах, когда

**Таблица**  
**Действующие международные соглашения\***

Название и дата	Содержание
«Договор о запрещении испытания ядерного оружия в атмосфере, в космическом пространстве и под водой» от 5 августа 1963 г.	Содержит запрет на проведение испытательных и любых других взрывов в космическом пространстве и, в частности, гласит: «...Запретить, предотвращать и не производить любые испытательные взрывы ядерного оружия и любые другие ядерные взрывы в атмосфере, за ее пределами, включая космическое пространство, под водой, в любой другой среде, если такой взрыв вызовет выпадение радиоактивных осадков за пределами границ данного государства».
«Договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела» от 10 октября 1967 г.	Устанавливает наиболее общие международные принципы космической деятельности и в частности гласит: «...Исследование и использование космического пространства должно осуществляться только на благо всего человечества... Государства участники обязуются не выводить ядерное или любое другое оружие массового поражения на орбиту Земли, устанавливать на Луне и любом другом небесном теле, или на околоземной станции».
«Договор о нераспространении ядерного оружия» от 1 июля 1968 г.	«Каждое из государств-участников настоящего договора, обладающих ядерным оружием, обязуется не передавать кому бы то ни было ядерное оружие или другие ядерные взрывные устройства, а также контроль над таким оружием или взрывными устройствами ни прямо, ни косвенно, равно как и никаким образом не помогать, не поощрять и не побуждать какое-либо государство, не обладающее ядерным оружием, к производству или приобретению каким-либо иным способом ядерного оружия или других ядерных взрывных устройств, а также контроля над таким оружием или взрывными устройствами».
«Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний» от 10 сентября 1996 г.	«Каждое государство—участник обязуется не производить любой испытательный взрыв ядерного оружия и любой другой ядерный взрыв, а также запретить и предотвращать любой такой ядерный взрыв в любом месте, находящийся под его юрисдикцией или контролем — каждое государство-участник обязуется далее воздерживаться от побуждения, поощрения, или какого-либо участия в проведении любого испытательного взрыва ядерного оружия и любого другого ядерного взрыва».

\* Все эти договоры ратифицированы и вступили в силу, кроме последнего (из-за позиции КНДР и США).

обязательства членов организации по настоящему Уставу окажутся в противоречии с их обязательствами по какому-либо другому международному соглашению, преимущественную силу имеют первые. Совет Безопасности наделен правом давать рекомендации или решать, какие меры следует предпринять для поддержания международного мира и безопасности.

Сами ядерные заряды и средства их доставки должны находиться под полным и исключительным контролем стран-производителей, доработка (если таковая потребуется) должна вестись странами-производителями без дополнительных испытаний ими самими, участие других стран во всех остальных частях эксперимента никак не должно ограничиваться, если оно не противоречит уже существующим международным договорам.

Стоимость проведения опыта можно приблизительно оценить по аналогии с миссией «Deep Impact» (~380 млн долл. США в ценах 2013 г.).

Для сравнения: стоимость каждой из семи лунных экспедиций по программе «Аполлон» составляла ~400 млн долл. США в ценах 1969 г. (2.4 млрд в ценах 2013 г.). При этом малосерийная ракета «Сатурн-5» (высотой 111 м, весом ~2950 т) стоила тогда 185 млн долл. США, а сам корабль «Аполлон» (весом ~50 т) — 95 млн. Использование серийных ракетных систем обходится значительно дешевле: например, запуск «Протона-М» (полный вес ~700 т, коэффициент надежности — 0.97, выводит на геостационарную орбиту до 3 т груза), оценивается на уровне 25—100 млн долл. Сравнимые с «Протоном-М» характеристики имеют ракетоносители «Зенит-3», «Дельта-4», «Атлас-5», «Ангара» и т.д. Учитывая, что приведенные выше цифры приблизительны и определяются многими факторами, можно оценить стоимость первого опыта по ядерному перехвату МКТ в сумму 0.5—0.6 млрд долл. (сам заряд значительно дешевле ракетносителя и запуска).

Целая система противодействия, работающая на постоянной основе, обходилась бы (исходя из стоимости всей программы «Шаттл» в 200 млрд долл.) в 500–700 млрд долл. Из них небольшая часть (около 3%) будет потрачена на физические эксперименты, систему наблюдения и формирования технического задания на систему, функционирующую в постоянном режиме. С учетом международного характера работы вся сумма составит всего 3–4 долл. США в год в пересчете на каждого жителя Земли в течение 25 лет\*. Заметим, что в 1998 г. среднемировые военные расходы достигли 125 долл. США на человека [16] при общем объеме в 745 млрд, что в ценах 2013 г. дает около 180 долл. на каждого жителя Земли ежегодно.

## Надо дерзать!

Вероятность импактных событий с глобальными катастрофическими последствиями относительно невелика, однако это обстоятельство не может оправдать нежелание решать проблему. Опас-

\* Здесь предполагалось, что в первые 10 лет будут решены юридические вопросы, проведен натурный эксперимент и выработано техническое задание на всю систему в целом.

ность, не имеющая ограничения сверху по негативным последствиям, может возникнуть неожиданно в любом месте, и далеко не очевидно, что у отдельных, пусть и очень развитых стран или даже у всего человечества в целом хватит времени, знаний и организованности, чтобы ей противостоять. Необходимо заранее провести хотя бы минимальную подготовку, объем и направление которой, а также стоимость и поэтапные сроки выполнения можно достоверно и оптимально сформулировать лишь по данным натурного опыта, а не по очень неопределенным аналитическим расчетам. Полномасштабный физический эксперимент, на основе результатов которого можно было бы выработать реальную программу космической защиты Земли, должен стать первым шагом на пути к последней.

Международный проект по борьбе с астероидно-кометной опасностью оказался бы первым действительно всемирным проектом, работа над которым будет вестись постоянно и при самом плотном международном сотрудничестве под эгидой ООН. Такая созидательная и по необходимости очень продолжительная совместная работа различных народов и государств на общий результат будет способствовать устойчивому улучшению взаимопонимания и доверия между государствами. ■

## Литература

1. Забабахинские научные чтения — 94: Сборник трудов международной конференции. Снежинск, 1994.
2. Космическая защита Земли // Известия Челябинского научного центра. Специальный выпуск. 1997.
3. Сборник трудов международной конференции «Проблема защиты Земли от АКО». Снежинск, 1994.
4. Денисов С.С. Создание банков данных астероидов, сближающихся с Землей // 100 лет Тунгусскому феномену: прошлое, настоящее, будущее. М., 2008.
5. Добров А.В., Зайцев А.В., Маглинов И.Д. и др. Возможные подходы к формированию космической службы наблюдения астероидов и комет // Тезисы докладов Международной конференции «Астероидная опасность — 96». СПб., 1996. С.51–52.
6. Астероидно-кометная опасность: вчера, сегодня, завтра: Сборник / Под ред. Шустова Б.М., Рыхловой Я.В. М., 2010.
7. Адушкин В.В., Немчинов И.В. Катастрофические воздействия космических тел. М., 2005.
8. Шойгу С.К., Воробьев Ю.А., Владимиров В.А. Катастрофы и государство. М., 1997.
9. Шустов Б.М. Астероидно-кометная опасность: роли физических наук в решении проблемы // УФН. 2011. Т.181. С.1104–1108.
10. Верещага А.Н., Заграфов В.Г., Шаненко А.Н. Астероидная опасность для Земли. Проблема предотвращения астероидной опасности // Атом. 1995. Т.17. С.2–5.
11. Заграфов В.Г., Шаненко А.К. Использование ядерных взрывов для перехвата опасных космических объектов // Атомная энергия. 1996. Т. 80. С.21–25.
12. Симоненко В.А. Предотвращение опасных космических столкновений с помощью ядерных взрывов. Возможности и проблемы // Тезисы докладов на Международной конференции «Сто лет Тунгусскому феномену, прошлое, настоящее, будущее». М., 2008. С.21–22.
13. Гордейчик В.И., Забавин В.Н., Щербак М.Д. Облако взрыва и пылевые образования // Физика ядерного взрыва. Т.1: Развитие взрыва. М., 1997. С.243–273.
14. Немчинов И.В., Попова О.П. Суперболиды // Природа. 1998. №7. С.20–28.
15. Симоненко В.А. Опасность космических столкновений и их предотвращение. Ключевые проблемы // Доклад на международной конференции «Проблемы защиты Земли от АКО». Снежинск, 1994. С.71–75.
16. Щерба А.А. Война все дороже и дороже // Военно-промышленный курьер. 2013. Т.45. С.10–11.



# Нефть и газ Волгоградского Поволжья

С.И.Пряхин

**Н**ефтегазодобывающая промышленность — одна из важнейших отраслей экономики Волгоградского Поволжья и одновременно наиболее экологически опасная для окружающей среды региона. В пределах нефтегазопромыслов естественные ландшафты трансформируются в природно-техногенные комплексы, где обнаруживаются глубокие, часто необратимые изменения.

Волгоградская область — один из ведущих нефтегазоносных регионов Нижнего Поволжья и в то же время один из самых старых нефтегазодобывающих районов России с высоким освоением ресурсов углеводородов (рис.1, табл.1).

Территория Волгоградской области (1936—1961 гг. — Сталинградская) располагается на юго-востоке европейской части страны, в низовьях Волги и среднего течения Дона и занимает площадь 112,9 тыс. км<sup>2</sup>, что составляет всего 0,67% территории России. Население региона на 2010 г. — 2,611 млн чел. (или 1,84% от населения страны). Административный центр области — город-миллионер (1021,2 тыс. чел. на 2010 г.) Волгоград. В административном отношении область состоит из 33 муниципальных районов.

## Геологическое строение нефтегазоносных территорий

Волгоградская обл. находится в зоне сочленения двух крупных тектонических структур Русской платформы — Воронежской антеклизы (ее юго-восточного склона) и Прикаспийской синеклизы (см. рис.1). Они разделяются юго-восточным окончанием Пачелмско-Саратовского авлакогена, а на юге области выделяется погребенная часть



*Сергей Ильич Пряхин, кандидат географических наук, доцент кафедры географии и геоэкологии Волгоградского государственного социально-педагогического университета. Область научных интересов — геоэкология нефтегазоносных территорий и природно-техногенных комплексов, оптимизация природопользования.*

Донбасса — краевая часть Скифской плиты. В пределах указанных структур выделяются подчиненные им более мелкие структуры второго (валы, прогибы, мульды) и третьего (локальные антиклинали, синклинали, флексуры и др.) порядка.

Воронежская антеклиза представляет собой крупный докембрийский кристаллический массивный выступ, перекрытый осадочным чехлом палеозойско-кайнозойских пород. Она занимает большую часть Волгоградской обл. и север Ростовской обл. В кристаллическом фундаменте широко развиты разрывные нарушения, ограничивающие ее с юга и юго-востока. На территорию области антеклиза заходит своим восточным склоном. Современный рельеф ее поверхности сформировался под влиянием блоковых движений фундамента и новейшими тектоническими движениями. Большая излучина Дона оконтуривает антеклизу.

Прикаспийская синеклиза (впадина) занимает пространство восточнее городов Камышина и Волгограда, отделяясь от Русской платформы системой разломов и уступов. Здесь происходит резкое понижение поверхности кристаллического фундамента (с 4—6 до 10—20 км).

На территории Волго-Иловлинского междуречья расположена тектоническая структура второго порядка — Доно-Медведицкий вал, с которым свя-

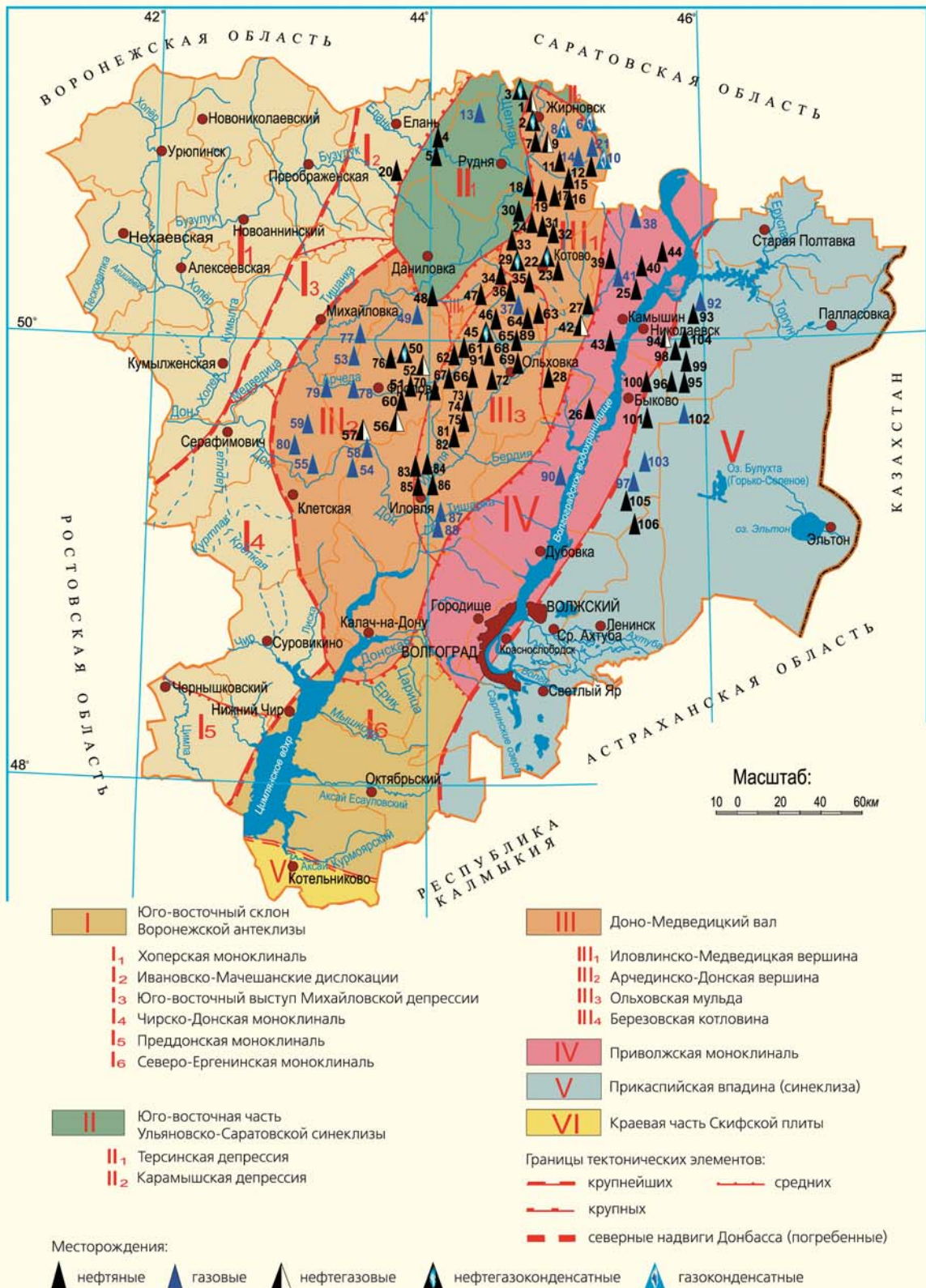


Рис.1. Карта-схема расположения месторождений нефти и газа в Волгоградской обл. Составлена В.А.Брылевым, С.И.Пряхиным, Н.М.Клюшниковой. Числа рядом со значками месторождений — номера в табл.1.

**Таблица 1**  
**Месторождения нефти и газа в Волгоградской области [6]**

№	Месторождение	Профиль	№	Месторождение	Профиль
<b>Жирновский район</b>					
1	Бахметьевское	НГ	55	Подпешинское	Г
2	Жирновское	НГК	56	Шляховское	НГ
3	Кленовское	НГК	57	Зимовское	НГ
4	Терсинское	Н	58	Саушинское	Г
5	Южно-Терсинское	Н	59	Клетско-Почтовское	Г
6	Новинское	ГК	60	Фроловское	Н
7	Нижне-Добринское	Н	61	Гуровское	Н
8	Западно-Линёвское	ГК	62	Дудачинское	Н
9	Линёвское	НГ	63	Верхне-Романовское	Н
10	Восточно-Макаровское	ГК	64	Северо-Романовское	Н
11	Добринское	Н	65	Западно-Романовское	Н
12	Памятно-Сасовское	Н	66	Ковалёвское	Н
13	Лемешкинское	Г	67	Западно-Кочетковское	Н
14	Высоцкое	Г	68	Грибное	Н
15	Демьяновское	Н	69	Бархатное	Н
16	Петровское	Н	70	Восточно-Антоновское	Н
17	Овражное	Н	71	Николинское	Н
18	Бурлукское	Н	72	Кудряшовское	Н
19	Красноярское	Н	73	Новочернушкинское	Н
20	Бузулукское	Н	74	Андреевское	Н
21	Добринское	Г	75	Тишанское	Н
<b>Коробковско-Камышинский район</b>					
22	Коробковское	НГК	76	Куркинское	Н
23	Котовское	Н	77	Миронычевское	Г
24	Мирошниковское	Н	78	Витютневское	Г
25	Камышинское	Н	79	Голубинское	Г
26	Антиповско-Балыклейское	Н	80	Карасёвское	Г
27	Петроввальское	Н	81	Дубравное	Н
28	Чухонастовское	Н	82	Ульяновское	Н
29	Ломовское	НГК	83	Зимнее	Н
30	Тарасовское	Н	84	Осеннее	Н
31	Дорошевское	Н	85	Весеннее	Н
32	Прибортовое	Н	86	Южно-Кондрашовское	Н
33	Голубковское	Н	87	Нижне-Иловлинское	Г
34	Ново-Коробковское	Н	88	Вешняковское	Г
35	Нижне-Коробковское	Н	89	Романовское	Н
36	Моисеевское	Н	90	Суводское	Г
37	Моисеевское	Г	91	Новокочетковское	Н
<b>Прикаспийская впадина</b>					
38	Щербаковское	Г	92	Комсомольское	Г
39	Западно-Умётовское	Н	93	Левчуновское	Н
40	Западно-Веселовское	Н	94	Прибрежное	НГ
41	Веселовское	Г	95	Малышевское	Н
42	Южно-Умётовское	НГ	96	Сергиевское	Н
43	Антиповско-Лебяжинское	Н	97	Лободинское	Г
44	Восточно-Умётовское	Н	98	Прибрежное	Н
<b>Арчединский район</b>					
45	Ключевское	НГК	99	Центральное	Н
46	Северо-Ключевское	Н	100	Речное	Н
47	Берёзовское	Н	101	Сергеевское	Н
48	Северо-Дорожкинское	Н	102	Солдатско-Степновское	Г
49	Малодельское	Г	103	Южно-Кисловское	Г
50	Кудиновское	НГК	104	Алексеевское	Н
51	Зелёновское	Н	105	Юрьевское	Н
52	Арчединское	НГ	106	Ново-Никольское	Н
53	Абрамовское	Г			
54	Верховское	Г			

Н — нефтяные, НГ — нефтегазовые, НГК — нефтегазо-конденсатные, Г — газовые, ГК — газоконденсатные.

заны важнейшие нефтяные и газовые залежи. Этот вал длиной около 350 км, шириной 50–100 км и амплитудой от 200 до 600 м представлен системой крупных поднятий, выраженных в каменноугольных и мезозойских отложениях. Он протянулся от г.Жирновска до г.Калача-на-Дону [1].

Геологическое строение региона характеризуется преобладанием мощного осадочного комплекса пород: от нескольких сотен метров на северо-западе (в Воронежской антеклизе) до более чем 10 тыс. м на юго-востоке (в Прикаспийской синеклизе). Осадочный чехол и кристаллическое основание платформы дифференцированы на два структурных этажа. Верхний представлен комплексом отложений мезокайнозоя, перми, карбона и частично верхнего девона. Нижний — породами от верхнесреднего девона до архейско-нижнепротерозойского кристаллического фундамента. Для последнего в зоне сочленения Прикаспийской синеклизы и Воронежской антеклизы характерна система мобильных разломов, определивших его блоковую структуру. Пермские же отложения верхнего структурного этажа Прикаспийской синеклизы характеризуются проявлением соляно-купольной тектоники. Нефтегазоносные комплексы представлены терригенными ( $D_3, C_1$ ), карбонатно-терригенными ( $C_2$ ) и карбонатными ( $D_3, C_1$ ) породами [1, 2].

### Места скопления углеводородов

Многие виды полезных ископаемых связаны с горными породами определенного возраста и состава. Нефть и газ главным образом обнаруживаются в толщах карбоновых и девонских отложений и залегают в слоях осадочных горных пород.

В земной коре скопления нефти и газа приурочены к пескам, песчаникам и известнякам, т.е. к породам, обладающим определенной пористостью и состоящим из отдельных зерен или обломков. Поры, соединяясь между собой, образуют каналы, которые заполняются водой, нефтью или газом. Чем крупнее поры, тем выше проницаемость и тем больше жидкости или газа может пропустить порода в единицу времени. Такие породы и принято называть коллекторами. Породы с очень мелкими порами называют непроницаемыми. Они служат ограничителями (покрышками) для пород-коллекторов. К ним относятся глины, сланцы, аргиллиты, плотные известняки, соли и др. Скопления нефти и газа, чтобы удержаться в коллекторе, должны ограничиваться непроницаемыми породами, т.е. располагаться в естественной ловушке [3].

В верхней части пласта-коллектора находится газ, ниже — нефть, которая подпирается водой (рис.2). Углеводороды чаще всего занимают куполовидные ловушки и антиклинальные складки (т.е. выпуклости более древних пород), в которых

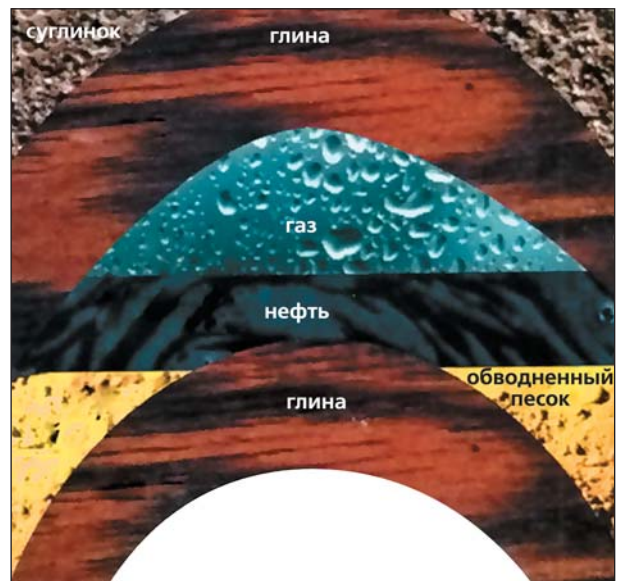


Рис.2. Положение нефти, газа и воды в пласте-коллекторе [3].

нефть и газ залегают на меньшей глубине, благодаря чему и добывать их легче.

Газ и нефть находятся в недрах под давлением. Его величина зависит от глубины расположения нефти, и примерно соответствует давлению столба воды, высота которого равна глубине залегания.

Различают ловушки структурные и неструктурные. К сожалению, далеко не всякая ловушка содержит скопление нефти (и газа). Существование в природе таких пустых ловушек значительно снижает эффективность поисков углеводородов. Единичное скопление нефти (газа) называется *залежью*, а участок земной коры, содержащий залежи углеводородов, — *месторождением*, которое может быть нефтяным, нефтегазовым (в случае наличия над нефтью газовой шапки) и газовым.

Большой интерес представляют газоконденсатные месторождения. Из газа таких месторождений при снижении давления в атмосферных условиях выделяется жидкая фаза — конденсат, подобный легкой нефти. Горючие газы — обычные спутники нефти. Они хорошо растворяются в ней и уменьшают ее вязкость. Но газ широко распространен и в виде самостоятельных залежей.

### Краткие сведения об истории нефтегазодобычи

Становление нефтегазодобычи в регионе началось еще до окончания Великой Отечественной войны, когда 3 марта 1944 г. в г.Фролово организовали Сталинградскую геолого-разведочную контору, а в октябре 1946 г. с глубины 534 м ударил газовый фонтан. Первое нефтегазовое месторождение — Арчединское — открыто в 1948 г. Его промышленная эксплуатация началась в 1949 г.



Рис.3. Современные станки-качалки на нефтегазопромысле.

В том же году глубоким бурением из пласта Б1 тульского горизонта на Жирновской площади из скважины №1 забил первый нефтяной фонтан из отложений нижнего карбона. Так началась промышленная добыча нефти на Жирновском нефтегазовом месторождении (рис.3).

В последующие годы геолого-оценочные и сейсморазведочные работы в регионе сводились к оконтуриванию и открытию новых месторождений нефти и газа [4]. Таким образом, в 2014 г. волгоградской промышленной нефтегазодобыче исполняется 65 лет!

### Современное состояние нефтегазовой промышленности

Выполненный Всероссийским научно-исследовательским геологическим институтом им.А.П.Карпинского анализ показал, что потенциальная стоимость минерального сырья в недрах Волгоградской обл. равна 9,3 трлн долл., а средняя удельная стоимость на 1 км<sup>2</sup> территории составляет около 370 тыс. долл. Большая часть запасов и прогнозных ресурсов приходится на углеводородное сырье (нефть, газ, конденсат) и соли (магниевые, калийные, поваренные) [5, с.438—458].

На начало 2013 г. по области выявлено 111 месторождений углеводородов (см. рис.1, табл.1), из них 89 (в основном мелкие) находятся непосредственно в разведке и разработке [4]. Практически все месторождения относятся к Нижневолжской нефтегазоносной области Волго-Уральского нефтегазоносного бассейна. Глубина залежей уг-

леводородов колеблется от 600 до 5200 м. Продуктивны терригенные среднего и терригенно-карбонатные породы верхнего девона и терригенно-карбонатные толщи каменноугольного, включающие рифогенные образования. Иногда нефтяные залежи размещаются в неглубоких, простых по строению и значительных по площади ловушках (Жирновское, Бахметьевское, Коробковское месторождения). В других случаях они привязаны к изменчивым по простиранию коллекторам, в том числе и слабопроницаемым.

Большая часть месторождений нефти и газа располагается в правобережной части области. Большинство из них имеют высокую степень выработанности (85—95%) либо малые запасы. Основные перспективы развития нефтегазодобывающей отрасли связаны с левобережной

частью. Однако залежи нефти здесь находятся на больших глубинах (5—6 км).

В настоящее время нефтегазодобывающая промышленность области размещается в 15 муниципальных районах. Главные из них — Жирновский, Котовский и Фроловский [6].

В целом за более чем 60-летний период (1949—2012) было добыто почти 230 млн т «черного золота» и более 105 млрд м<sup>3</sup> природного газа. Пик пришелся на 1972 г., когда из недр извлекли около 7 млн т нефти (рис.4).

Среднегодовая добыча нефти за нескольких последних лет составила 3,5—4 млн т. Максимальные объемы нефти (5—7 млн т) были получены в течение 60-х и в начале 70-х годов прошлого века. Этому способствовал и максимальный среднегодовой прирост запасов нефти (11,0—15,22 млн. т) в 1951—1960 гг., связанный с открытием крупных нефтегазовых месторождений: Жирновского, Бахметьевского и Коробковского. В 1973 г. в Жирновском районе добыли рекордное количество нефти за всю историю промысла — 4,2 млн т\*.

В 1955 г. Волгоградская обл. заняла первое место в СССР, обогнав многие старые нефтепромыслы страны. А еще через 10 лет добыча нефти и попутного газа на одного работника в производственном объединении (ПО) «Нижневолжскнефть» почти в два раза превышала среднесоюзный уровень и уступала лишь Татарстану и Самарской обл. Спад добычи пришелся на середину 70-х и начало 80-х годов. Он был связан с резким снижением объемов и эффективности поисково-разведочного бурения

\* www.lukoil.ru



Рис.4. Динамика годовой добычи нефти в Волгоградской обл. с 1949 по 2012 г. [5, с.34—39; 11].

и, соответственно, с очень ограниченным ростом сырьевой базы. Эксплуатация старых месторождений уже не могла исправить положение, а доля новых месторождений была еще несущественна. К 1994 г. добыча нефти снизилась до 1.9 млн т. И лишь с середины 90-х годов вновь начался рост геолого-разведочных работ, вследствие чего промышленные запасы нефти увеличились в два раза. Так, ее добыча в 2012 г. составила 3.5 млн т, газа — 697.8 млн м<sup>3</sup>, конденсата — 18.7 млн т\*.

Перспективные извлекаемые ресурсы нефти в Волгоградской обл. оцениваются в 61.381 млн т. Они учтены на 42 площадях, подготовленных к глубокому бурению. Суммарные разведанные запасы и прогнозные ресурсы углеводородов на территории региона составляют более 400 млн т нефти, 1.2 трлн м<sup>3</sup> свободного газа, более 450 млн т газового конденсата и примерно 150 млрд м<sup>3</sup> растворенного газа [7]. Около 70% неразведанных ресурсов нефти и более 20% природного газа сосредоточено в правобережной части области. На Прикаспийскую впадину (Волгоградское Заволжье) приходятся остальные ресурсы нефти и газа и практически весь конденсат.

Степень освоения углеводородного сырья Волгоградской обл. на 2013 г. составила: 33% по нефти, 22% по растворенному газу, 9% по свободному и 1% по конденсату. Таким образом, недра региона обладают высокими потенциальными возможностями для открытия новых месторождений углеводородного сырья и дальнейшего развития нефтегазовой отрасли [8].

\* www.lukoil.ru

### Главные нефтегазодобывающие районы

На территории Волгоградской обл. в настоящее время выделяют четыре основных нефтегазодобывающих (нефтяных) района: в пределах Нижневолжской нефтегазоносной области Волго-Уральской нефтегазоносной провинции — Арчединский, Жирновский, Коробковско-Камышинский и в Прикаспийской нефтегазоносной провинции — район Прикаспийской впадины.

#### Арчединский нефтегазоносный район.

Первые промышленные притоки природного газа здесь получены в 1946 г. (в окрестностях железнодорожной станции Арчеда Фроловского р-на), а нефти — в 1948 г. Эксплуатация Арчединского нефтегазового месторождения началась 1 декабря 1949 г. В последующее время в Донской излучине проходили интенсивные разведочные работы, и последовательно на южной оконечности Доно-Медведицкого вала (выявленного еще в 1896 г. А.П. Павловым) в каменноугольных и девонских отложениях были открыты новые месторождения углеводородного сырья (табл.2). Характерная особенность месторождений этого нефтегазоносного района — их многопластовость.

Наиболее крупное месторождение — Арчединское. Оно расположено в 120 км северо-западнее Волгограда, вблизи г.Фролово и включает 16 продуктивных пластов, которые содержат 11 газовых и пять нефтяных залежей. Минимальная глубина их залегания 350 м, максимальная — 1800 м [9].

Из других месторождений района необходимо упомянуть Саушинское и Верховское. Первое содержит 10 газовых залежей с глубиной залегания

**Таблица 2**  
**Месторождения нефти и газа на южной оконечности**  
**Доно-Медведицкого вала [9]**

Год открытия	Месторождения	Профиль	Степень освоения, %
1949	Саушинское	газовое	50–60*
1949	Верховское	газовое	50–60*
1953	Абрамовское	газовое	80–85
1956	Ветютневское	газовое	80–85
1957	Миронычевское	газовое	80–85
1957	Зимовское	нефтегазовое	80–85
1959	Голубинское	газовое	80–85
1960	Клетско-Почтовское	газовое	80–85
1960	Шляховское	нефтегазовое	80–85
1977	Мирошниковское	газовое	80–85

\* Поздняя стадия разработки

от 470 до 1040 м, а второе — 12 с глубиной залегания от 564 до 935 м. Эти высокопродуктивные залежи приурочены к пластам песчаников, реже известняков каменноугольных и девонских отложений. Плотность запасов велика, поскольку месторождения многопластовые и находятся в поздней стадии разработки [7].

В 2012 г. нефтегазодобывающая компания (НГК) «МедведицаНефть» открыла новое месторождение природного газа — Гуляевское. По оперативной оценке, его извлекаемые запасы (полученные лишь по обработке одной скважины) составляют 70 млн м<sup>3</sup> природного газа. Сейчас эти сведения готовятся к защите в Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых. Важно отметить, что открытое месторождение занимает лишь небольшую часть лицензионного участка недр, общая площадь которого составляет 1233,2 км<sup>2</sup>.

**Жирновский нефтегазоносный район** (второй по времени ввода в эксплуатацию) расположен на северной оконечности Доно-Медведицкого вала. Здесь за небольшой отрезок времени (1948–1951) в каменноугольных отложениях открыты и разведаны три крупных месторождения: нефтегазовые — Жирновское и Бахметьевское и газовое — Линёвское.

Жирновское нефтегазовое месторождение расположено в 320 км севернее Волгограда, в среднем течении р.Медведицы. Его промышленная разработка началась 12 июля 1949 г. с пуска в эксплуатацию скважины №1, где нефтяной фонтан был получен из отложений нижнего карбона [7, 9].

В разрезе каменноугольных и верхнедевонских отложений обнаружено 16 залежей углеводородов. В карбоне пласты-коллекторы сложены в основном слабосцементированными песчаниками, а в девоне — пористо-трещиноватыми известняками. Основная нефтегазовая залежь тульского горизонта, представленная песчаным пластом-коллек-

тором высокой проницаемости, разрабатывается по прогрессивной технологии. Для поддержания пластового давления применяется законтурное заводнение, что позволяет в течение длительного периода (десятков лет) получать высокие дебиты нефти фонтанным способом, достигая при этом высокой нефтеотдачи пласта. Все залежи в настоящее время в значительной степени выработаны, но месторождение по-прежнему играет важную роль в области. Нефть и газ здесь высококачественные — бессернистые [7, 9].

В последующие годы на территории Жирновского р-она, в пределах Терсинской впадины,

были разведаны и открыты нефтегазовое Кленовское (1957), нефтяное Нижнедобринское (1958) и газовое Новинское (1966) месторождения. Последнее на сегодняшний день — одно из самых крупных по добыче в регионе. На его долю приходится до 60% добываемого волгоградского газа.

До сих пор наибольший интерес представляет многопластовое (16 продуктивных пластов) нефтегазовое Жирновско-Бахметьевское месторождение. Этаж нефтегазоносности на Жирновской площади около 1900 м, на Бахметьевской — 1230 м [7, 9]. Долгие годы Жирновское (начальные извлекаемые запасы нефти 54 млн т) и Бахметьевское (33 млн т) месторождения определяли добычу нефти и газа в районе. Однако в настоящее время они находятся на завершающем этапе разработки (средняя выработанность — 95%).

Расцвет нефтедобычи по Жирновскому нефтегазодобывающему управлению (НГДУ) пришелся на 1963 г., газодобычи — на 1977 г. Затем наступил спад. Но с открытием и вводом в эксплуатацию в 1990 г. Памятно-Сасовского нефтяного месторождения район снова вернул лидирующие позиции в области. Месторождение расположено на юго-востоке района. Ежегодная добыча (по которой оно занимает 8-е место среди крупных нефтедобывающих месторождений компании ОАО «ЛУКОЙЛ») составляет 2,0–2,5 млн т — примерно 60–70% всей добываемой волгоградской нефти за год.

Памятно-Сасовское месторождение приурочено к крупному известняковому рифу, развитому в евлановско-ливенском горизонте верхнедевонского отдела. Четыре продуктивные залежи, расположенные на глубинах до 2600 м, заключены в неоднородном сложно выраженном коллекторе. Этаж нефтеносности 250 м. Это самое крупное месторождение углеводородов из открытых за последние десятилетия в регионе. Извлекаемые запасы нефти составляют более 40 млн т. Эксплу-

атационные скважины высокодебитные (150–200 т/сут.). Нефть с незначительным содержанием сероводорода [1, 5, с.34–59]. Интересно происхождение названия месторождения. Первая часть — название села, а вторая — аббревиатура, составленная из фамилии, имени и отчества геолога, которому принадлежит честь открытия гиганта — Саблин Александр Сергеевич [7].

Месторождение уникально не только в Поволжье, но и во всей России. Скважины на нем фонтанировали год, два, три... И фонтанируют до сих пор, хотя со дня открытия прошло уже 23 года! По начальным запасам оно уступает Коробковскому и Жирновскому, но благодаря фонтанированию остается самым рентабельным.

Почти все месторождения углеводородного сырья Жирновского нефтяного района связаны с Жирновско-Линёвским блоком Уметовско-Линёвской депрессии. Сегодня здесь сосредоточено почти 75% остаточных промышленных запасов нефти Волгоградского Поволжья. К 1996 г. добычу нефти удалось довести до 3 млн т в год.

**Коробковско-Камышинский нефтегазодобывающий район** — самый поздний по времени освоения. Месторождения в нем тяготеют к центральной части Доно-Медведицкого вала. Здесь геолого-разведочные работы начались только в 1937 г., но были прерваны войной. В 1947 г. геолог Ф.И.Пантелеев с коллегами, проводя детальную геологическую съемку, обнаружил Коробковскую структуру и подтвердил наличие нефти вблизи хутора Верхние Коробки. В 1949 г. Сталинградская геолого-разведочная контора пробурила первую скважину, и с глубины 200 м ударил фонтан газа. А в 1955 г. из скважины №5, с глубины 1800 м из турнейского яруса, впервые была получена промышленная нефть [7]. Стало разрабатываться Коробковское нефтегазовое месторождение — наиболее крупное из всех открытых в области (начальные извлекаемые запасы — 61 млн т). Оно многопластовое, содержит 12 залежей: шесть газовых и шесть нефтегазовых. Четыре газовые залегают в байосских отложениях юры, остальные — в каменноугольных. Этаж нефтегазоносности разведанной части разреза достигает 2400 м [7].

Максимальная добыча нефти по Коробковскому НГДУ была достигнута в 1973 г., а газа — в 1965 г. Сегодня месторождение находится на завершающем этапе разработки (средняя выработка 95%).

В последующие годы в районе выявлены и разрабатываются Новокоробковское (1962), Южно-Уметовское и Кудиновское (1964) нефтегазовые месторождения, Антиповско-Лебяжинское (1963) и Котовское (1975) — нефтяные, Щербаковское (1966) газовое и многие другие.

На Котовском месторождении получен самый мощный фонтан в истории нефтяной промышленности области с суточным дебитом почти в 500 т.

Основные продуктивные комплексы Нижне-волжской нефтегазоносной области по запасам углеводородного сырья — каменноугольные (50%), девонские (40%) и пермско-мезозойские (10%) отложения [10].

**Прикаспийская нефтегазоносная провинция**, в которую входит восточная часть Волгоградской обл., тяготеет к одноименной впадине, занимающей площадь примерно 500 тыс. км<sup>2</sup>. Большая ее часть расположена в Казахстане, меньшая — в России (Астраханская, Волгоградская, Саратовская области и частично Калмыкия). Территория провинции изучена сравнительно слабо. Осадочный чехол здесь подразделяется на два крупных комплекса: подсолевой (девон — нижняя пермь) и надсолевой (верхняя пермь — нижний мел). Основные перспективы выявления запасов углеводородов связаны с подсолевым комплексом [7, 9, 10].

Часть Прикаспийской синеклизы, входящей в пределы Волгоградской обл. (особенно зона бортового уступа), в последние годы также стала объектом пристального внимания нефтяников. Там были приняты на баланс Малышевское (1987) и Левчуновское (1988) нефтяные месторождения, получены промышленные притоки также на Центральной, Юрьевской (1989) и Прибрежной (1991) структурах. В 2006 г. Центральное (прогнозируемые запасы около 2 млн т), Прибрежное (982 тыс. т) и в 2011 г. Юрьевское нефтяные месторождения включены в разработку и эксплуатацию. Все известные в этом районе притоки нефти связаны с подсолевым комплексом, т.е. с нижнепермскими и среднекаменноугольными отложениями.

Южнее обнаружена нефть на Ново-Никольской площади, в песчаниках нижнего карбона. Здесь же из каменноугольно-нижнепермских доломитизированных органогенных известняков подсолевого комплекса с глубины 2200–2500 м были получены промышленные притоки газа из самостоятельных сводовых пластовых залежей Лободинского (1976), Комсомольского (1974), Солдатско-Степновского (1977) и Южно-Кисловского (1980) месторождений. Но из-за содержания сероводорода более 1% они были законсервированы. Однако сейчас эти месторождения, не относящиеся к категории особо ценных, введены в эксплуатацию\* [10].

Южнее Волгограда, в пределах бортового уступа, открыто Южно-Плодовитенское месторождение, нефть которого сосредоточена в нижнепермских и каменноугольных отложениях, залегающих на глубинах 2500–5000 м. К востоку, на глубинах уже 6–7 км, подготовлены крупные перспективные структуры — Прудентовская, Заволжская и др.

Во внутренней части впадины пробурена самая глубокая (6500 м) нефтяная скважина — 1-я Упря-

\* www.ritek.ru



мовская. На северо-западе Старополтавского р-на, между Волгой и границей с Саратовской обл., ОАО «Саратовнефтегаз» разрабатывает три нефтяных месторождения — Белокаменное, Кустаревское и Черебаевское. В том же районе открыто Еруслановское газоконденсатное месторождение\* [10].

Очевидно, что дальнейшие перспективы нефтегазоносности Волгоградского Поволжья главным образом связаны с Прикаспийской впадиной. Но поиски и разведка месторождений здесь из-за больших (>5 км) глубин, сложного геологического разреза и наличия мощных (до 3–4 км) соляных толщ очень трудны.

Добываемая в области нефть по физико-химическим свойствам уникальна, так как она мало-сернистая ( $S \leq 0.5\%$ ), легкая (плотность при  $20^\circ\text{C}$   $0.825\text{--}0.840 \text{ г/см}^3$ ), маслянистая. Она относится к российской марке экспортной нефти Urals и считается одной из лучших не только в России, но и в мире. Природный газ, добываемый на территории области, также чистый, почти без примесей сероводорода. Из нашей нефти вырабатываются масла, поставляемые на экспорт, а также высокооктановые марки бензинов и высококачественного моторного топлива для ракетно-космической техники. Подобного набора качественной нефти не имеет ни один регион России. По степени подготовки нефти на промыслах и по физико-химическим свойствам волгоградская нефть соответствует первой группе\*\*.

### Основные операторы нефтегазопереработки в регионе

Основной оператор нефтепереработки в области — ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка», бывший Волгоградский нефтеперерабатывающий завод (НПЗ), введенный в эксплуатацию еще в 1957 г. В 1993 г. он вошел в состав нефтяной компании «ЛУКОЙЛ». Производственные мощности завода занимают площадь 1500 га и включают промышленные установки каталитического риформинга, изомеризации и первичной обработки нефти (рис.5). Индекс сложности Нельсона — 5.4\*\*\*.

Предприятие — крупнейший производитель горюче-смазочных материалов в Южном федеральном округе. Ежегодно оно перерабатывает около 9.6 млн т малосернистых смесей из легких нижневолжских и западно-сибирских нефтей (из Западной Сибири сырье поступает по нефтепроводу Самара-Тихорецк). Завод выпускает свыше 100 наи-



Рис.5. Волгоградский нефтеперерабатывающий завод сегодня.

менований высококачественных нефтепродуктов, соответствующих европейским стандартам: бензин, авиакеросин, летнее дизельное топливо и мазут, различные марки битума. Предприятие работает по топливно-масляному варианту и имеет нефтехимический сектор. В 2007 г. на Волгоградском НПЗ была введена в эксплуатацию установка изомеризации мощностью 370 тыс. т/год, выпускающая высокооктановый компонент автомобильных бензинов — изомеризат. Это позволило производить высокооктановые бензины по стандарту, полностью соответствующему Евро-3 и -5\*\*\*\*.

Свои нефтепродукты предприятие экспортирует на рынки Средиземноморья и Средней Азии, а также в страны северо-западной Европы. Готовая продукция отгружается железнодорожным, речным и автомобильным транспортом.

Компания «ЛУКОЙЛ» инвестирует немалые средства в модернизацию предприятия. Эксперты относят Волгоградский НПЗ к индустриальным гигантам российской нефтеперерабатывающей промышленности. На заводе налажен выпуск экологически безопасного дизельного топлива и функционируют основные конверсионные процессы. Объем переработки в 2010 г. составил 10.975 млн т нефти. Глубина переработки 83.05%.

Основной оператор газопереработки в Волгоградском регионе — газоперерабатывающий завод (ГПЗ), который был введен в 1966 г. в Котовском р-не. Сегодня — это «ЛУКОЙЛ — Коробковский газоперерабатывающий завод». На предприятие поступают нефтяной газ и промышленный конденсат

\* www.ritek.ru

\*\* Там же.

\*\*\* Индекс сложности Нельсона присваивает коэффициент (k) каждой основной единице оборудования сверх оборудования по перегонке сырой нефти, у которого  $k = 1$ . У нефтеперерабатывающих заводов Соединенных Штатов индекс Нельсона равен 9.5, Западной Европы — 6.5.

\*\*\*\* www.vnpz.lukoil.com

как с волгоградских месторождений, так и с других месторождений компании-владельца.

Коробковский ГПЗ предназначен для переработки попутного нефтяного газа и широкой фракции легких углеводородов. Здесь очищают от сероводорода, осушают, сжимают, отбензинивают и разделяют на компоненты газ, которым потом обеспечиваются Волгоградская обл., Ставропольский и Краснодарский края и другие регионы России. Частично продукция экспортируется.

Фракции нормального бутана, изобутана и стабильный газовый бензин в качестве сырья отправляются железнодорожным транспортом на нефтехимические предприятия в Омск, Казань и Буденновск. Объем переработки газа на заводе стабильно увеличивается\*. Если в 2000 г. здесь перерабатывалось 390 млн м<sup>3</sup> газа, то в 2007 г. — уже 450 млн м<sup>3</sup> (более 1 млн м<sup>3</sup> газа в сутки!).

В 1999 г. на заводе запустили современную сероочистную установку, в 2005 г. — новую компрессорную станцию мощностью 450 млн м<sup>3</sup> газа в год и пропано-холодильную установку.

Коробковский ГПЗ получил международный сертификат соответствия по стандартам ISO 140001 и OHSAS 180001:2007 в области управления промышленной безопасностью, охраной труда и окружающей среды.

### Перспективы развития нефтегазодобычи в Волгоградской области

Долгое время поиском, разведкой, разработкой и добычей углеводородного сырья на территории Волгоградской обл. занималось ОАО «Нижневожскнефть», затем оно вошло в состав компании «ЛУКОЙЛ». В компании задача по разработке и внедрению технологий будущего возложена на ОАО «Российская инновационная топливно-энергетическая компания» («РИТЭК»). В 2010 г. произошла ее реорганизация, и был создан филиал — «РИТЭК — территориальное производственное предприятие (ТПП) «Волгограднефтегаз». Снижение нефтегазодобычи по этому предприятию — вовсе не следствие полного истощения недр Правобережья. В последние годы в Руднянском и Даниловском районах открыто Южно-Терсинское нефтегазовое месторождение (извлекаемые запасы нефти — 6 млн т, газа — 3 млрд м<sup>3</sup>); в Жирновском р-не — Восточно-Макаровское, одно из крупных газовых месторождений в регионе; в Даниловском — нефтяное Северо-Дорожкинское (запасы 0.011 млн т) и др. В Жирновском р-не началась опытно-промышленная эксплуатация Добринского газового месторождения со среднесуточной добычей 150 тыс. м<sup>3</sup>[11]. Здешних запасов голубого топлива хватит на 20 лет\*\*.

\* www.vnpz.lukoil.com

\*\* www.ritek.ru; www.vnpz.lukoil.com

Кроме того, имеются перспективные площади, тяготеющие ко всем трем перечисленным районам нефтегазодобычи, — Егоровская, Сосновская, Северо-Арчединская и др. В 2005 г. компанией ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть» получен прирост запасов нефти в 0.27 млн т (с учетом списания части запасов Кудряшовского месторождения). Было открыто и принято на баланс месторождение Ульяновское, утверждены запасы Куркинское. На нескольких месторождениях открыты новые залежи и повышены коэффициенты извлечения. Прироста запасов газа почти нет.

К 2006 г. в нашей области Госбалансом учтено 69 месторождений: 54 нефтяных, восемь газонефтяных и семь нефтегазоконденсатных (табл.3).

Начальные суммарные ресурсы нефти составляют 696 млн т (1.2% всех российских). Потенциальные же ресурсы (составляющие более 55% от начальных) учтены Государственным балансом на 21 площади, подготовленной к глубокому бурению, и в невоскрывших пластах месторождений.

Начальные суммарные ресурсы свободного газа составляют 1.3 трлн м<sup>3</sup> (0.8% от газовых ресурсов России). 15 перспективных площадей подготовлены для глубокого бурения.

Природопользователи продолжают поисково-оценочные работы, ведутся сейсморазведочные исследования и глубокое бурение. Ежегодно агентство «Волгограднедра» выдает не менее двух-трех новых разведочных лицензий. Из федерального бюджета финансируются только региональные сейсморазведочные работы, связанные с оценкой перспектив нефтегазоносности всей Волгоградской обл.

В 2012 г. открыли Гуляевское газовое месторождение. В начале 2013 г. на территории Котовского муниципального р-на ООО СП «Волгодеминойл» ввело в эксплуатацию Авилосское газонефтяное месторождение, а на территории Камышинского района — нефтяное Доброе. На сегодняшний день общий объем добычи углеводородов в регионе только ТПП «Волгограднефтегаз» составляет около 3 млн т нефти и 600 млн м<sup>3</sup> газа в год [7, 9, 10].

В целом ежегодная добыча нефти разными операторами оценивается в среднем в 3.5 млн т, природного газа — до 700 млн м<sup>3</sup>. Главным нефтегазодобывающим районом продолжает оставаться Жирновский, где ежегодно добывается в среднем 60–70% нефти и 50–55% природного газа Волгоградской обл. Около 72% разведанных ресурсов нефти сосредоточено в Волгоградском Правобережье и 28% — в Прикаспийской впадине.

Для восполнения ресурсной базы нефтяной отрасли Волгоградской обл. специалистами «РИТЭК» вовлекаются в разработку остаточные запасы нефти, осваиваются новые территории и применяются современные методы и технологии интенсификации добычи на уже открытых месторождениях. Так, на нефтегазопромыслах

**Таблица 3**

**Ресурсы, запасы и добыча углеводородного сырья в Волгоградской области на 1 января 2006 г.\* [11]**

Виды сырья	Начальные суммарные ресурсы	Ресурсы		Запасы		Накопленная добыча
		D <sub>1</sub> + D <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>2</sub>	ABC <sub>1</sub>	
Нефть, млн т	696.1	393.12	44.19	6.92	32.87	32.87
Свободный газ, млрд м <sup>3</sup>	1245.9	880.67	241.32	13.57	24.67	24.67
Растворенный газ, млрд м <sup>3</sup>	—	—	—	1.44	8.74	8.74
Конденсат, млн т	461	427.65	29.82	1.16	1.34	1.34

\* www.ritek.ru; www.vnpz.lukoil.com

D<sub>1</sub> + D<sub>2</sub> — потенциальные ресурсы, C<sub>3</sub> — перспективные ресурсы, ABC<sub>1</sub> + C<sub>2</sub> — извлекаемые балансовые запасы.

«Волгограднефтегаза» внедряются новые перспективные технологии: гидроразрыв нефтеносного пласта, водогазовое воздействие с помощью диспергирующей установки, термогазовое воздействие. В 2012 г. совместно с нефтяной компанией ПО «Белоруснефть» на нефтегазопромислах региона осуществлено более 20 гидроразрывов пласта с применением пропанта — гранулообразного материала, используемого для повышения эффективности отдачи скважин.

\* \* \*

Таким образом, перспективным и приоритетным для нефтегазодобывающих предприятий ре-

гиона должно стать поддержание текущего уровня добычи углеводородов за счет более полного извлечения сырья из уже эксплуатируемых месторождений. Согласно Генеральной схеме развития нефтяной отрасли РФ, на 2009 г. по стране фактический коэффициент извлеченной нефти (КИН) составил 20%. Это довольно низкий показатель по сравнению с международной практикой. КИН в Саудовской Аравии и Венесуэле равен 23%, в США — 35%, во всей нефтегазонасной провинции Северного моря — 46%. Второй, альтернативный, путь поддержания уровня добычи углеводородного сырья — это, конечно, освоение новых месторождений. ■

## Литература

1. Геология нефтяных и газовых месторождений Волго-Уральской нефтегазональной провинции / Ред. С.П. Максимов. М., 1970. С.706—753.
2. Гайдужова Т.А. Нефтегазональные провинции и области России. М., 2008. С.47—50.
3. Пряхин С.И. Методика геоэкологического анализа природно-технических геосистем юга Приволжской возвышенности (в пределах Волгоградской области) // Вестник ВГУ. Сер. География. Геоэкология. 2007. №2. С.78—86.
4. Пряхин С.И., Брылев В.А. Геоэкологический анализ нефтегазональных территорий юга Приволжской возвышенности. Саарбрюкен, 2012.
5. Волгоградская область: природные условия, ресурсы, хозяйство, население, геоэкологическое состояние. Волгоград, 2011.
6. Пряхин С.И. Карта месторождений нефти и газа Волгоградской обл. // Географический атлас-справочник Волгоградской обл. М., 2012. С.16—17.
7. Пряхин С.И. Анализ техногенных систем и объектов как источников негативного воздействия на окружающую среду северной части Доно-Медведицкого вала // Вопросы краеведения. Материалы краевед. чтений. Вып.10. Волгоград, 2007. С.345—350.
8. О состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2011 г.: Доклад / Комитет охраны окружающей среды и природопользования Волгоградской обл. Волгоград, 2012.
9. Пряхин С.И. Ретроспективный анализ геолого-географических исследований Жирновского нефтегазонального района в пределах северной части Доно-Медведицкого поднятия // Вопросы краеведения. Материалы XV и XVI краевед. чтений. Вып.9. Волгоград, 2005. С.30—32.
10. Брылев В.А., Пряхин С.И. Ландшафтные исследования нефтегазональных территорий как фактор устойчивого развития Нижнего Поволжья // Вестник ВГУ. Сер. География. Геоэкология. 2011. №1. С.26—34.
11. Пряхин С.И. Трансформация природных ландшафтов от существующих источников техногенного воздействия северной части Доно-Медведицкого вала // Известия ВГПУ. 2003. №3. С.76—81.

# На пути к телескопу Ломоносова

*Стекло приводит нас чрез Оптику к сему,  
Прогнав глубокую неведения тьму!  
Преломленных лучей пределы в нем несложны,  
Поставлены Творцом; другие невозможны...*

*Хоть острым взором нас природа одалила,  
Но близок оногo конец имеет сила.  
Кроме, что вдалеке не кажет нам вещей  
И собранных трубой он требует лучей...*

М.В.Ломоносов, декабрь 1752

И.Н.Нестеренко, А.Р.Нестеренко

Год назад мы рассказали о нашей попытке повторить наблюдения М.В. Ломоносова во время транзита Венеры по диску Солнца 1761 г., когда он открыл атмосферу у планеты. Мы наблюдали последний транзит Венеры в 2012 г. с помощью аналогичных старинных телескопов и убедились, что Михаил Васильевич действительно мог видеть венерианскую атмосферу. Однако остался вопрос: насколько использованные нашей группой телескопы были близки к тому, что был в его распоряжении? Усилия, которые мы предпринимаем в последнее время, чтобы доказать достоверность этого открытия нашего выдающегося соотечественника, позволили установить неожиданные, неизвестные ранее факты.



**Игорь Николаевич Нестеренко**, научный руководитель обсерватории «Вега» Новосибирского государственного университета, научный сотрудник Института ядерной физики им.Г.И.Будкера СО РАН, действительный член международной астрономической организации АСТРО. Занимается диагностикой пучков заряженных частиц в ускорителях, физикой высоких энергий.



**Альфья Рашитовна Нестеренко**, заведующая лабораторией атомной физики и спектроскопии и обсерваторией «Вега» Новосибирского государственного университета, действительный член международной астрономической организации АСТРО. Область научных интересов: атомная и молекулярная спектроскопия, физика Солнечной короны, наблюдение метеоров и комет, автоматизация оптических наблюдений.

## О чем поведали рисунки

Детальный анализ изображений (рис.1 и 2), представленных в работе «Явление Венеры на Солнце, наблюденное в Санкт-Петербургской Императорской Академии Наук мая 26 дня 1761 года» [1], показал: фигуры 1 и 2, скорее всего, — зарисовки *окулярной проекции\** с телескопа, которым пользовался Ломоносов при наблюдении транзита Венеры. Это следует из того, что там очень

точно выдержаны соотношения диаметров Солнца и Венеры, особенно фигуре 2 (отличие от истинного отношения всего на 0.5%). Такое близкое совпадение относительных размеров на этих двух рисунках с подлинными возможно только при зарисовке деталей ре-

\* Окулярная проекция — своего рода рукотворная «фотография» того изображения, которое мы способны увидеть глазом в фокальной плоскости объектива телескопа через окуляр. При окулярной проекции сохраняется подобие между изображениями в фокальной плоскости и на экране. Масштаб изображения зависит от увеличения телескопа и расстояния между окуляром и экраном (рис.3,6). Некоторые телескопы до сих пор комплектуются экранами для наблюдения окулярной проекции. Эти белые экраны крепятся на монтировке телескопов и используются, как правило, при наблюдении Солнца. Если заменить белый экран светочувствительным сенсором, как в современных цифровых камерах, можно фотографировать Луну, планеты и другие космические объекты.

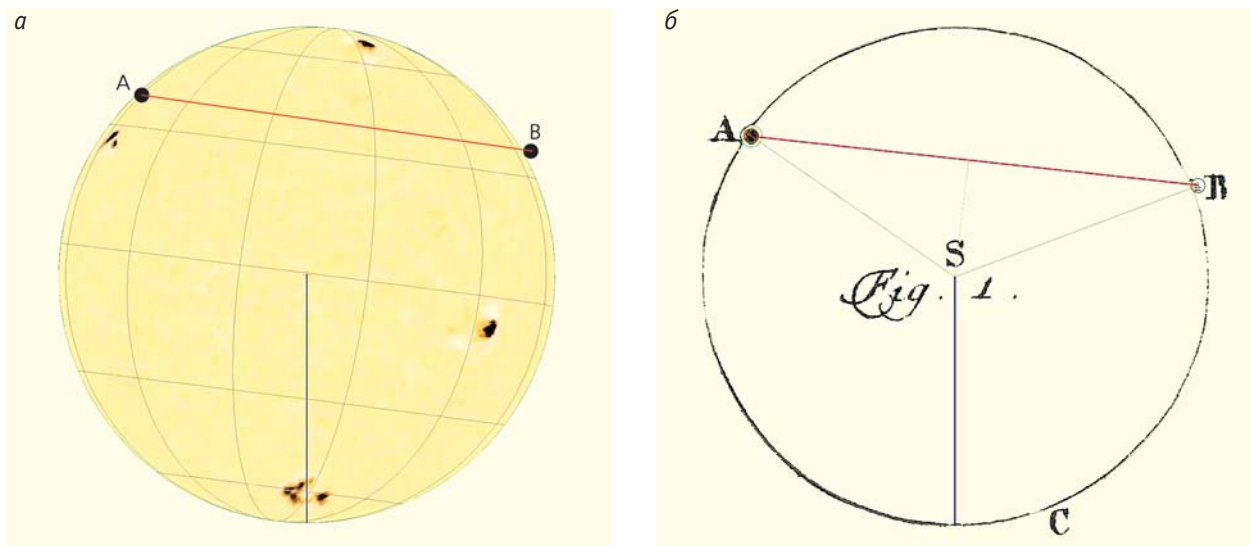


Рис.1. Изображение транзита Венеры 6 июня 1761 г.: модель в эклиптической системе координат, рассчитанная программой Guide 9 (а) и фигура 1 из статьи Ломоносова [1] (б). Синяя линия указывает направление на север, т.е. изображение перевернуто. Направление траектории транзита (красная линия) — из точки В к точке А.

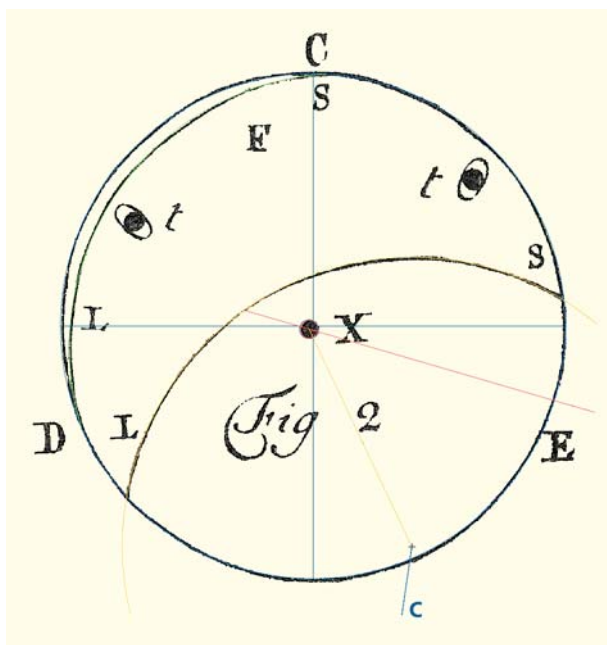


Рис.2. Фигура 2 из статьи Ломоносова с цветными линиями, нанесенными в программе AutoCad2010. Зеленая и желтая дуги (LS) — края Солнца на краю и вблизи центра поля зрения соответственно. Синяя окружность CDE — поле зрения телескопа. Черный круг X, обведенный красной окружностью, — Венера на фоне Солнца. Отношение радиусов желтой дуги Солнца и черного круга Венеры соответствует реальному отношению с точностью 0.5%. Синяя линия и С (внизу) указывают направление на север, красная линия — траектория транзита. Черные круги с охватывающими эллипсами в точках t — это диск Венеры на краю поля зрения, испорченный хроматическими аберрациями окуляра.

альной картины, спроецированной на экран, который установлен за окуляром телескопа. Интересно, что заявленный в тексте статьи [1] угловой размер Венеры (62") явно отличается от изображенного на фигуре 2 (58"). При этом настоящий размер на момент наблюдения был 57.7", т.е. рисунок демонстрирует практически фотографическую точность воспроизведения независимо от оценок автора.

Метод наблюдения Солнца с помощью окулярной проекции безопасен для глаз астронома и был хорошо известен практически с момента изобретения телескопа. Например, его использовали для наблюдения прохождения Венеры по диску Солнца английские астрономы Джереми Хоррокс и Вильям Крабтри еще в 1639 г. (рис.3,а,б).

Изображения транзита на фигурах 1 и 2 повернуто на 180° относительно реального, видимого невооруженным глазом. Если считать обе картинки зарисовками окулярных проекций, то использованный в этих случаях окуляр должен быть сконструирован так, чтобы в нем была *оборачивающая система линз\** (рис.4,а,б). Подобные окуляры состояли из двух (реже трех) линз в самой оборачивающей системе и еще из двух линз, последних по ходу света (окуляра Гюйгенса). Они обязательно входили в комплект любого телескопа XVIII и первой половины XIX в. и использовались для наземных наблюдений, так как давали привычное неперевернутое изображение при наблюдении глазом.

\* Оборачивающая система линз (рис.4,а,б) — это набор линз, который ставится между объективом и окуляром телескопа для дополнительного переверота изображения. Эта двухлинзовая система была предложена в 1645 г. астрономом и оптиком Антонио Мария Ширлиусом (1597—1660), прозванным Рейта (по месту рождения в Ройте, Австрия).

Это был не единственный окуляр, использованный Ломоносовым при наблюдениях транзита Венеры. Фигура 4 в статье демонстрирует изображение «пупыря» (арки), выступающего за край Солнца, после третьего контакта (рис.5). Изображение показано повернутым на 180° относительно реального и выглядит так же, как наблюдается глазом через окуляр Гюйгенса без дополнительной оборачивающей оптической системы. К тому же увеличение телескопа с этим окуляром было приблизительно в 3.5 раза больше, чем с тем, что использовался при построении фигур 1 и 2.

С большой долей вероятности фигура 4 была нарисована следующим способом: после настройки на резкое изображение в телескоп другой, нерабочий, глаз открывался и смотрел на установленный перед ним экран рядом с телескопом — этот лист бумаги, скорее всего, был разлинован для лучшей аккомодации глаза. Экран должен был быть размещен на таком расстоянии, чтобы одновременно рабочий глаз был аккомодирован на резкое изображение в телескопе, а нерабочий — на разлиновку экрана. Это расстояние подбирается индивидуально и для глаз среднего пожилого человека приблизительно равно 50 см (Ломоносову на момент транзита Венеры было почти 50 лет). Мозг объединяет видимые каждым глазом картинки в одну, и наблюдатель может зарисовать ее на экране. Зарисованная картина будет подобна той, что построена объективом телескопа в фокальной плоскости.

Данное предположение основано на том, что в тексте статьи Ломоносов приводит приблизительную толщину «пупыря» в 1/10 от диаметра Венеры. Это заявленное отношение отображено на фигуре 6 (1/9.95) и в какой-то степени на фигуре 3 (1/11.9). Однако на фигуре 4 толщина «пупыря» существенно меньше — 1/15.9 от диаметра Венеры. Такое отличие от тек-

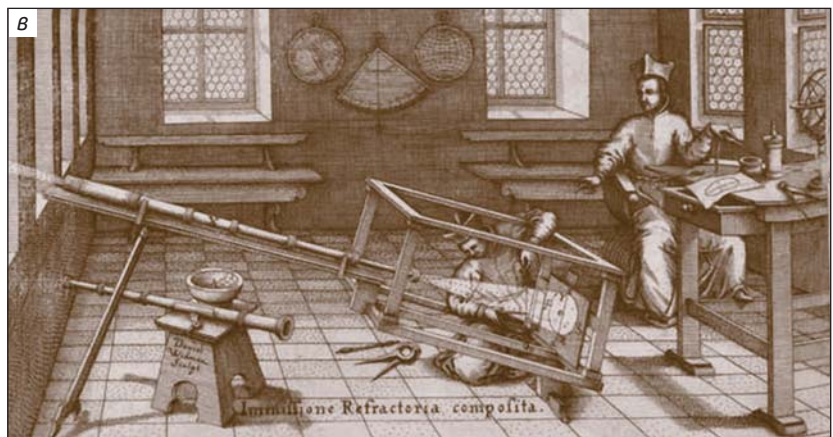


Рис.3. Джереми Хоррокс наблюдает транзит Венеры в 1639 г. (а). За окуляром телескопа (справа) поставлен экран (слева), на котором виден яркий диск Солнца с черной «горошиной» — это диск Венеры. Телескоп с экраном установлены на монтировке, позволяющей следить за перемещением Солнца в результате суточного вращения Земли. Такая система для наблюдения, например, за солнечными пятнами, была описана в книге Кристофа Шайнера «Rosa Ursina sive Sol», изданной в 1626—1630 гг. Вильям Крабтри наблюдает Солнце в момент транзита Венеры в 1639 г. (б) на экране, установленном за окуляром телескопа (справа вверху). Гравюра из той же книги, которая поясняет метод получения окулярной проекции (в). Свет входит в телескоп слева через объектив, проходит в трубе, выходит через окуляр (правый конец трубы) и падает на экран (справа), установленный на некотором удалении за окуляром. Наблюдатель может обрисовать контуры видимых деталей (пятна на Солнце, Венеру в момент транзита и др.).

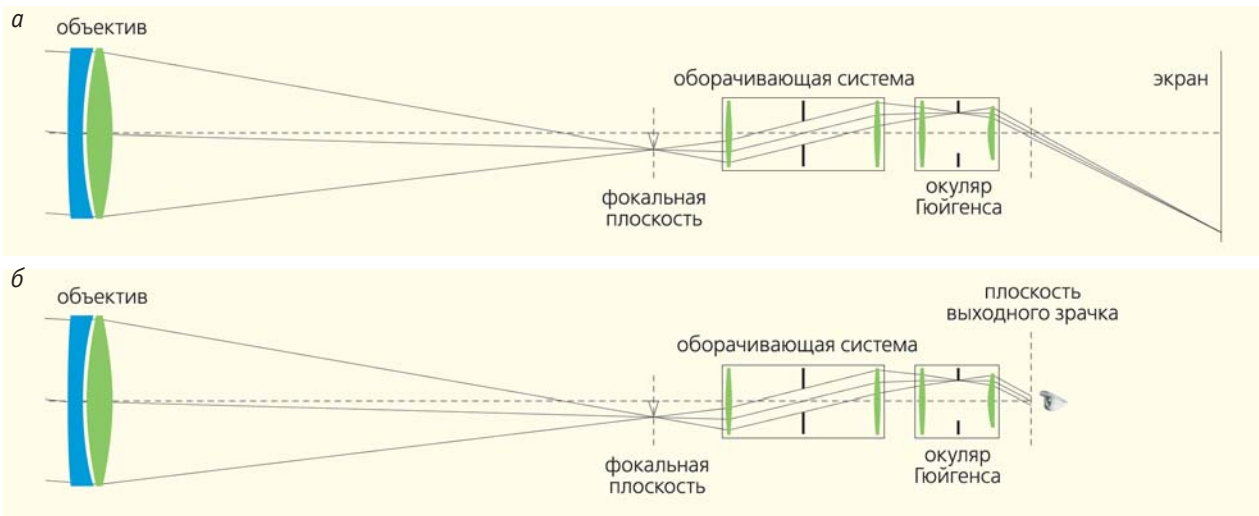


Рис.4. Оптическая схема окулярной проекции с окуляром для наземных наблюдений, т.е. с оборачивающей системой (а). Изображение получается повернутым на 180°. Если убрать оборачивающую систему, то изображение на экране станет нормально ориентированным. Оптическая схема телескопа с ахроматическим двухлинзовым объективом и окуляром для наземных наблюдений, т.е. с оборачивающей системой (б). На сетчатке глаза изображение будет перевернуто. Однако с физиологической точки зрения такое изображение кажется нормально ориентированным. При использовании окуляра без оборачивающей системы видимое изображение будет казаться перевернутым.

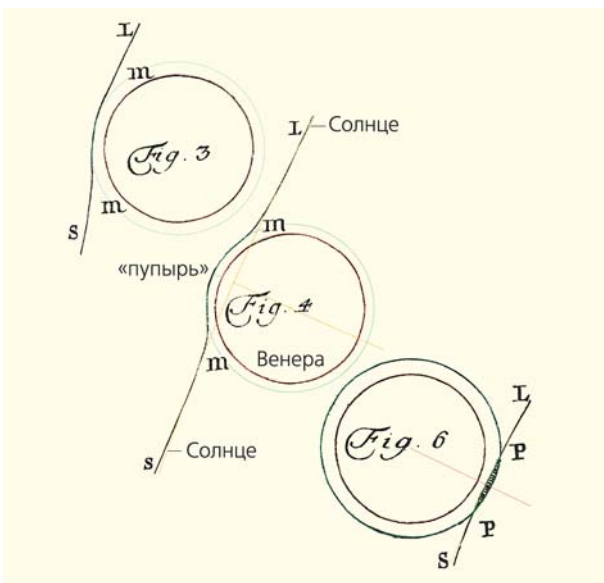


Рис.5. Фигуры 3, 4 и 6 из статьи Ломоносова. Фигура 3 демонстрирует начало образования выпячивания края Солнца в момент выхода Венеры с диска Солнца (линия LS). Фигура 4 показывает момент развития «пупыря» (сине-зеленая дуга между точками mm) за счет рефракции солнечного света в атмосфере Венеры (красная окружность). Желтая дуга (край Солнца) построена по расчетному радиусу, величина которого была получена из радиуса красной окружности и известного отношения радиусов Венеры и Солнца. Край Солнца (LS) и желтая дуга хорошо совпадают друг с другом почти на всем протяжении вне «пупыря». Фигура 6 носит иллюстративный характер для объяснения размытости края Солнца в момент касания края атмосферы Венеры.

тогового описания возможно лишь в том случае, если наблюдатель обрисовывает реально видимую глазами картину обозначенным выше способом. Для проверки этого утверждения можно воспользоваться информацией об относительном размере Солнца и Венеры на момент транзита и измеренным радиусом Венеры на фигуре 4, чтобы построить окружность с радиусом, соответствующим размеру Солнца. Оказывается, кривая LS на фигуре 4, обозначающая край Солнца, будет хорошо совпадать с желтой дугой, обозначающей расчетный край Солнца (рис.5).

Ломоносов ошибочно полагал, что видимая через телескоп толщина атмосферы Венеры, которую он зарисовал на фигуре 4, а также на фигуре 6 (рис.5) для объяснения причины ступенчатости края Солнца, и есть ее реальная толщина. Такой неверный вывод сделал бы любой естествоиспытатель XVIII в. На тот момент господствовала ньютоновская корпускулярная (лучевая) теория распространения света. Апертура (диаметр объектива) телескопа считалась второстепенным параметром, в отличие от его фокусного расстояния (длины трубы), которое определяло увеличение, а заодно и цену в каталоге производителя.

Волновая природа света была осознана значительно позже, после экспериментов по интерференции Томаса Юнга (1803), и окончательно завоевала признание благодаря теоретической работе Огюстена Френеля, а также опытам по дифракции Франциска Араго и Йозефа Фраунгофера. Только тогда стало ясно, что апертура является главным параметром телескопа, поскольку она не только определяет количество собранного света, но

и влияет на предельное разрешение телескопа, т.е. различимость мельчайших деталей, рассматриваемого объекта. В том числе и тончайшего волоска атмосферы Венеры.

Венера действительно обладает значительной атмосферой, существенно более плотной (приблизительно в 100 раз), чем у Земли. Однако сегодня известно, что рефракционные явления, которые описаны Ломоносовым в статье, происходят в очень узком слое (около 0.1") над облачным покровом, скрывающим основную часть атмосферы Венеры. Поэтому наблюдаемая толщина «пупыря» целиком определяется дифракционными (волновыми) явлениями и имеет обратно пропорциональную зависимость от апертуры (т.е. от искомого нами диаметра объектива) телескопа. Используя этот факт, можно по толщине «пупыря», показанного на фигуре 4, оценить этот параметр телескопа Ломоносова, что мы и попытались сделать.

Моделирование изображенной на фигуре 4 фазы транзита осуществлялось с использованием программы Zemax-EE при разных диаметрах ахроматического объектива телескопа. Моделирование видимого глазом изображения через телескоп производилось с учетом дифракции и остаточных aberrаций, характерных для двухлинзового ахроматического объектива и оптической модели глаза Р.Наварро [2]. Также учитывалась зависимость видимой яркости светящегося объекта от интенсивности света, попадающего на сетчатку среднестатистического глаза. Эта функция имеет степенной вид с показателем от 1/3 до 1/2 — в зависимости от интенсивности падающего света.

Моделирование показало, что фигура 4 нарисована через телескоп, у которого диаметр объектива должен равняться от 50 до 52 мм. Поскольку, согласно А.А.Немиро [3], прибор был произведен в Англии фирмой «Дж.Доллонд и сын», то, вероятно, он имел апертуру двухдюймовую, или около 51 мм.

Помимо апертуры обязательно нужно знать фокусное расстояние прибора. Как писал Ломоносов, он использовал телескоп: «...о двух стеклах длиной в 4.5 фута», т.е. рефрактор-ахромат длиной 1370 мм (54 дюйма). Неясно, что подразумевалось под словом «длина» — фокусное расстояние объектива телескопа или же полная геометрическая длина от входного среза оправы объектива до среза на окулярном конце в рабочем положении. Если имелась в виду полная геометрическая длина, то для оценки фокусного расстояния объектива нужно вычесть длину окуляра с оборачивающей системой — около 150 мм (примерно 6 дюймов). Тогда фокусное расстояние составит приблизительно 1220 мм (48 дюймов).

Итак, к фигурам 1, 2 и 4 из статьи [1] можно относиться как к документу, не только запечатлевшему практически с фотографической точностью информацию о транзите Венеры 1761 г., но и зафиксировавшему основные параметры использованного Ломоносовым телескопа: апертура хро-

матического объектива —  $51 \pm 1$  мм, а его фокусное расстояние —  $1300 \pm 80$  мм.

Однако восстановить полную оптическую схему телескопа Ломоносова нельзя без информации об оптических параметрах стекол, использованных для создания ахроматического объектива и окуляра(ов).

## О стеклах

Безусловно, Ломоносова очень интересовали возможности той оптики, которую он применял при наблюдении транзита Венеры по диску Солнца. Например, в своих «Химических и оптических записках» (датируемых с марта 1762-го по май 1763 г.) он упоминает имя Доллонда (писал как «Доланд») два раза. Один раз — как название для зрительной трубы с ахроматическим объективом. Это было распространённое в то время название для всех телескопов-рефракторов с таким объективом. А второй раз — в списке дел, вместе с именем Эйлера. Известно, что Ломоносов состоял в переписке с Леонардом Эйлером, поэтому можно предположить, что Михаил Васильевич обращался с вопросами и к Доллонду. Скорее всего, это был Петер Доллонд (1730—1820) — старший сын Джона Доллонда и его компаньон по фирме. Дж.Доллонд (1706—1761) к моменту написания «Записок» уже умер. Следует упомянуть, что Ломоносов писал письма в Лондон также известному астроному и оптику Джеймсу Шорту, изготовителю телескопов системы Грегори (двухзеркальных рефлекторов), по поводу металлических зеркал. Михаил Васильевич тоже активно занимался получением зеркальных сплавов и технологией изготовления металлических зеркал в связи с изобретенным им однозеркальным телескопом. Об этом он сделал запись в своих «Записках»: «Писать астроному в Лондон о Шартовой трубе» (запись №49).

Нам так же, как и Ломоносову, был необходим анализ оптики, применявшейся в момент транзита Венеры, чтобы правильно смоделировать видимость рефракционной дуги («пупыря») вокруг выступающей части Венеры с диска Солнца. Недостающую информацию о стеклах следует искать в исторических источниках, касающихся деятельности фирмы Доллондов. Собственно, сам термин «ахромат» напрямую связан с деятельностью Доллонда-старшего, который начинал как ткач шелковых тканей, а закончил жизненный путь известным оптиком, членом Лондонского королевского общества. В 1752 г. он присоединился к своему старшему сыну, открывшему в 1750 г. мастерскую по изготовлению оптических инструментов.

К искомым источникам, содержащим информацию о стеклах, в первую очередь следует отнести «Отчет о некоторых экспериментах, касающихся различной преломляемости света» Дж.Доллонда [4]. Этот отчет был представлен Шортом в Королев-



ском обществе 8 июня 1758 г. Документ содержит описание трех экспериментов с призмами из разных прозрачных материалов, которые были проведены в течение 1757 и первой половины 1758 г. Это первая публикация, в которой было экспериментально опровергнуто утверждение Исаака Ньютона о невозможности преломления белого света без дисперсии, без разложения на монохроматические компоненты. Дж.Доллонд продемонстрировал возможность создания ахроматического объектива, представляющего собой такую комбинацию фокусирующей и дефокусирующей линз, которая позволяла получить изображение без дисперсии, без цветной каймы вокруг объекта. Там же он утверждал, что нашел решение задачи, как одновременно устранить сферическую и хроматическую aberrацию в объективе из двух стекол разного сорта. К сожалению, детали методики устранения сферической aberrации при сохранении условия ахроматичности он не сообщил ни в данном отчете, ни в патенте №721 от 19 апреля 1758 г., полученном почти за два месяца до сообщения в Королевском обществе. Вместо этого фирма Доллондов стала продавать телескопы с объективами, которые обладали заявленными в патенте свойствами.

Из современных источников наиболее значимую информацию о ранних ахроматических объективах конца 50-х и начала 60-х годов XVIII в. можно найти в работе [5]. В ней приведены не только оптические схемы ранних ахроматических объективов, но и оптические параметры стекол, из которых они сделаны. Эти данные о стеклах использовались нами при численной реконструкции призмённых экспериментов Дж.Доллонда. Реконструкция и моделирование экспериментов были проведены с помощью программы Zemax-EE с целью найти среди современной номенклатуры стекол наиболее близкие по оптическим параметрам к тем, которыми пользовалась фирма Доллондов.

### Три шага на пути к ахромату

**Первый эксперимент** Дж.Доллонда с водо-стеклянной призмой (рис.6) во всех деталях повторял эксперимент Ньютона [6], проведенный за 90 лет до этого, однако дал прямо противоположный результат. Во-первых, объекты, видимые без преломления через водо-стеклянную призму, оказались окрашены призматическими цветами, как если бы они были видны только через стеклянную призму. Во-вторых, его эксперимент показал возможность преломления падающего белого света без дисперсии, без разложения на цветные составляющие, т.е. принципиальную возможность создания ахроматического объектива.

Эту разницу в результатах объяснил Петер Доллонд в своей статье [7]. Ключевое отличие одного эксперимента от другого состояло в использовании разного сорта стекла, из которого были изго-

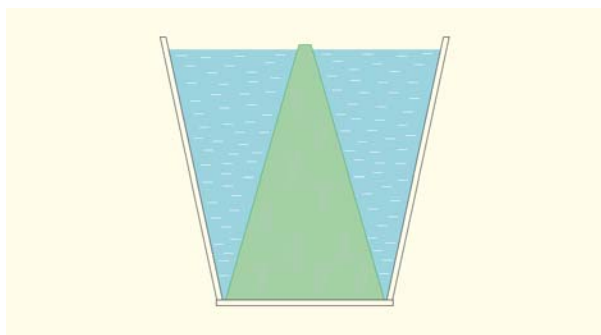


Рис.6. Водо-стеклянная призма, применявшаяся Ньютоном в его оптических экспериментах. Из листового стекла склеивается сосуд, и в него устанавливается стеклянная призма (зеленая). После заполнения сосуда водой получается смешанная водо-стеклянная призма, в которой стеклянная призма преломляет горизонтальный луч вниз, а две водяные призмы преломляют луч в противоположном направлении. Изменяя угол боковых стенок, можно добиться взаимной компенсации преломления воды и стекла.

товлены призмы. Вероятно, Ньютон выбрал для своих призм венецианское стекло. Оно было едва окрашенным и имело слабо-соломенный цвет. В 60-х годах XVII в. это стекло было более качественное, чем английский крон, который имел значительный зеленый оттенок из-за примесей оксида железа. Флинт (тяжелое бесцветное стекло) английской стекольной промышленностью начал выпускаться примерно через 30 лет, в 90-х годах XVII в. П.Доллонд изготовил призму из венецианского стекла, аналогичную ньютонической, и получил тот же результат, что и Ньютон. На рис.7 показано, что примерно могли видеть Ньютон и П.Доллонд через такую водо-стеклянную призму без преломления. Свой ошибочный вывод о невозможности создать ахроматический объектив Ньютон сделал, располагая лишь малым набором стекол и волей случая выбрав стекло, по дисперсионным свойствам близкое к воде. Поэтому он считал, что зависимость показателя преломления от длины волны одинакова для различных прозрачных материалов. Л.Эйлер же, напротив, допускал разнообразие свойств у преломляющих сред и в 1747 г. рассчитал, как можно было бы скорректировать хроматическую aberrацию, комбинируя в объективе стекло с водой. В 1752—1753 г. Дж.Доллонд вел дискуссию с Эйлером по поводу возможности существования подобного ахроматического объектива.

Через 90 лет после экспериментов Ньютона Дж.Доллонд имел более широкий выбор сортов стекла для изготовления призм. При изучении цветового окрашивания предметов, видимых через призмы, желательно использовать бесцветные прозрачные материалы, поэтому выбор бесцветного флинта в 50-х годах XVIII в. был вполне естественным. На рис.8 представлено изображение страницы текста, которое мог увидеть Дж.Дол-

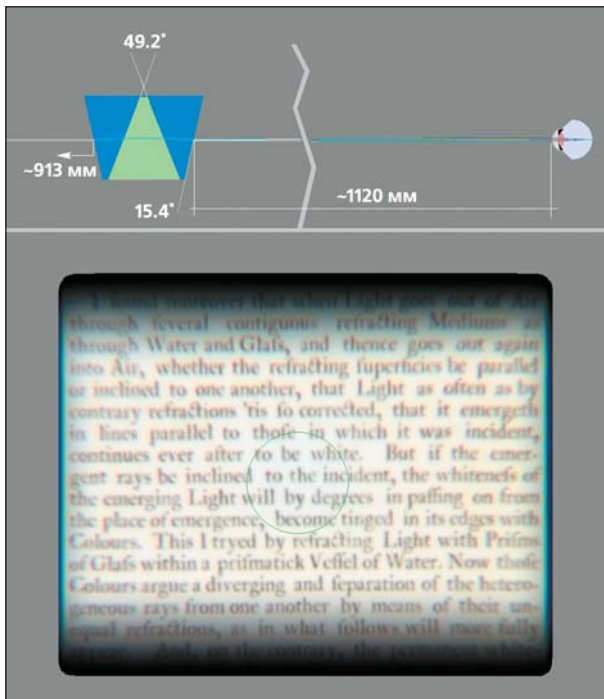


Рис.7. Изображение страницы текста с описанием эксперимента №8 из книги Ньютона «Opticks» через систему, изображенную сверху. Стеклопризма сделана из кроны, близкого по оптическим параметрам к венецианскому стеклу. Буквы вне зеленой окружности слегка окрашены из-за ненулевого угла преломления.

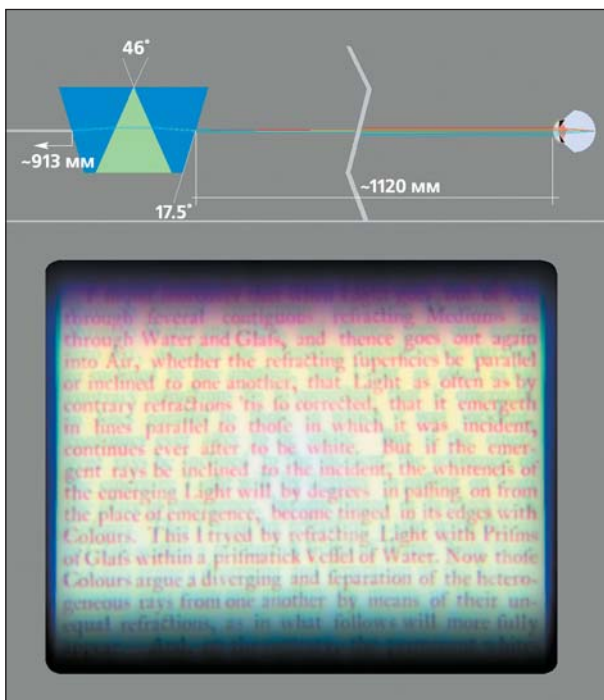


Рис.8. Изображение той же страницы, только стеклопризма сделана из флинта, наиболее подходящего к описанию первого эксперимента Дж.Доллонда.

лонд при нулевом угле преломления водо-стеклянной призмы, если стеклянная призма была изготовлена из флинта. При моделировании использовалось стекло, наиболее подходящее под описание первого эксперимента, оптические параметры (показатель преломления и число Аббе\*) которого были взяты из работы [5].

**Второй эксперимент** был проведен в аналогичной первой геометрии, но вершинный угол у стеклянной призмы был значительно уменьшен, и использовалось стекло другого сорта. Дж.Доллонд воспользовался в этом эксперименте листовым стеклом. Под этой маркой тогда подразумевали стекло, которое по оптическим параметрам лежало между кронами (легким стеклом) и флинтами (тяжелым стеклом), но ближе к последним. При его производстве также использовался оксид свинца — как и при изготовлении флинтгов, но в меньшем количестве. Поэтому листовое стекло всегда обладало меньшим показателем преломления и меньшей дисперсией, чем флинты.

Как и в первом эксперименте, исследователь увидел, что прошедший без преломления свет разлагается водо-стеклянной призмой в спектр из-за избыточной дисперсии в стекле. В этом эксперименте он предпринял попытку установить количественные условия для построения ахроматического объектива из двух стеклянных линз и водой между ними. Чтобы исключить влияние больших углов преломления на точность определения отношения дисперсий у воды и стекла, а значит и нахождения условия ахроматического (без дисперсного) преломления, он выбрал малые углы у призм.

Вот как описывает Доллонд результат в работе [4]: «Объектив был склеен из двух сферических стекол с водой между ними. Я нашел эти стекла удовлетворительными. Как ожидалось, свободным от дисперсии, при наличии преломляющей силы, которая приводила лучи в фокус, при тех же условиях и тех же пропорциях углов, что и при эксперименте с призмами. Однако изображение, сформированное в фокусе этого объектива, было еще очень далеко от того, чтобы быть приемлемым,... нетрудно было понять, что причина в радиусах сферических поверхностей стекол. Они требовались столь короткие для получения углов преломлений, требуемых пропорций, что производили aberrации столь большие, если не больше, чем те, что от различной преломляемости света».

Несмотря на то что в результате экспериментов работающий образец ахроматического водо-стеклянного объектива получить не удалось, они показали принципиальную возможность существования такого объектива.

\* Число Аббе  $v_d$ , характеризует зависимость показателя преломления прозрачной среды от длины волны, или величину дисперсии, и равно отношению  $(n_d - 1)/(n_F - n_C)$ . Здесь  $n$  — показатель преломления, а индексом указана длина волны:  $d$  — 0.5876 мкм,  $F$  — 0.4861 мкм,  $C$  — 0.6563 мкм.

**Третий эксперимент** проводился только со стеклянными призмами из разного сорта стекла. Сначала была проведена селекция стекол по величине дисперсии. Доллонд искал пару стекол, у которой была бы максимальная разница дисперсий.

О поисках подходящих стекол в статье [4] говорится следующее: «Я открыл различия в преломляющих свойствах различных сортов стекол в отношении к их дисперсиям цветов далеко за пределами моих ожиданий. Желтое или соломенного цвета, так называемое венецианское стекло, и английский крон были очень близки в этом отношении, хотя скорее крон, казалось, обладал меньшей дисперсией из двух. Обычное листовое стекло, изготавливаемое в Англии, имело дисперсию больше, а флинт (английское стекло или белый кристалл), имел наибольшую из всех. У меня не было цели проэкзаменовать свойства каждого типа стекла... но выбрать такие два сорта стекла, у которых разность дисперсий была наибольшей. Я нашел, что это были крон и флинт или кристалл».

К этому моменту Доллонд уже понимал причину неудачи с водо-стеклянным объективом. Она объяснялась большим различием показателей преломления у стекла и воды, 1,560 и 1,334 соответственно. Как следствие, требовались относительно малые радиусы кривизны у поверхностей линз, примыкающих к воде, что приводило к росту геометрических aberrаций, в первую очередь сферической. Поэтому для получения хорошего

ахроматического объектива с уменьшенными aberrациями требовалась минимальная разница по показателям преломления у двух сред, при этом разность дисперсий (или чисел Аббе) у них должна была быть максимально возможной.

При проведении опытов со стеклянными призмами экспериментатор, скорее всего, сменил методику наблюдения. Прямые визуальные наблюдения предмета через призмы не позволяли добиться требуемой точности измерения отношения дисперсий двух стекол. Вероятно, использовался ньютоновский метод наблюдения, описанный тем в книге [6]: в темную комнату через небольшое отверстие (~10 мм) в непрозрачной шторе заводился свет от Солнца, затем он отражался плоским зеркалом в горизонтальном направлении на призмы, перед которыми стояла диафрагма около 0,2–0,3 мм. Получалась камера-обскура с изучаемым диспергирующим элементом на входе. Так можно было наблюдать изображение Солнца на экране, отнесенном на большее расстояние, чем при прямых визуальных наблюдениях предметов через призмы, и тем самым повысить точность измерения углов и, следовательно, точнее найти условие ахроматичности для выбранной пары стекол.

На рис.9 показана описанная выше возможная схема наблюдения с двумя стеклянными призмами из флинта и крона, оптические параметры которых взяты из статьи [5]. Для призмы из флинта с вершинным углом  $25.3^\circ$  требуется кроновая призма

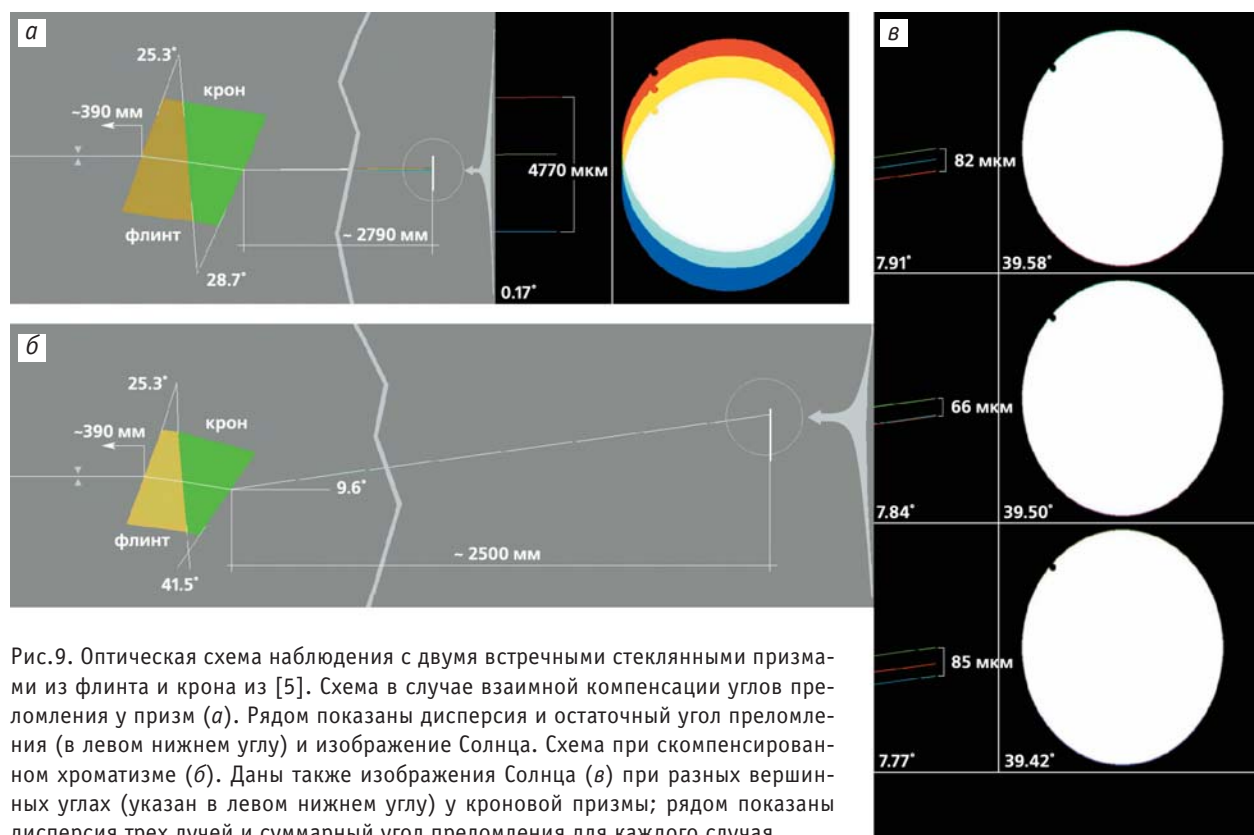


Рис.9. Оптическая схема наблюдения с двумя встречными стеклянными призмами из флинта и крона из [5]. Схема в случае взаимной компенсации углов преломления у призм (а). Рядом показаны дисперсия и остаточный угол преломления (в левом нижнем углу) и изображение Солнца. Схема при скомпенсированном хроматизме (б). Даны также изображения Солнца (в) при разных вершинных углах (указан в левом нижнем углу) у кроновой призмы; рядом показаны дисперсия трех лучей и суммарный угол преломления для каждого случая.

ма с вершинным углом  $28.7^\circ$ , чтобы скомпенсировать преломление. Края у изображения Солнца в этом случае сильно окрашены (рис.9,а). Для компенсации хроматизма необходимо изменить вершинный угол у кроновой призмы до  $41.5 \pm 0.1^\circ$ , при этом суммарный угол преломления обеих призм оказывается  $\approx 9.6^\circ$  (рис.9,в).

Предоставим слово самому Доллонду [4]: «Я изготовил клин из белого флинта примерно  $25^\circ$ , а другой из кроны примерно  $29^\circ$ , который преломлял практически одинаково [с клином из флинта], но их дисперсии были очень разные. Затем я изготовил несколько других кроновых клиньев с различными углами, пока я не получил такой, который был равным в отношении дисперсии света с клином из флинта. Так что, когда они ставились вместе таким образом, чтобы преломлять свет в противоположных направлениях, преломленный свет был полностью свободен от цвета. Затем, измерив углы преломления каждого клина, я нашел, что белое стекло [флинт] было к крону примерно как 2 к 3».

В приведенном примере моделирования, когда суммарное преломление было без дисперсии, отношение углов преломления призм из флинта и кроны получилось 0.651, т.е. «...примерно как 2 к 3» (или 0.667). Таким образом, моделирование призмных экспериментов Доллонда в целом показало, что старые стекла в объективах XVIII в., описанные в работе [5], соответствуют результатам измерений из отчета Доллонда [4]. Замеченные расхождения носят незначительный характер и могут быть объяснены при разумных предположениях о методах наблюдения и возможных точностях измерений, с последующим округлением результатов при написании отчета.

Теперь мы способны сформулировать условия для выбора ахроматических пар из современных стекол, наиболее близких по оптическим параме-

**Таблица**

**Возможные пары современных стекол крон-флинт для изготовления объектива**

Крон (производитель)	$n_d$	$v_d$	Флинт (производитель)	$n_d$	$v_d$
S-NSL5(Ohara)	1.5225	59.8	S-TIL25(Ohara)	1.5814	40.7
N-K5(Schott)		59.5	N-LF5(Schott)		40.8
S-BSL7(Ohara)	1.5163	64.1	S-TIL27(Ohara)	1.5750	41.5
N-BK7(Schott)	1.5168	64.2			
K18(ГОСТ)	1.5192	60.3	LF5(ГОСТ)	1.5750	41.3
K19(ГОСТ)	1.5188	61.6	LF7(ГОСТ)	1.5784	41.1

трам к стеклам, которыми мог пользоваться Дж.Доллонд в своих экспериментах, а сама фирма — в процессе производства первых ахроматических рефракторов. Следует брать:

— крон (обычный *K* или боросиликатный *BK*; фосфатный *PK* допустим, но нежелателен) с показателем преломления  $n_d \sim 1.52-1.53$  и числом Аббе  $v_d \sim 66-58$ ;

— флинт (желательно классический с оксидом свинца *LLF* или *LF*; баритовый *BAF* допустим, но нежелателен) с показателем преломления  $n_d \sim 1.57-1.59$  и числом Аббе  $v_d \sim 46-40$ .

Три варианта выбора приведены в таблице.

\* \* \*

Итак, теперь мы имеем полную информацию для воссоздания телескопа, с которым проводил свои наблюдения Ломоносов во время транзита Венеры в 1761 г., но который был утрачен во время Великой Отечественной войны.

Аналог телескопа Ломоносова, который мы начали собирать, будет использоваться при наблюдениях Солнца, и конечно же, мы его оставим потомкам для наблюдений будущего транзита Венеры по диску Солнца в 2117 г. Когда этот эксперимент будет проведен не на просто похожем старинном приборе, а на близкой копии ломоносовского телескопа, тогда, надеемся, в вопросе о приоритете Ломоносова на открытие атмосферы Венеры будет поставлена окончательная точка. ■

## Литература

1. Ломоносов М.В. Явление Венеры на Солнце, наблюденное в Санкт-Петербургской Императорской Академии Наук мая 26 дня 1761 года. СПб., 1761.
2. Navarro R., Santamaria J., Bescos J. Accommodation-dependent model of the human eye with aspherics // J. Opt. Soc. Am. A. 1985. V.2. №8. P.1273—1281.
3. Немиро А.А. Астрономический музей Пулковской обсерватории // 100 лет Пулковской обсерватории. Пулково, 1939, публ. 1945. С.269—271.
4. Dollond J. An account of some experiments concerning the different refrangibility of light // Phil. Trans. 1758. V.50. P.733—743.
5. Willach R. New light on the invention of the achromatic telescope objective // Notes and Records of the Royal Society of London. 1996. V.50. №2. P.195—210.
6. Newton I. Opticks. London, 1704. Book I. Part II. Prop.III. Experiment VIII. P.94.
7. Dollond P. Some account of the discovery, made by the late John Dollond, F.R.S. which led to the grand Improvement of refracting telescopes & etc. // Kelly J. The Life of John Dollond, F.R.S. inventor of the achromatic telescope. London, 1808. P.61—77.

# Эволюционные метаморфозы туникат

О.М.Иванова-Казас



Здесь и далее фото  
А.А.Семенова

Как известно, в мифологии содержится очень много чудесных превращений — метаморфозов. Например, Афина-Паллада — древнегреческая богиня мудрости и женских рукоделий — однажды была оскорблена дерзостью молодой ткачихи Арахны, которая осмелилась вызвать ее на соревнование. После этого Арахна соткала холст, на котором были изображены любовные похождения богов и некоторые их неблагоприятные поступки. Что выткала сама Афина, неизвестно, но она была так разгневана, что превратила Арахну в паука, который теперь может ткать только паутину. А зоологи стали употреблять термин «метаморфоз» в тех случаях, когда в индивидуальном развитии животных происходят особенно сильные изменения — например, при превращении червеобразной гусеницы в крылатую бабочку. Но еще более значительные метаморфозы произошли в эволюции низших Хордовых\* животных — в подтипе Оболочников (Tunicata).

Проблема происхождения и ранней эволюции типа Хордовых начала обсуждаться еще в середине XIX в., причем высказывались подчас совершенно фантастические гипотезы. Разные авторы выводили Хордовых от Немертин, Головоногих моллюсков, Кольчатых червей, Членистоногих, Полухордовых и др.\*\* Заслуживают внимания гипотезы, выводящие тип Хордовых от похожих на головастиков личи-

\* По просьбе автора русские названия групп животных приводятся с прописной буквы, а не со строчной, как это принято в настоящее время. — *Примеч. ред.*

\*\* До сих пор проблемы происхождения и ранней эволюции животных (в том числе хордовых) вызывают жаркие дискуссии у специалистов — классических зоологов и молекулярных генетиков. Подробнее см.: Малахов В.В. Революция в зоологии: новая система билатерий // Природа. 2009. №3. С.40—54. — *Примеч. ред.*



**Ольга Михайловна Иванова-Казас**, доктор биологических наук, лауреат премии имени А.О.Ковалевского АН СССР (1958), премии за лучшую публикацию в журналах, издаваемых Международной академической издательской компанией «Наука/Интерпериодика», и медали А.О.Ковалевского Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей (2001). Основные научные интересы связаны со сравнительной и эволюционной эмбриологией беспозвоночных животных. Автор нашего журнала с 1936 г..

нок Асцидий путем неотении. Рассмотрим происхождение самой этой личинки.

Асцидий долгое время причисляли к Моллюскам и только после эмбриологических исследований А.О.Ковалевского [1], который изучил строение личинок Асцидий, была установлена их принадлежность к типу Хордовых. Но В.Гарстанг полагал, что «головастик» Асцидий образовался в результате модификации диплеврулы — ранней стадии билатерально-симметричной личинки, присущей Иглокожим и Полухордовым [2]. Но это была чисто умозрительная гипотеза, не подкрепленная никакими фактами [3].

По мнению Н.Дж.Берилла, сначала у Асцидий такой личинки не было [4]. Она возникла внезапно в результате своеобразной мутации, из-за которой клетки дорсальной части энтодермы сильно разбухли, вакуолизировались, расположились одним рядом и превратились в хорду. Хорда стала выпячивать эктодерму, так что образовался хвост, в который были втянуты мышечные элементы и нервная трубка. Но такой сложный орган не мог возникнуть в результате одной-единственной мутации и сразу начать выполнять свою важную биологическую функцию. В настоящее время можно считать общепризнанным, что Асцидии произошли от свободноплавающих Хордовых, но подверглись деградации из-за сидячего образа жизни [3, 5], а самым примитивным среди ныне живущих Хордовых, по-видимому, является Ланцетник — представитель подтипа Бесчерепных, или Головохордовых (Acrania s. Cephalochordata).

Тело Ланцетника имеет удлинённую сплюснутую с боков форму (рис. 1,а). По оси его тела проходит упругая хорда, над ней — нервная трубка, а по бокам от нее располагаются продольные мышцы, благодаря сокращениям которых тело изгибается из стороны в сторону. Под хордой лежит кишечник с ротовым отверстием на переднем конце и анальным близ заднего конца. Передняя часть кишки (глотка) расширена, в ее стенках имеются жаберные щели, ведущие в окожаберную (перибранхиальную) полость, которая открывается наружу отверстием на брюшной стороне тела. Ланцетник питается, профильтровывая воду через жаберный аппарат. Во время эмбрионального развития у Ланцетника образуется три пары целомических полостей (прото-, мезо- и метациели); позднее в результате поперечного деления метациелей образуется еще много так называемых постларвальных сегментов.

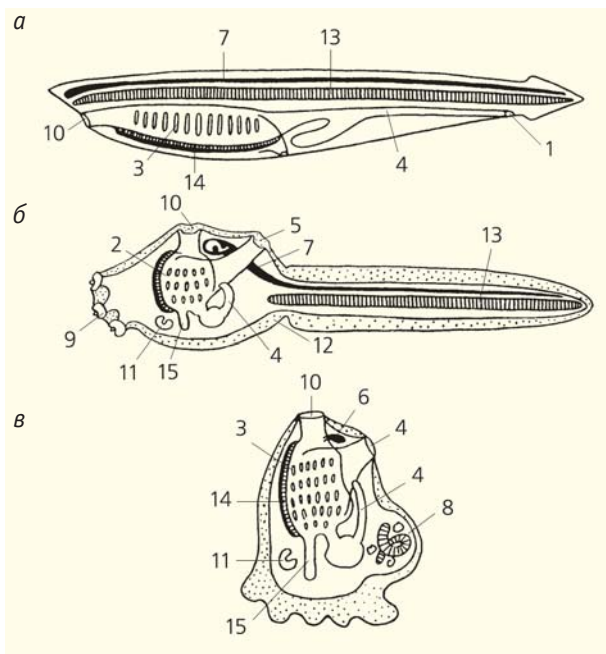


Рис.1. Схемы строения Ланцетника (а) и Асцидии — на стадии личинки (б) и в конце метаморфоза (в). 1 — анус, 2 — глотка, 3 — жаберная щель, 4 — кишка, 5 — клоакальный сифон, 6 — нервный ганглий, 7 — нервная трубка, 8 — остатки хорды, 9 — прикрепительные сосочки, 10 — ротовой сифон, 11 — сердце, 12 — туника, 13 — хорда, 14 — эндостиль, 15 — эпикард. Мускулатура не изображена.

### Асцидии

От животных, близких к ланцетнику, произошел класс Ascidiacea, входящий в подтип Tunicata, который назван так потому, что кожный эпителий этих животных выделяет на своей поверхности студенистый или более плотный слой — тунику, которая выполняет защитную и опорную функцию и позволяет нежным животным сохранять свою форму. В тунику часто внедряются цилиндрические или разветвленные выпячивания стенки тела (сосуды туники) и проникают мезенхимные клетки. Возникновение туники потребовалось и стало возможным после перехода к седентарности, а при плавании она была бы только помехой. А новое название подтипа Urochordata нельзя признать удачным, так как у Сальп и Пиромид нет ни хвоста, ни хорды.

Тело Асцидий имеет мешкообразную форму, ротовой и клоакальный сифоны занимают на нем апикальное положение (см. рис.1,в). Хорды и нервная трубка у взрослых асцидий нет, имеется только нервный ганглий, расположенный подле ротового сифона. Кишечник петлеобразно изогнут, его задний конец открывается в перибранхиальную полость, которая играет роль клоаки (в нее впадают и протоки половых желез). В первичной полости тела находится пульсирующий пузырек

(сердце), который считается дериватом протоцелля; мезоцелям соответствуют эпикарды (одно или два выпячивания стенки глотки), играющие важную роль при некоторых формах бесполого размножения, а метацелей у взрослых асцидий нет. А так как при сидячем образе жизни встреча особей противоположного пола затруднена, Асцидии стали гермафродитами, и у многих из них возникло бесполое размножение и колониальность. Эмбриональное развитие Асцидий имеет «установку» [6] на стадию личинки, почему удобнее сначала рассмотреть строение этой стадии.

Выходящая из яйцевых оболочек ювенильная стадия приобрела у Асцидий статус личинки, выполняющей две важные функции — расселения и выбора подходящего места для прикрепления. В ее организации сохраняются все основные черты плана строения Хордовых, но в то же время появились признаки, связанные с ее функцией и подготавливающие предстоящий метаморфоз. Тело личинки разделено на два отдела — на переднее расширенное туловище, в котором сосредоточены зачатки дефинитивных органов, и узкий хвост, выполняющий локомоторную функцию (см. рис.1,б). В хвосте содержатся хорда и нервная трубка, передний конец которой, находящийся в туловище, расширяется и содержит органы чувств, которых еще не было у Ланцетника, — глаз и статолит (по-видимому, это исключительно личиночные органы). А по бокам от хорды располагаются две мышечные ленты, состоящие из многих крупных клеток. В области хвоста туника образует спинной и брюшной плавники. На переднем конце личинки находятся органы прикрепления — три чувствительных сосочка или присоски. Из-за них ротовой сифон сдвинут на спинную сторону, соответствующим образом повернут и весь комплекс внутренних зачатков. Эти зачатки у личинок разных видов достигают разного уровня развития, часто, но не всегда уже имеются жаберные щели. Перибранхиальная полость развивается из двух впячиваний эктодермы, которые объединяются на спинной стороне и образуют клоаку, открывающуюся наружу сифоном. Часто у личинок уже имеется сердце и эпикард, а стенки метацелей превратились, по-видимому, в мускулатуру хвоста.

Особенно продвинутыми в своем развитии бывают некоторые живородящие колониальные Асцидии, личинки которых нередко уже приступают к бесполому размножению (рис.2,а), но сами они еще не питаются, их сифоны остаются закупоренными туникой. Активно плавают они очень недолго — всего один-два дня или несколько часов, после чего прикрепляются к субстрату и претерпевают метаморфоз, в ходе которого хвост втягивается, а содержащиеся в нем органы подвергаются гистолизу.

Ранние стадии эмбрионального развития у Асцидий характеризуются строгой детерминацией.



Колониальная асцидия *Nephtheis fascicularis*. Большой барьерный риф.

Кроме того, эмбриональное развитие сильно ускорено, количество митотических циклов, предшествующих гаструляции, сокращено. У Ланцетника гаструляция начинается, когда зародыш состоит приблизительно из 1000 клеток, а у Асцидий — на стадии 128 бластомеров, т.е. на три-четыре митотических цикла раньше. В зачатках хорды и мышц деление клеток рано прекращается. Количество клеток в мышечных лентах у разных видов довольно сильно варьирует, у *Dendrodoa grossularia* оно сократилось до 80, а хорда у всех личинок состоит из 40 клеток.

После прикрепления личинки находящиеся на ее переднем конце сосочки распластываются по субстрату, оба ее сифона занимают апикальное положение, а весь комплекс зачатков definitive органов тоже поворачивается приблизительно на 45°. Таким образом, ха-

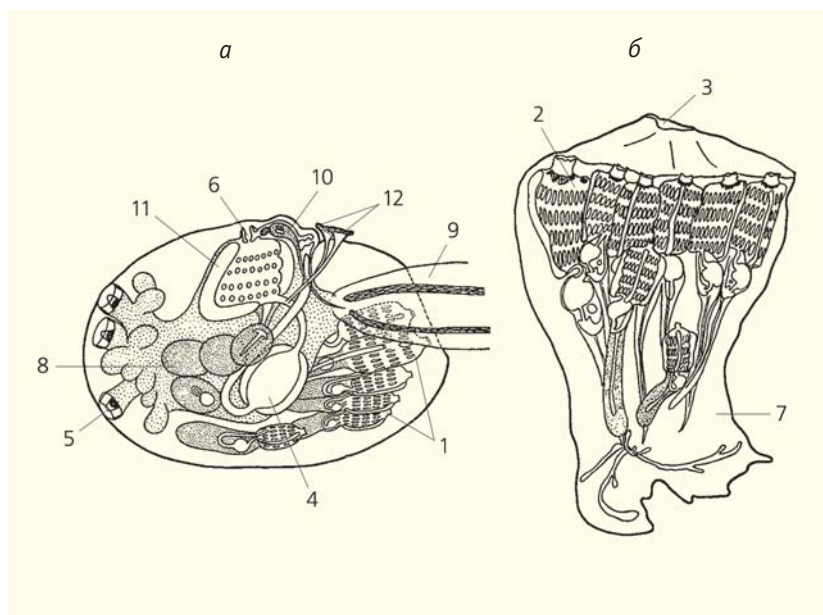
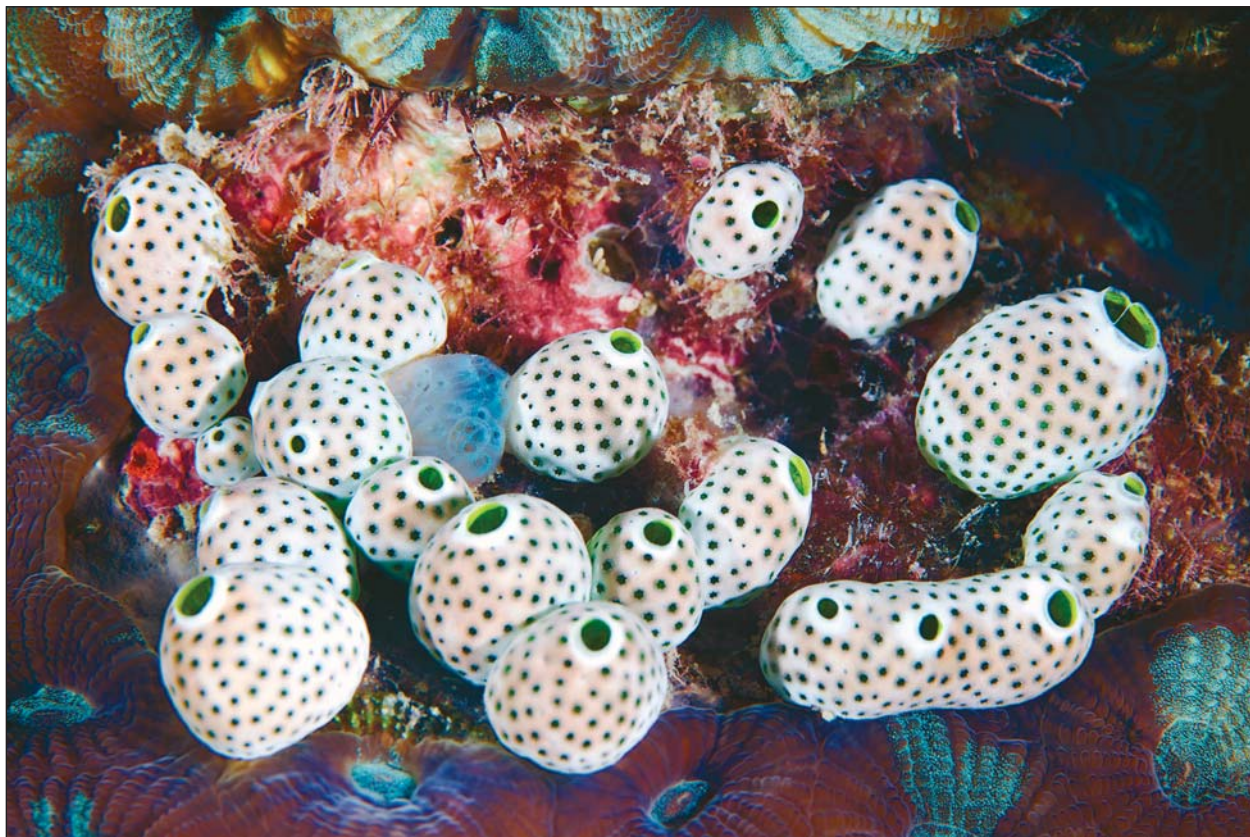


Рис.2. Асцидия *Hypsistozoa fasmeriana*: а — личинка; б — молодая колония [7]. 1 — бластозооиды, 2 — оозоид, 3 — общее клоакальное отверстие, 4 — кишечник оозоида, 5 — прикрепительные сосочки, 6 — ротовой сифон, 7 — стебелек, 8 — фрагменты, отделяющиеся от столона, 9 — хвост, 10 — чувствительный пузырек, 11 — эндостиль, 12 — энтодермальные трубки (часть плаценты).





Колониальная асцидия *Didemnum molle*. Большой барьерный риф.

рактерная для типичных Хордовых передне-задняя ось сменяется у Асцидий новой апико-базальной осью.

Но эволюция жизненного цикла у Асцидий на этом не заканчивается. После метаморфоза у них появляется высокая регулятивная способность, что создает благоприятную почву для возникновения бесполого размножения, которое представлено у них пятью различными формами. Особенно сложную форму приобрело столонияльное почкование. Столон — это цилиндрическое выпячивание кожного эпителия на брюшной стороне тела, в которое входит эпикард, а иногда также отростки от других внутренних органов. От наружного конца столона отделяются фрагменты, из которых развиваются новые индивиды. При этом часто возникают сложные жизненные циклы с чередованием нескольких поколений. Особей, осуществляющих половое размножение, называют гонозооидами, развившихся из яиц — оозооидами, а развившихся в результате бесполого размножения — бластозооидами. У большинства колониальных Асцидий все зоиды способны размножаться и половым, и бесполом путем, но существуют и более сложные циклы. Вообще же эволюция жизненных циклов у Туникат представляет интересную главу сравнительной эмбриологии.

Иногда почкование начинается еще у личинки. В этом отношении особенно интересна личинка *Hypsistozoa fasmeriana*. У этой Асцидии наблюдается плацентарное живорождение, яйца лишены желтка и имеют в диаметре всего 25 мкм, эмбриональное развитие продолжается больше пяти месяцев, а зрелая личинка (вместе с хвостом) вырастает в длину до ~7 мм. От брюшной стороны тела этой личинки отходит пролиферирующий столон, который остается лежать в толще туники и подразделяется перетяжками на несколько фрагментов. Таким образом, уже на стадии личинки различается оозоид и несколько бластозоидов, находящихся на разных стадиях развития (рис.2,а), а после прикрепления к субстрату сразу получается небольшая колония (рис.2,б) [7].

Нам пришлось уделить так много внимания Асцидиям потому, что они занимают место у самого корня филогенетического дерева Туникат. Хотя это группа, бесспорно, процветающая, но у них, как и у других прикрепленных животных, способность к дальнейшей прогрессивной эволюции (т.е. к ароморфозам, по терминологии А.Н. Северцова [8]) утрачена. Но благодаря высокой регулятивной способности от них (путем идиоадаптаций) произошли остальные классы Оболочников, которые вторично вернулись к свободно-плавающему образу жизни.

## Аппендикулярии

Аппендикулярии (класс Appendicularia) — это очень маленькие животные, которые живут недолго и почти не растут. По своему строению они очень похожи на личинок Асцидий. Тело их тоже делится на объемистый туловищный отдел (цефалантерон) и хвост, основание которого сдвинуто на брюшную сторону, причем продольные оси туловища и хвоста образуют приблизительно прямой угол (рис.3,а). Строение внутренних органов, по сравнению с таковым у Асцидий, заметно упрощено. Ротовое отверстие находится у Аппендикулярий на переднем конце тела, перибранхиальная полость и клоакальный сифон отсутствуют, а задняя кишка открывается наружу на брюшной стороне. Жаберным щелям у Аппендикулярий соответствуют две боковые жаберные трубки, которыми глотка открывается наружу. Нервная система состоит из церебрального ганглия, содержащего статолит, и нервного тяжа, который тянется по спинной стороне через туловище и хвост. У основания хвоста находится еще одно скопление нервных клеток. Почти все Аппендикулярии гермафродиты, половые железы располагаются в задней части туловища. Хвост имеет такое же строение, как у Асцидий, но лишен хвостового плавника.

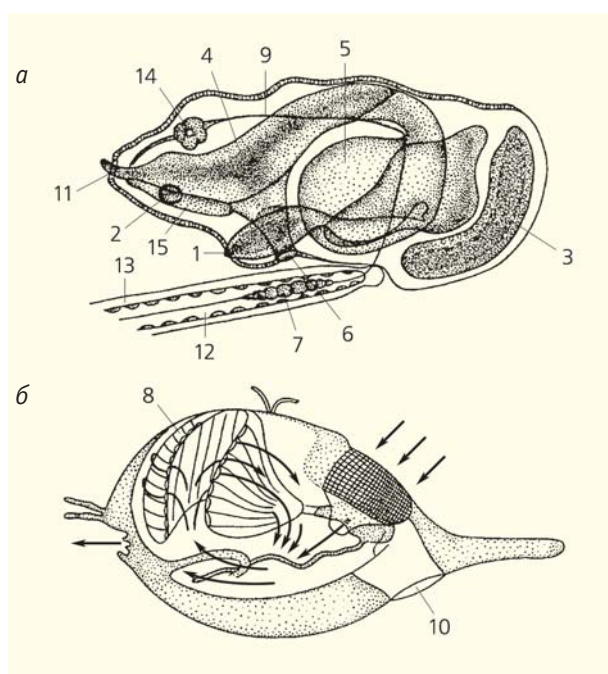


Рис.3. Строение Аппендикулярии *Oikopleura dioica* (а) и ее домика (б) [15]. 1 — анус, 2 — буккальная железа, 3 — гонады, 4 — глотка, 5 — желудок, 6 — жаберная трубка, 7 — каудальный ганглий, 8 — ловчая сеть, 9 — нервный тяж, 10 — отверстие, через которое животное покидает домик, 11 — ротовое отверстие, 12 — хорда, 13 — хвост, 14 — церебральный ганглий, 15 — эндостиль. Черными стрелками показано направление тока воды.

Самая своеобразная особенность этих животных заключается в строении туники. Последняя выделяется только в туловищном отделе, она отслаивается и образует просторный домик овальной формы. Само животное помещается у одного конца этого домика (переднего при плавании), но повернуто своим передним концом к противоположному концу домика (рис.3,б). В передней стенке домика находятся два решетчатых отверстия, через которые вода входит в его полость, а на противоположном (заднем) его конце имеется отверстие, через которое вода выходит. Ток воды, создаваемый колебаниями хвоста и проходящий сквозь домик, приводит к реактивному движению домика вместе с содержащимся в нем животным. А с передним концом самой Аппендикулярии связана сложная сеть, состоящая из нитевидных тяжей туники. Сквозь эту сеть проходит циркулирующая в домике вода (направление ее движения показано стрелками на рис.3,б), а содержащиеся в ней пищевые частицы отфильтровываются. Этот домик вместе с фильтрующей сетью периодически сбрасывается, после чего вся эта конструкция формируется заново.

Еще в середине XX в. некоторые авторы считали Аппендикулярий самыми примитивными Туникатами [9], но более вероятно, что аппендикулярии произошли путем неотении от личинок Асцидий. В последнее время стали считать Аппендикулярий примитивными и молекулярные филогенетики. Однако этой идее противоречат наличие у них признаков высокой специализации. Во-первых, разделение тела на туловище и хвост (причины которого совершенно ясны, когда речь идет о личинках Асцидий), но у Аппендикулярий оно не могло возникнуть внезапно. Во-вторых, невозможно поверить, что туника появилась у Туникат в такой сложной форме (домик и ловчая сеть), а потом превратилась в простой слой, более или менее равномерно покрывающий все тело. В-третьих, гермафродитизм редко встречается у свободно передвигающихся животных и часто возникает у прикрепленных, поэтому естественно предположить, что Аппендикулярии унаследовали его от Асцидий. И наконец, как уже отмечалось, в развитии Асцидий наблюдается тенденция к раннему началу гаструляции и раннему прекращению деления клеток в личиночных органах, которые тоже состоят из небольшого и постоянного для каждого вида количества клеток. Это еще резче выражено у Аппендикулярий: гаструляция происходит у них на стадии 32 бластомеров, хорда состоит только из 20 клеток, а мышечные ленты — из 10 крупных клеток каждая. При такой далеко зашедшей малоклеточности возврат к нормальному размножению клеток становится невозможным. Из этого следует, что Аппендикулярии могли произойти только от личинок Асцидий, достигших преждевременной зрелости, из развития которых выпали стадии прикрепления и метаморфоза.

### Боченочники

Гораздо более значительные изменения жизненного цикла произошли у Боченочников (класс Doliolida); тело этих животных имеет форму бочонка, у которого на месте доньшек находятся ротовой и клоакальный сифоны, и который перепоясан лентами кольцевых мышц, похожими на обручи, соединяющие доски у бочек. Протекание воды через тело этих животных обеспечивается сокращениями кольцевых мышц (рис.4,а). Но Долиолиды характеризуются еще и очень сложным жизненным циклом, в котором фигурируют зооиды нескольких типов, различающиеся по структуре и функции и потому носящие разные специальные названия. Знакомство с ними стоит начать *ab ovo* (от яйца), т.е. с рассмотрения оозооида, развивающегося из оплодотворенного яйца.

Ранние стадии эмбрионального развития изучены у них не так обстоятельно, как у Асцидий, но известно, что в результате гастрюляции обособляются энтодерма, хорда, мезодерма и нервная трубка. К концу эмбрионального развития тело зародыша приобретает сходство с личинкой Асцидий (см. рис.4,а). В суженном хвостовом отделе содержится хорда, состоящая, как у Асцидий, из 40 клеток, а по бокам от нее лежат мышечные

ленты, образованные каждая тремя рядами крупных клеток, уже содержащих миофибриллы, а нервная трубка в хвост не заходит (см. рис.5,б). Еще оставаясь в яйцевой оболочке, зародыш начинает плавать, потом хвост разрушается, а из переднего расширенного отдела тела развивается оозоид, который вскоре приступает к почкованию. Личинка стала Долиолидам ненужной, после того, как и взрослые особи «научились» плавать.

Оозоид Долиолид становится родоначальником небольшой колонии, поэтому его называют кормилкой (это производное от латинского слова *cormus* — стебель, куст). Все пространство внутри этого бочонка занято обширными глоткой (жаберной полостью) и клоакой, которые разделены кривой перегородкой. В этой перегородке имеется четыре пары жаберных щелей. От глотки начинается пищевод, а задний конец кишечной трубки открывается в клоаку. Дорсальнее глотки расположен нервный ганглий, от которого во все стороны расходятся нервы (но настоящей нервной трубки нет). Один из этих нервов связан с органом равновесия (статоцистом), лежащим слева от глотки. Благодаря сокращениям кольцевых мышц оозоид всасывает воду ротовым сифоном и выталкивает ее через клоакальный сифон; это обеспечивает реактивное плавание ротовым сифоном

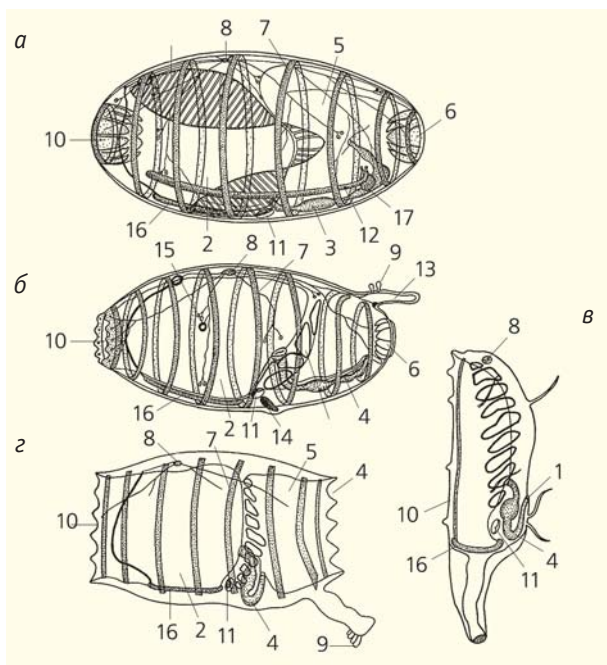


Рис.4. Типы зооидов в жизненном цикле Doliolum: гонозоид (а), оозоид (б), гастрозоид (в), форозоид (z) [16, 17]. 1 — анальное отверстие, 2 — глотка, 3 — желудок, 4 — кишечник, 5 — клоака, 6 — клоакальный сифон, 7 — мышечные ленты, 8 — нервный ганглий, 9 — почки, 10 — ротовой сифон, 11 — сердце, 12 — семенник, 13 — спинной отросток, 14 — стolon, 15 — статоцист, 16 — эндостиль, 17 — личинка.

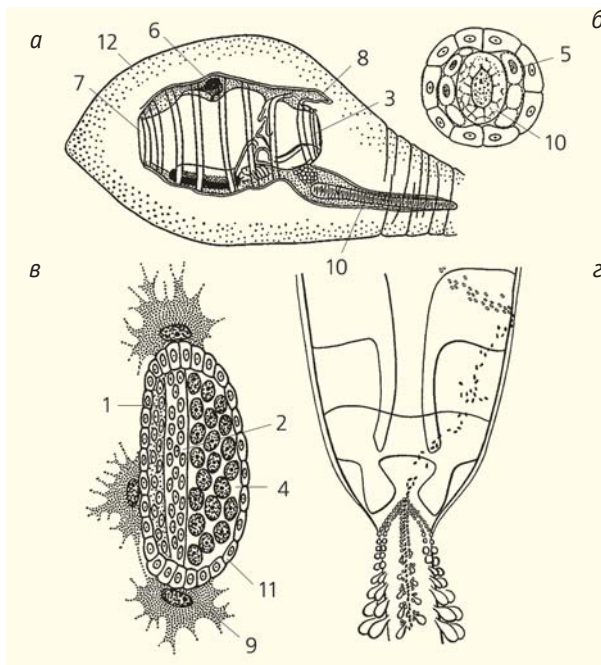


Рис.5. Некоторые стадии развития Doliolum: поздний зародыш (а), поперечный разрез хвоста (б), блуждающая почка (в), задний конец оозооида с blastozooidами на спинном отростке (z) [14, 16, 17]. 1 — глоточный тяж, 2 — клоакальный тяж, 3 — клоакальный сифон, 4 — мезодермальный тяж, 5 — мышечные клетки, 6 — нервный ганглий, 7 — ротовой сифон, 8 — спинной отросток, 9 — фороциты, 10 — хорда, 11 — эктодерма, 12 — яйцевая оболочка.

вперед. Половых желез у оозооида нет, но на брюшной стороне находится пролиферирующий столон, от которого отделяются почки. А на спинной стороне над клоакальным сифоном кожный эпителий образует спинной отросток, тоже имеющий отношение к бесполому размножению.

В состав пролиферирующего столона Долиолид входят плотные клеточные тяжи, отходящие от эпикарда, глотки и перибранхиальных полостей; большое количество мезодермальных клеток и даже клетки полового зачатка, отделяющиеся от столона; небольшие фрагменты свободно лежат в тунике. К каждой почке присоединяется несколько очень крупных амебоидных клеток (фороцитов), которые перетаскивают почки и усаживают их на спинной отросток (см. рис.5,в). У каждой почки образуется некое подобие ножки, прирастающей к спинному отростку, и возникает нечто похожее на эпителиальную плаценту. Установление плацентарной связи между почкой и породившим ее зооидом — явление очень редкое, но встречающееся у некоторых Асцидий.

Почки располагаются на спинном отростке тремя рядами: медианным и двумя боковыми. Из боковых почек развиваются так называемые гастрозооиды (см. рис.4,в). Они имеют упрощенное строение: очень широкий ротовой сифон и обширную глотку, причем жаберные щели открываются прямо наружу, так как перибранхиальной полости и клоаки у них нет. Но пищеварительная система у гастрозооидов хорошо развита. Сначала они получают питательные вещества через «плаценту» от оозооида, а потом начинают питаться самостоятельно, а оозооид переходит на их иждивение. Но гастрозооиды не способны ни к половому, и ни к бесполому размножению.

Из медианных почек развиваются форозооиды (см. рис.4,г). Они имеют бочонковидную форму и первое время остаются прикрепленными к спинному отростку. Форозооиды тоже бесплодны. Почки, отделившиеся от пролиферирующего столона оозооида позднее, прикрепляются уже не к спинному отростку, а к ножкам форозооидов, от которых получают питательные материалы. В этом случае тоже устанавливается плацентарная связь. Зрелые форозооиды отделяются от спинного отростка и начинают плавать и питаться самостоятельно. Из почек, которые они носят на своей ножке, образуются протогонозооиды, которые остаются слабо развитыми, но почкуются и дают начало новому поколению бластозооидов — гонозооидам (см. рис.4,а). Последние хорошо развиты, имеют около 200 жаберных щелей и половые железы; от них половым путем и происходят оозоиды. *Doliolum* с бластозооидами на спинном отростке — это, в сущности, полиморфная колония. Сложный жизненный цикл Долиолид изображен в виде схемы на рисунке 6. Как могли возникнуть такие удивительные существа, как Долиолиды? Их происхождение от Асцидий не вызывает сомнений хотя бы уже

и потому, что у них имеется эмбрионизированная хвостатая личинка. Конечно, маловероятно, что какая-то взрослая асцидия «вздумала» открепиться от субстрата и начала плавать. По всей вероятности, возникновение класса Doliolida началось с того, что личинка какой-то асцидии перестала прикрепляться, а развитие дефинитивных органов, в отличие от того, что произошло у Апендикулярий, продолжалось. Это существо приобрело способность самостоятельно питаться и начало расти, при этом хвост оставался по-прежнему маленьким, так как клетки составляющих его органов утратили способность делиться; он уже не мог обеспечить плавание, и предполагаемый предок Долиолид стал передвигаться, с силой выталкивая воду из клоакального сифона. Усовершенствование такого способа передвижения привело к тому, что оба сифона расположились на противоположных концах тела, а превратившийся в бесполезный придаток хвост редуцировался.

### Сальпы

По своей организации Сальпы (класс Salpae) очень близки к Долиолидам и оба этих класса часто объединяют под названием Thaliacea (их можно считать сестринскими группами). Главные различия между ними касаются эмбрионального развития и жизненного цикла, который у Сальп (по сравнению с циклом большинства сложных Асцидий) очень прост, в нем чередуются только два, но разных, поколения: оозооида (одиночной сальпы), от которого происходят бластозооиды (общественные сальпы; см. рис.6,б). Последние размножаются половым путем. У них представлено плацен-

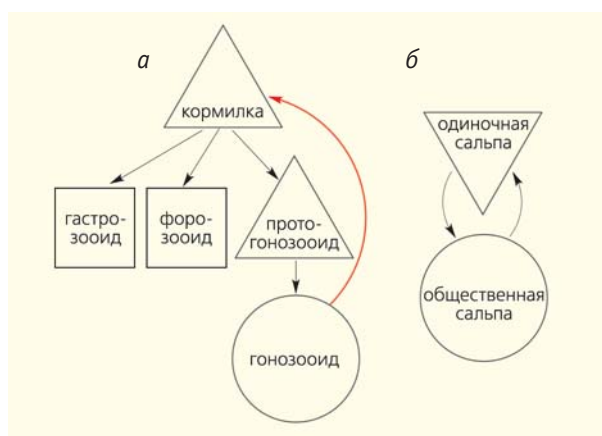


Рис.6. Жизненные циклы Долиолид (а) и Сальп (б). Название поколения, размножающегося половым путем, помещено в окружности, названия поколений, размножающихся бесполом путем — в треугольниках. Показан также путь от столона к спинному отростку, по которому перемещаются блуждающие почки.

тарное живорождение, при этом каждый бластоозоид производит только одно яйцо, а эмбриональное развитие сильно изменилось, и в нем не осталось никаких следов хвоста и хорды [10]. Анатомически оозоид похож на таковой у Долиолид, но у него имеется только одна пара жаберных щелей. В конце эмбрионального развития на брюшной стороне оозоида образуется пролиферирующий столон, в состав которого входят дивертикулы глотки, перибранхиальных полостей, эпикарда, нервной трубки и мезодерма. На поверхности столона появляются перетяжки, подразделяющие его на несколько почек, но эти почки долго остаются связанными друг с другом и отделяются целыми группами, состоящими из 40–65 бластоозоидов. Так получаются «общественные» сальпы.

### Огнетелки

Огнетелки (класс Pyrosomida) — существа совсем другого рода (свое название они получили из-за того, что в их теле содержатся светящиеся симбиотические бактерии). Это свободноплавающие колонии, состоящие подчас из многих сотен зооидов, называемых асцидиоозоидами. Эти колонии имеют форму полого и открытого на одном конце цилиндра. Стенки этого цилиндра состоят из туники, в них одним рядом располагаются асцидиоозоиды (рис.7,а). По своему строению асцидиоозоиды похожи на Асцидий, но сифоны у них обращены в разные стороны: ротовые наружу, а клоакальные — в полость колонии (см. рис.7,б). Эти колонии тоже плавают реактивным способом — вода всасывается ротовыми сифонами асцидиоозоидов, выходит через клоакальные сифоны в общую полость колонии и выводится через ее отверстие наружу. Благодаря этому колония плывет замкнутым концом вперед.

Асцидиоозоиды размножаются как половым, так и бесполом путем. Им свойственно яйцеживо-

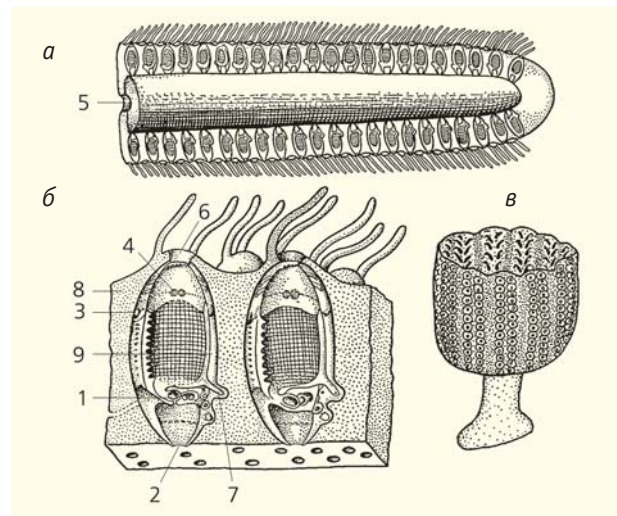


Рис.7. Колонии Туникат: а — общий вид колонии *Pyrosoma*; б — часть стенки этой колонии при большем увеличении; в — колония Асцидии *Cyathocormus* [18]. 1 — кишечник, 2 — клоакальный сифон, 3 — нервный ганглий, 4 — органы свечения, 5 — отверстие полости колонии, 6 — ротовой сифон, 7 — столон, 8 — туника, 9 — эндостиль.

рождение — крупные богатые желтком яйца развиваются, оставаясь в теле материнского зооида, но не получают от него дополнительного питания. В результате неполного дробления образуется зародышевый диск, из которого формируется оозоид (его называют циатозооидом). Большая часть энтодермы образует зачаток глотки, из выпячивания стенки которой образуется пузырек, обычно называемый перикардом (но не исключено, что это эпикард). А из эктодермы обычным образом развиваются зачатки нервной трубки и двух перибранхиальных полостей. Затем в вентральной части диска начинается развитие пролиферирующего столона, в состав которого входят трубкообразные дивертикулы от всех этих зачатков (рис.8, 9).

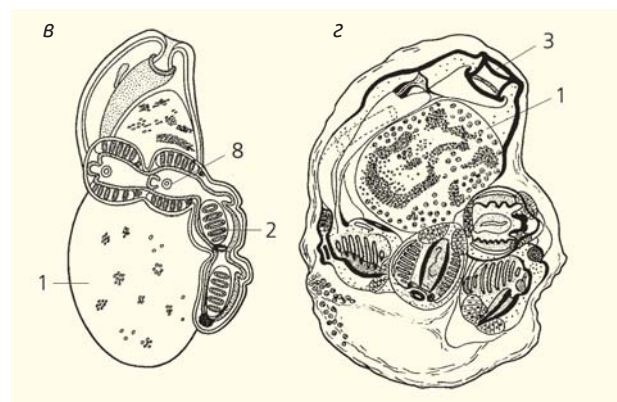
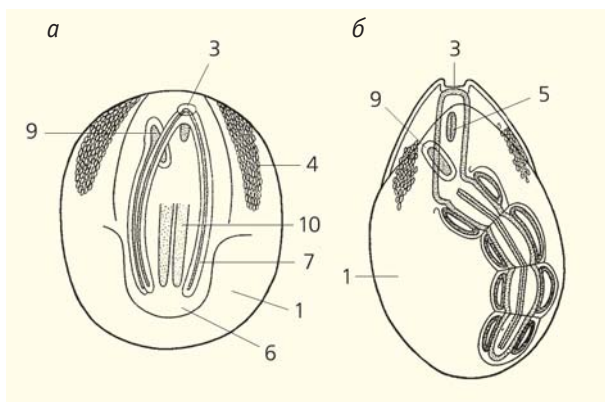


Рис.8. Последовательные стадии эмбрионального развития (а—г) *Pyrosoma* [19, 20]. 1 — желток, 2 — жаберные щели, 3 — клоакальный сифон, 4 — скопления мезенхимных клеток, 5 — нервная трубка, 6 — пролиферирующий столон, 7 — перибранхиальные трубки, 8 — ротовой сифон, 9 — эпикард, 10 — эндостиль.



Скопление особей одиночной асцидии *Halocynthia aurantium*. Японское море.

У большинства изученных Огнетелок стolon подразделяется перегородками на четыре отрезка — будущих основателей колонии. А сам циазооид остается недоразвитым и постепенно рассасывается вместе с желтком [1, 2]. За счет почкования этих четырех первичных асцидиозооидов начинается формирование колонии, причем сами они располагаются на ее тупом конце.

Иное строение имеет поздний зародыш у *Pyrosoma vitiasi*, яйца которой содержат очень много желтка и имеют особенно большие размеры (2.1 × 2.5 мм), циазооид имеет уже строение маленькой асцидии, а стolon расчленяется на много фрагментов (иногда — больше 89; рис.10). Но проследить формирование колонии у этой Пирсомы, к сожалению, не удалось [11].

При обсуждении вопроса, каким образом произошли Пирсомы, следует помнить, что в этом случае речь идет об эволюции не отдельных индивидов, а целых колоний. Представить себе превращение цепочки общественных Сальп или полиморфической колонии Долиолид в колонию Pyrosomida очень трудно. А колонии Асцидий обычно стелятся ковром по субстрату, и очень ма-

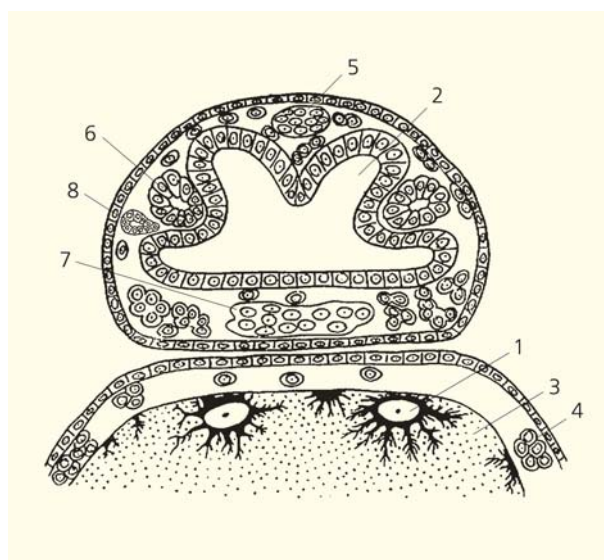


Рис.9. Поперечный разрез через зародыш *Pyrosoma* [15]. 1 — вителлофаг, 2 — глоточная трубка, 3 — желток, 4 — мезодермальные клетки, 5 — нервный тяж, 6 — перибранхиальная трубка, 7 — половой зачаток, 8 — эпикард.

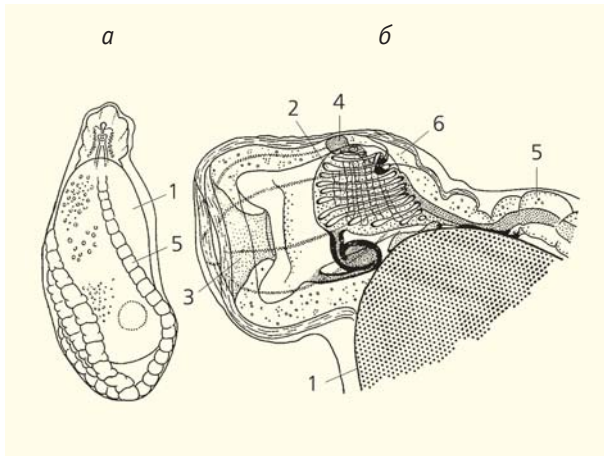


Рис.10. Поздний зародыш *Proopyrosoma*: а — внешний вид; б — цитатозоид (вид сбоку) [11]. 1 — желток, 2 — жаберные щели, 3 — клоакальный сифон, 4 — нервный ганглий, 5 — пролиферирующий столон, 6 — ротовой сифон.

вероятно, что какая-то из них смогла отделиться от субстрата, свернуться в трубку и начать активно плавать. Но у некоторых Асцидий из семейства Polycitoridae колонии имеют булавовидную форму и сидят на довольно тонкой ножке. Колонии *Suathocormus* (см. рис.7,б) имеют даже форму бокала с обширной внутренней полостью. Особенно важно, что в стенках такого бокала зооиды располагаются так, что их ротовые сифоны обращены наружу, а клоакальные — внутрь, как у Пиромид. Такой стебельчатой колонии уже не трудно было бы оторваться от субстрата и приспособиться к плавающему образу жизни.

### Филогения Туникат

Представляет интерес также вопрос, чем обусловлен возврат четырех классов Туникат к свободноплавающему образу жизни, в чем преимущества последнего? Это можно было бы понять, если бы они стали активными хищниками, но они остаются фильтраторами. И все они, к тому же, используют реактивный способ плавания. Этот вопрос пока остается открытым. Или это, как говорили в старину, «игра природы»?

Все вышеизложенное — результат более чем столетнего изучения Туникат с позиций эволюционной морфологии. Однако в последние десятилетия эти животные заинтересовали также и молекулярных генетиков. Они уже получили интересные результаты, которые, однако, далеко не всегда совпадают с суждениями морфологов. Из обобщающей статьи П.Лемэра [12] мы узнаем, что молекулярная программа индивидуального развития сильно варьирует в зависимости от стратегии размножения туникат, а при бесполом размножении на ранних стадиях эмбриогенеза и бластогенеза

у одного вида животных эти программы совершенно различны, они совпадают только после обзавования основных планов строения.

Для выяснения филогенетических отношений между таксонами Туникат используются их молекулярные характеристики. В одной из первых работ на основании анализа последовательностей 18S рРНК был сделан вывод, что Appendicularia — сестринская группа Асцидий из отряда Aplousobranchia, а Thaliacea — из близкого отряда Phlebobranchia [13]. При этом отмечается родство Пиромом и Сальп. Другие авторы на основе анализа того же гена считают, что среди Туникат существует три эволюционных ствола (клады) [14]. К одному из них относятся Aplousobranchia, Phlebobranchia и Thaliacea, ко второму — Асцидии Stolidobranchia, а Appendicularia представляют третий самостоятельный клад.

Филогенетические представления некоторых «молекулярщиков» изображены на рисунке 11. Из этого древа видно, что Аппендикулярии не только самостоятельная, но и самая примитивная группа среди Туникат. Ошибочность этой точки зрения мы уже обсуждали, и возвращаться к этому вопросу не стоит.

Представление о близком родстве Долиолид, Сальп и Пиромид в общей форме согласуется с данными морфологии; всех их объединяет столонийное почкование, играющее такую важную роль в их жизненных циклах. Но Пиромид все же следует поставить особняком, так как они, по видимому, произошли независимо от Thaliacea и на другом конструктивном уровне — на уровне колоний. Таким образом, приведенной кладограммы.

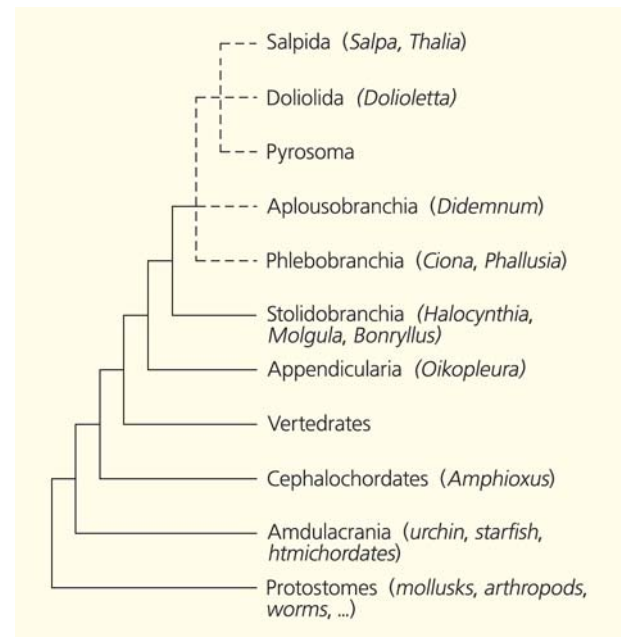


Рис.11. Кладограмма, изображающая филогенетические отношения между крупными таксонами Deuterostomia [12].

грамме можно противопоставить схему, составленную на основе данных эволюционной морфологии (рис.12).

Поскольку развитие всех морфологических признаков начинается с процессов, протекающих на молекулярном уровне, очень важно и интересно было бы знать, как менялась работа молекулярно-генетического аппарата Асцидий в связи с изменениями в их организации и жизненном цикле. Аналогичные вопросы касаются и других классов Туникат — например, что утратили Аппендикулярии вместе с метаморфозом? Ответы на подобные вопросы нужны не только для изучения Туникат, но и для установления взаимопонимания между морфологами и молекулярными биологами.

\* \* \*

В заключение я позволю себе заметить, что ни один из мифологических метаморфозов по глубине происшедших изменений не может сравниться с преобразованием Хордовых в Сальп или Пиросомид. Кроме того, мифологические метаморфозы часто приводят к образованию совер-

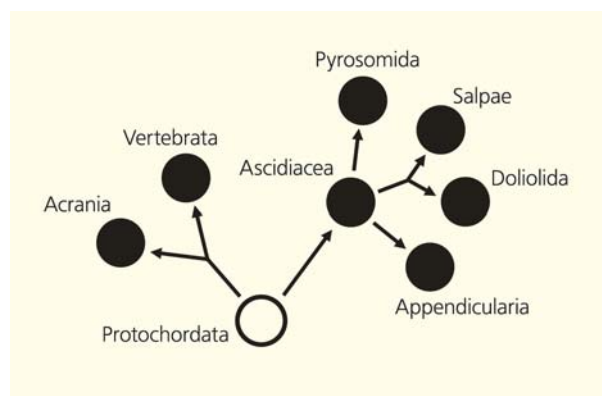


Рис.12. Филогенетические отношения между низшими Хордовыми по данным эволюционной морфологии.

шенно нелепых и нежизнеспособных чудовищ, а эволюционные метаморфозы протекают, хотя и медленно, но под контролем естественного отбора, так что получаются гармонические и жизнеспособные существа. ■

## Литература

1. Kowalevsky A.O. Entwicklungsgeschichte der einfachen Ascidien // Mem. Acad. Sci. St.-Petersburg. 1866. Ser.7. T.10. P.1—16.
2. Garstang W. The morphology of Tunicata and its bearing on the phylogeny of Chordata // Quart. J. Microsc. Sci. 1928. V.72. N.1. P.51—187.
3. Иванова-Казас О.М. Очерки по филогении низших хордовых. СПб., 1995.
4. Berrill N.J. The origin of Vertebrates. Oxford, 1955.
5. Иванова-Казас О.М. Сравнительная эмбриология беспозвоночных животных. Низшие хордовые. М., 1978.
6. Иванов П.П. Общая и сравнительная эмбриология. М., 1937.
7. Brewin D.I. The growth and development of a viviparous compound ascidian, *Hypsistozoa fasmieriana* // Quart. J. Microsc. Sci. 1956. V.97. P.435—454.
8. Северцов А.Н. Морфологические закономерности эволюции. М., 1939.
9. Fenaux R. Les Appendiculaires des mers d'Europe et du Bassin Mediterranean. Paris, 1967.
10. Sutton M.F. The sexual development of *Salpa fusiformis* (Cuvier) // J. Embr. Exp. Morph. 1960. V.8. P.268—290.
11. Иванова-Казас О.М. К вопросу об эмбриональном развитии огнетелок (Tunicata, Pyrosomida) // Зоол. журн. 1956. Т.35. С.193—202.
12. Lemaire P. Evolutionary crossroads in developmental biology: the tunicates // Development. 2011. V.138. P.2143—2152.
13. Stach T., Turbeville J.M. Phylogeny of Tunicata inferred from molecular and morphological characters // Molecular Phylogenetics and Evolution. 2002. V.25. №3. P.408—428.
14. Tsagkogeorgia G., Turon X., Hopcroft R.R. et al. An updated 18S rRNA phylogeny of tunicates based on mixture and secondary structure models // Evolutionary Biology. 2009. V.9. P.187—203.
15. Korner W.F. Untersuchungen über die Gehäusebildung bei Appendicularien (*Oikopleura dioica*) // Z. Morph. Oeol. Tiere. 1952. Bd.41. H. S.1—53.
16. Korschelt E., Heider K. Lehrbuch der vergleichenden Entwicklungsgeschichte der wirbellosen Tiere. Jena, 1910. Bd.2. Abschn.4. S.471—896.
17. Neumann G. Cyclomyaria // Handbuch der Zoologie. 1935. Bd.5. H.2. S.324—400.
18. Oka A. On *Cyathocormus mirabilis* nov. gen., nov. spec., the type of a type of new family of compound ascidian from Japan // J. Coll. Sci. Tokyo. 1913. V.32. Art.12. P.1—30.
19. Godeaux J. Contribution a la connaissance des thaliacés (*Pyrosome* et *Doliolum*) // Annls Soc. R. Zool. Belg. 1957. V.8. P.1—285.
20. Kowalevsky A.O. Über die Entwicklungsgeschichte der Pyrosomen // Arch. micr. Anat. 1875. Bd.11. S.597—635.

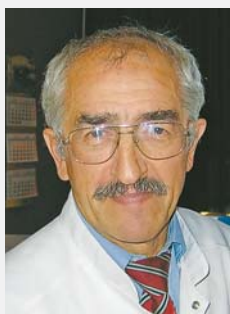


# Продолжительность жизни ученых различных специальностей

В.Н.Анисимов, Г.М.Жаринов

Известно, что в значительной мере темп старения и продолжительность жизни человека определяются социально-экономическими условиями и образом жизни, тогда как генетические факторы играют важную, но существенно меньшую роль [1, 2]. В последние годы все больший интерес привлекают данные о признаках ускоренного старения людей таких профессий, как, например, водители грузового автотранспорта, моряки дальнего плавания, участники ликвидации последствий аварии на Чернобыльской атомной электростанции [3, 4]. С другой стороны, у людей с высоким социально-экономическим статусом, в частности у лауреатов Нобелевской премии, членов национальных академий наук, известных писателей и актеров, отмечена большая продолжительность жизни [2, 5–8]. В нашей статье мы ограничились лишь сведениями о среднем возрасте смерти (СВС) и долгожительстве среди мужчин-ученых\*, рабо-

\* Источниками информации о датах рождения и смерти служили материалы сайтов «Википедия», «По странам» и «По алфавиту», относящиеся к физикам, химикам, философам, историкам и др., а также сайтов «Родившиеся в ... году», начиная с I века н.э. до 1960 г. включительно, и «Умершие в ... году», начиная с 1960 г. до 20 декабря 2013 г. включительно.



**Владимир Николаевич Анисимов**, член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, руководитель отдела канцерогенеза и онкогеронтологии НИИ онкологии им.Н.Н.Петрова (Санкт-Петербург), президент Геронтологического общества при РАН, член Совета Международной ассоциации геронтологии и гериатрии (МАГГ). Основные научные интересы связаны с изучением взаимосвязи возникновения злокачественных опухолей и старения.



**Геннадий Михайлович Жаринов**, доктор медицинских наук, руководитель отделения лучевой терапии Российского научного центра радиологии и хирургических технологий Минздрава РФ (Санкт-Петербург). Занимается разработкой методов лечения больных злокачественными новообразованиями и изучением кинетики опухолевого роста. Автор более 600 научных работ, в том числе шести монографий и 12 изобретений.

тавших в разных областях науки, поскольку число женщин в выборках относительно невелико.

В базу данных включались все люди с установленными годами рождения и смерти: всего в нее вошли сведения о 22769 ученых. Учитывая многообразие научных дисциплин, весь контингент разделили на шесть выборок, объединявших близкие по профессиональным характеристикам специализации\*\*:

- физика (физика, механика, астрономия, геология);
- химия;
- медицина и биология;
- экономика;
- математика;
- гуманитарные науки (философия, филология, история, социология, география, искусствоведение).

\*\* В случаях, если ученый работал в двух дисциплинах, он учитывался в каждой.

**Таблица 1**

**Средний возраст смерти (СВС, лет) ученых-мужчин (с учетом времени их рождения) различных специальностей**

Научная дисциплина	Период рождения, н.э.							
	до 1699 г.		1700–1799 гг.		1800–1899 гг.		от 1900 г.	
	Число	СВС	Число	СВС	Число	СВС	Число	СВС
Физика	224	65.0±0.95	429	68.3±0.67	1885	72.0±0.30	2124	75.3±0.27
Химия	35	63.1±2.53	152	65.2±1.18	520	71.4±0.56	430	75.8±0.57
Медицина и биология	203	66.3±0.92	988	66.5±0.46	3112	70.2±0.24	1264	75.2±0.35
Экономика	34	65.3±1.78	76	72.3±1.28	471	72.4±0.64	370	76.0±0.66
Математика	240	65.6±0.89	192	66.8±0.95	567	69.8±0.61	629	72.6±0.56
Гуманитарные науки	1008	66.4±0.42	1003	68.1±0.40	5083	70.6±0.19	3230	74.6±0.23
Всего	1440*	66.0±0.36	2536*	67.1±0.27	11132*	70.4±0.13	7661*	74.6±0.15

Здесь и далее в таблицах значком \* отмечено, что некоторые ученые имели более одной специализации.

Отдельно рассматривались данные:

— об умерших 379 лауреатах Нобелевской премии;

— о членах Российской академии наук (включая АН СССР), Российской академии медицинских наук (включая АМН СССР) и Российской академии сельскохозяйственных наук (включая ВАСХНИЛ) со времени их основания до 20 декабря 2013 г. (раздельно о действительных членах, членах-корреспондентах и не удостоенных этой чести).

В работе использованы «грубые» показатели без поправок на confounding factors, без стандартизации по историческому периоду, стране и т.д. Для каждой категории рассчитывали средний возраст смерти (отдельно для мужчин и женщин), а также стандартную ошибку среднего арифметического ( $M \pm m$ ). Кроме того, в каждой группе определяли долю людей, проживших 90 лет. Достоверность различий показателей между группами проверяли по методу Фишера—Стьюдента и  $\chi^2$ .

Установлено, что с конца XVII в. наблюдается неуклонный рост средней продолжительности жизни ученых мужей всех специальностей (табл.1). Так, у химиков она увеличилась на 12.7 года, экономистов — на 10.7, физиков — на 10.3, медиков/биологов — на 8.9, гуманитариев — на 8.2 и у математиков — ровно на 7 лет. Интересно, что экономисты опережают по этому показателю представителей других наук начиная с XVIII в.: тогда их жизнь была на 7.1 года дольше, чем у химиков, имевших наименьший средний возраст смерти. Это лидерство экономисты сохранили и в XX в., хотя различия были уже не столь велики (максимально 3.4 года). Оказалось, что выявленная нами историческая динамика продолжительности жизни ученых разных специальностей отражает тенденции, свойственные населению экономически развитых стран [1, 9, 10].

Что касается среднего возраста смерти и относительной частоты долгожительства среди представителей разных наук (табл.2), то минимальным СВС оказался у математиков, а наибольшим остался у экономистов (73.5 года). Относительное число доживших до 90 лет и более практически сохранилось одинаковым среди физиков, химиков и экономистов (8.49%; 8.09% и 8.62%, соответственно), а медики/биологи, математики и гуманитарии доживали до такого возраста реже (6.39%, 6.39% и 6.52%, соответственно).

Показатели среднего возраста смерти и доля долгожителей среди ученых, получивших общественное признание, варьируются в зависимости от научной специальности. Так, среди нобелевских лауреатов дольше всех жили экономисты (85.5±1.36 лет), а химики на 7.7 года меньше (табл.3). Среди действительных членов РАН и АН СССР наибольшей продолжительностью жизни оказалась у физиков и экономистов (74.6 и 74.5 года соответственно) — это почти на четыре года больше, чем у математиков (табл.4). Средний возраст смерти среди членов-корреспондентов РАН у экономистов (74.8 года) превышал этот показатель у математиков на 4.8 года (табл.5). Среди прочих ученых, чей труд не был отмечен Нобелевской премией или избранием в Академию (табл.6), также лидировали экономисты (72.9 года), а аутсайде-

**Таблица 2**

**Средний возраст смерти и число долгожителей среди ученых-мужчин различных специальностей**

Специальность	Количество	СВС, лет	Число проживших 90 и более лет	
			абс.	%
Физика	4662	72.8±0.19	396	8.49
Химия	1137	72.0±0.39	92	8.09
Медицина и биология	5567	70.5±0.18	356	6.39
Экономика	951	73.5±0.43	82	8.62
Математика	1628	69.9±0.35	104	6.39
Гуманитарные науки	10324	71.2±0.13	673	6.52
Всего	22769*	71.2±0.09	1567*	6.88

**Таблица 3**

**Средний возраст смерти и число долгожителей среди лауреатов Нобелевской премии различных специальностей**

Специальность	Количество	СВС, лет	Число проживших 90 и более лет	
			абс.	%
Физика	111	78.5±0.91	11	9.91
Химия	101	77.8±1.10	17	16.83
Медицина и биология	136	80.3±0.96	34	25.00
Экономика	31	85.5±1.36	10	32.26
Всего	379	79.3±0.49	72	18.99

**Таблица 4**

**Средний возраст смерти и число долгожителей среди действительных членов РАН и АН СССР различных специальностей**

Специальность	Количество	СВС, лет	Число проживших 90 и более лет	
			абс.	%
Физика	453	74.6±0.57	45	9.93
Химия	164	73.9±1.00	18	10.98
Медицина и биология	198	71.3 0.97	14	7.07
Экономика	49	74.5±1.74	4	8.16
Математика	126	70.7±1.29	6	4.76
Гуманитарные науки	347	71.8±0.64	14	4.03
Всего	1202*	73.0±0.36	92*	7.65

**Таблица 5**

**Средний возраст смерти и число долгожителей среди членов-корреспондентов РАН и АН СССР различных специальностей**

Специальность	Количество	СВС, лет	Число проживших 90 и более лет	
			абс.	%
Физика	630	72.4±0.45	36	5.71
Химия	213	71.8±0.78	12	5.63
Медицина и биология	314	73.0±0.62	20	6.37
Экономика	49	74.8±1.30	2	4.08
Математика	164	70.0±0.93	8	4.88
Гуманитарные науки	609	71.4±0.45	23	3.78
Всего	1801*	71.8±0.26	84*	4.66

рами оказались математики (68.8 лет). Среди нобелевских лауреатов максимальное число долгожителей, проживших 90 и более лет, составили экономисты (32.26%), тогда как лишь 9.91% лауреатов-физиков достигли этого возраста (см. табл.3). Среди действительных членов АН СССР и РАН 90-летний рубеж преодолели каждый десятый экономист и физик, но лишь 1 из 25 представителей гуманитарных наук (см. табл.4). Ровнее распределяется долгожительство среди членов-корреспондентов Академии и прочих ученых (см. табл.5, 6).

В ряде исследований показано, что высокий социальный статус положительно согласуется с долголетием [1, 2]. Показатель СВС лауреатов Нобелевской премии на 6.3 года превышал таковой у отечественных академиков и на 8,5 лет —

прочих ученых. Интересно, что средний возраст смерти российских ученых, удостоенных Нобелевской премии, составил 81.6 года: В.Л.Гинзбург прожил 93 года, П.Л.Капица и Н.Н.Семенов — по 90. Безусловно, автостастрофа сократила жизнь гениального Л.Д.Ландау, умершего в 60-летнем возрасте.

Была обнаружена положительная корреляция среднего возраста смерти со степенью общественного признания ученого (лауреаты Нобелевской премии > академики РАН > члены-корреспонденты РАН > прочие ученые) в физике, химии и медицине/биологии, тогда как среди представителей гуманитарных дисциплин такой зависимости не наблюдалось, как и у математиков, которым Нобелевская премия не присуждается.

По данным В.Г.Берёзкина и А.Л.Буляницы [6], средняя продолжительность жизни академиков АН СССР и РАН (75 лет) по сравнению с нобелевскими лауреатами-мужчинами оказалась меньше на 2.8 года, а членов-корреспондентов (72 года) — на 5.7 года [6], тогда как в Российской Федерации показатель средней ожидаемой продолжительности жизни для мужского населения в 1988—1989 гг. составил 64.4 года. Правда, следует отметить, что подавляющее число нобелевских лауреатов жили и живут в США, что, естественно, сказывается на показателях продолжительности жизни.

Однако, согласно данным, полученным в Институте демографических исследований общества им. Макса Планка (Росток, Германия), долголетие членов РАН не следует переоценивать. Несмотря на то, что продолжительность жизни у академической элиты была на 2—3 года больше, чем у всех российских мужчин с высшим образованием, она все же на 1.5—3 года меньше, чем у шведов, занятых умственным трудом, и на 3.5 года меньше по сравнению с членами Королевского общества Великобритании (академии наук Великобритании) [8].

Среди членов других отечественных академий наибольшим средний возраст смерти оказался у действительных членов РАН — примерно таким же, что и нобелевских лауреатов. Эти академики жили на 4 года дольше академиков РАСХН, на 5 лет

больше академиков РАН, на 6.2 года больше членов-корреспондентов РАН и на 7.8 года дольше членов-корреспондентов РАМН (табл.7). Можно было бы объяснить долголетие академиков РАМН их медицинскими знаниями, однако те же знания не прибавляли годы членам-корреспондентам РАН и РАМН, а также прочим ученым, работавшим в разных областях медицинской и биологической науки, по сравнению с гуманитариями, физиками и химиками. Среди членов-корреспондентов безусловными лидерами оказались члены-корреспонденты РАСХН, средний возраст смерти которых на 7.9 года превышал таковой у коллег из РАМН и на 6.3 года — из РАН.

По данным В.Н.Анисимова и А.И.Михальского [5], на 1 июля 2004 г. из 547 нобелевских лауреатов-ученых жили и здравствовали 223 человека (40.8%), средний возраст умерших на тот период лауреатов составил 77.8 года: среди химиков — 76 лет и экономистов — 84.8 года. Лауреаты по физике, по физиологии или медицине занимали промежуточную позицию (77.4 и 78.3 года, соответственно). Заметим, что по нашим данным на 20 декабря 2013 г. ушли из жизни 379 нобелевских лауреатов-ученых (мы не учитывали Нобелевские премии мира и по литературе), а их средний возраст составил 79.3 года. Показатель максимальной продолжительности жизни при этом был одинаков во всех дисциплинах и достигал 95—99 лет. В последние годы заметно выросло число столетних ученых [11], но до сих пор преодолел этот рубеж только один нобелевский лауреат — экономист Коуз Рональд (1910—2013). Среди умерших академиков РАН доля долгожителей составила 0.42% всей выборки, у членов-корреспондентов — 0.17% и среди прочих — 0.46% (табл.8, 9).

Полагают, что лица, прожившие 100 лет и более, представляют собой лучший пример успешного старения, поскольку у них практически отсутствуют основные ассоциированные со старением заболевания, а если они и развиваются, то значительно позднее [11, 12]. Можно также предположить, что люди с более высоким уровнем образования экономически находились в более привилегированном положении, что позволяло обеспечивать лучшее состояние здоровья и предупреждать заболевания [8]. Полученные нами данные подтверждают мысль, что высокий интеллект и образование

способствуют большей продолжительности жизни и долголетию. Оцениваемый по психометрическим тестам биологический возраст 70-летних шведов, рожденных в 1922 г., был достоверно меньшим по сравнению с таковым у 70-летних, рожденных в 1906/1907 гг., что соответствовало более высокому уровню образования [13].

«Что может человек предпринять против смерти и ее предтечи — старости? Единственным оружием человека... может быть только разум в его высшем проявлении — в науке!» — писал почти 100 лет назад П.Ю.Шмидт [14]. Исследования последних лет полностью подтверждают этот тезис нашего соотечественника [15]. Доказано, что умные живут дольше и меньше болеют. Так, чем выше уровень интеллекта у ребенка, тем больше шансов у него прожить дольше. Смертность людей с высоким уровнем образования в четыре раза ниже, чем смертность малообразованных. Установлено, что мозг без нагрузки стареет гораздо быстрее [1, 16]. Неудивительно, что существует взаимосвязь уровня коэффициента интеллекта IQ (intelligence quotient) и состояния здоровья человека [17, 18]. IQ определяет поведение человека, которое зачастую служит причиной разных заболеваний. Люди с высоким уровнем IQ бросали курить чаще, чем те, у которых умственные способности были ниже среднего. Однако на Окинаве

**Таблица 6**

**Средний возраст смерти и число долгожителей среди ученых различных специальностей (без учета нобелевских лауреатов, академиков и членов-корреспондентов РАН и АН СССР)**

Специальность	Количество	СВС, лет	Число проживших 90 и более лет	
			абс.	%
Физика	3352	72.6±0.23	293	8.74
Химия	667	70.6±0.54	44	6.60
Медицина и биология	4897	70.0±0.20	286	5.84
Экономика	810	72.9±0.48	66	8.15
Математика	710	68.8±0.58	48	6.76
Гуманитарные науки	9122	71.1±0.14	618	6.77
Всего	18672*	70.8±0.10	1269*	6.80

**Таблица 7**

**Средний возраст смерти и число долгожителей среди ученых-мужчин различных специальностей**

Категория	Количество	СВС, лет	Число проживших 90 и более лет	
			абс.	%
Нобелевские лауреаты	379	79.3±0.49	72	18.99
Чл.-кор. РАСХН	15	78.1±3.19	3	20.0
Академики РАМН	143	78.0±0.77	19	13.29
Академики РАСХН	254	74.0±0.73	21	8.27
Академики РАН	1202	73.0±0.36	92	7.69
Чл.-кор. РАН	1801	71.8±0.26	84	4.66
Чл.-кор. РАМН	32	70.2±1.87	2	6.29
Прочие ученые	18672	70.8±0.10	1269	6.80
Всего	22769*	71.2±0.09	1567*	6.88

**Таблица 8**

**Примеры долгожительства среди ученых-лауреатов Нобелевской премии и академиков РАН и АН СССР**

№	Фамилия, имя	Годы жизни	ПЖ
Лауреаты Нобелевской премии по науке (год вручения, специальность)			
1	Коуз Рональд (1991, экономика)	1910–2013	102
2	Рейхштейн Тадеуш (1950, физиология и медицина)	1897–1996	99
3	Алле Морис (1988, экономика)	1911–2010	99
4	Бете Ханс Альбрехт (1967, физика)	1906–2005	98
5	Дульбекко Ренато (1975, физиология и медицина)	1914–2012	97
6	Уиппл Джордж (1934, физиология и медицина)	1878–1976	97
7	Рамзей Норман Фостер (1989, физика)	1915–2011	96
8	Паладе Джордж (1974, физиология и медицина)	1912–2008	95
9	Дюв Кристиан де (1974, физиология и медицина)	1917–2013	95
10	Мёрфи Уильям (1934, физиология и медицина)	1892–1987	95
Действительные члены РАН и АН СССР, специальность			
1	Никольский Сергей Михайлович, математика	1905–2012	107
2	Долежал Николай Антонович, физика	1899–2000	101
3	Шпак Владимир Степанович, химия	1909–2009	100
4	Дружинин Николай Михайлович, история	1886–1986	100
5	Черток Борис Евсеевич, физика	1912–2011	99
6	Тахтаджян Армен Леонович, биология	1910–2009	99
7	Скобельцын Дмитрий Владимирович, физика	1892–1990	98
8	Добровольский Глеб Всеволодович, биология	1915–2013	97
9	Струмилин Станислав Густавович, экономика	1877–1974	97

18% столетних мужчин и 42% женщин никогда не посещали школу; это свидетельствует о том, что высокий уровень образования — не универсальный фактор, способствующий долголетию во всех регионах [19]. Важно отметить, что IQ влияет на продолжительность жизни вне зависимости от социальных факторов. Различия в показателях продолжительности жизни между учеными разных специальностей могут быть обусловлены уровнем жизни — образование у экономистов и «чистых» математиков одинаковое, но доходы у первых могут быть существенно выше. Кроме того, влияют и особенности профессиональной деятельности (например, профессиональные вредности) и, возможно, уровень интеллекта. Этот вопрос требует специального изучения.

**Таблица 9**

**Примеры долгожительства среди ученых различных специальностей (за исключением нобелевских лауреатов, академиков и членов-корреспондентов РАН и АН СССР)**

№	Фамилия, имя	Годы жизни	ПЖ	№	Фамилия, имя	Годы жизни	ПЖ
Физика				Экономика			
1	Кричевский Михаил Ефимович	1897–2008	111	1	Лёве Адольф	1893–1995	102
2	Троицкий Николай Александрович	1903–2011	108	2	Директор Аарон	1901–2004	102
3	Кайдановский Наум Львович	1907–2010	103	3	Дрес Виллем	1886–1988	101
4	Карасев Вадим Анатольевич	1900–2003	102	4	Золотас Ксенофон	1904–2004	100
5	Тисса Ласло	1907–2009	101	5	Судзуки Тэйити	1887–1988	100
6	Аббот Чарлз Грили	1872–1973	101	6	Монтефиоре Мозес	1784–1875	100
7	Федоров Николай Васильевич	1901–2003	101	7	Бауэр Марвин	1903–2003	99
8	Хунд Фридрих	1896–1997	101	8	Ярошенко Лука Данилович	1896–1995	99
Химия				9	Нанда Гулзарилал	1898–1998	99
1	Бекман Арнольд	1900–2004	104	Математика			
2	Хофман Альберт	1906–2008	102	1	Фиторис Леопольд	1891–2002	110
3	Гулый Максим Федотович	1905–2007	102	2	Картан Анри	1904–2008	104
4	Пономарёв Иван Фёдорович	1882–1982	100	3	Букреев Борис Яковлевич	1859–1962	103
5	Стернбах Лео Хенрик	1908–2005	97	4	Уилкс Морис Винсент	1913–2010	97
6	Марк Герман Фрэнсис	1895–1992	96	5	Коксетер Гарольд	1907–2003	96
7	Чезбро Роберт	1837–1833	96	6	Шелкунов Сергей Александрович	1897–1992	95
8	Беренблум Ицхак	1903–2000	96	7	Сергеев Владимир Григорьевич	1914–2009	95
9	Чаргаф Эрвин	1905–2002	96	8	Кофлер Эдуард	1911–2007	95
10	Маккландон Джесси Фрэнсис	1880–1976	95	9	Секереш Дьёрдь	1911–2005	94
Медицина и биология				Гуманитарные науки			
1	Мэннинг Уэйн Эйер	1899–2004	104	1	Кадури Ицхак	1898–2006	107
2	Клейтман Натаниэл	1895–1999	104	2	Чэнь Ханьшэн	1897–2004	107
3	Углов Федор Григорьевич	1904–2008	103	3	Бизунски Пинхас	1885–1992	107
4	Серков Филипп Николаевич	1908–2011	103	4	Хусенил Мухаммад Афанди	1862–1967	105
5	Олигер Иван Михайлович	1909–2012	102	5	Хартшорн Чарльз	1897–2000	103
6	Камминз Джордж Бейкер	1904–2007	102	6	Каплан Мордехай	1881–1983	102
7	Генио Александр	1832–1835	102	7	Густайнис Валентинас	1869–1971	102
8	Дернесс Джон	1852–1854	102				

Недавно генетики показали, что у лиц с высоким уровнем образования теломеры (конечные участки хромосомы, которым отводится существенная роль в старении клеток) длиннее, чем у малообразованных [18, 20–23]. Таким образом, результаты нашего исследования позволяют сделать вывод, что интенсивный научный труд способст-

вует увеличению продолжительности жизни и долголетию. В заключение мы хотим процитировать выдающегося американского кардиохирурга Майкла Дебеяки (1908–2008): «Одна из самых редких вещей, которые мы делаем, — мы думаем. Я не знаю, почему люди не хотят делать это чаще. Это ничего не стоит. Подумайте об этом».

*Авторы выражают глубокую признательность программисту А.С.Чиркову, создавшему систему получения и обработки информации, без которой выполнение этой работы было бы невозможным.*

## Литература

1. Анисимов В.Н. Молекулярные и физиологические механизмы старения: В 2-х т. СПб.: Наука, 2008.
2. Fitzpatrick R. Social status and mortality // *Ann. Intern. Med.* 2001. V.134. P.1001–1019.
3. Анисимов В.Н. Синдром ускоренного старения при воздействии канцерогенных факторов окружающей среды // *Рос. физиол. журн.* 2010. Т.96. С.817–833.
4. Башкирёва А.С. Показатели ускоренного старения у водителей автотранспорта // *Успехи геронтол.* 2004. Т.14. С.34–43.
5. Анисимов В.Н., Михальский А.И. Старее ли Нобелевский лауреат? Математический анализ возраста и продолжительности жизни лауреатов Нобелевской премии за 1901–2003 гг. // *Успехи геронтол.* 2004. Т.15. С.14–22.
6. Берёзкин В.Г., Буляница А.Л. О некоторых демографических характеристиках членов Российской академии наук в XX в. // *Успехи геронтол.* 2007. Т.20. №1. С.29–39.
7. Анисимов В.Н., Жаринов Г.М. Продолжительность жизни и долгожительство у представителей творческих профессий // *Успехи геронтол.* 2013. Т.26. №3. С.405–416.
8. Andreev E.M., Jdanov D., Shkolnikov V.M., Leon D.A. Long-term trends in the longevity of scientific elites: evidence from the British and the Russian academies of science // *Popul. Stud. (Camb).* 2011. V.65. P.319–334.
9. Урланис Б.Ц. Историческая демография: Избранные труды. М., 2007.
10. Кременцова А.В., Конрадов А.А. Историческая динамика распределения продолжительности жизни человека // *Успехи геронтол.* 2001. Т.8. С.14–21.
11. Sri Kantha S. Centenarian scientists: an unusual cluster newly formed in the 20th century // *Med. Hypothes.* 2001. V.57. P.750–753.
12. Franceschi C., Motta L., Motta M. et al. The extreme longevity: The state of the art in Italy // *Exp. Geront.* 2008. V.43. P.45–52.
13. Steen G., Berg S., Steen B. Cognitive function in 70-year-old men and women. A 16-year cohort difference population study // *Aging (Milano).* 1998. V.10. P.120–126.
14. Шмидт П.Ю. Борьба со старостью. Петроград, 1915.
15. Анисимов В.Н. Борьба со старостью: надежда на разум // *Природа.* 2012. №1. С.88–95.
16. Маньковский Н.Б., Миц А.А., Кузнецова С.М., Белоног Р.П. Долгожители: Нейрофизиологические аспекты. Л, 1985.
17. Kanazawa S. IQ and the health of states // *Biodemography Soc. Biol.* 2008. V.54. P.200–213.
18. Lager A., Bremberg S., Vågerö D. The association of early IQ and education with mortality: 65 year longitudinal study in Malmö, Sweden // *Brit. Med. J.* 2009. V.339. P.b5282.
19. Willcox B.J., Willcox D.C., He Q. et al. Siblings of Okinawan centenarians share lifelong mortality advantages // *J. Geront. Biol. Sci.* 2006. V.61A. P.345–354.
20. Adler N., Pantell M.S., O'Donovan A. et al. Educational attainment and late life telomere length in the Health, Aging and Body Composition Study // *Brain Behav. Immunol.* 2013. V.27. P.15–21.
21. Steptoe A., Hamer M., Butcher L. et al. Educational attainment but not measures of current socioeconomic circumstances are associated with leukocyte telomere length in healthy older men and women // *Brain Behav. Immun.* 2011. V.25. P.1292–1298.
22. Yaffe K., Lindquist K., Kluse M. et al. Telomere length and cognitive function in community-dwelling elders: findings from the Health ABC Study // *Neurobiol. Aging.* 2011. V.11. P.2055–2060.
23. Robertson T., Batty G.D., Der G. et al. Is socioeconomic status associated with biological aging as measured by telomere length? // *Epidemiol. Rev.* 2013. V.35. P.98–111.

# РОВЕСНИЦЫ «ПРИРОДЫ»

В юбилейном номере (№1. 2012) «Природы» была опубликована статья геронтолога Владимира Николаевича Анисимова «Борьба со старостью: надежда на разум», которая заканчивалась словами: «Мозг без нагрузки стареет гораздо быстрее. <...> Хотите жить долго — с юных лет тренируйте не только тело, но и мозг!». Это утверждение не голословно, оно подкреплено результатами исследований, которые в последнее десятилетие провели ученые разных стран (США, Японии, Германии, России и т.д.) и специальностей (геронтологи, нейробиологи, биохимики, генетики, психологи). Интересны в этом отношении и результаты статистического анализа долголетия ученых, работающих в разных областях науки (см. с.48–53 текущего номера). Однако это исследование было ограничено сведениями о долгожителях мужчинах, а среди наших постоянных авторов есть две удивительные женщины, одна из которых — геохимик и почвовед Мария Альфредовна Глазовская — родилась не только в один год, но и в один месяц с «Природой», другая — эмбриолог Ольга Михайловна Иванова-Казас — младше всего на год. Рассказать о них нам помогли Мария Иннокентиевна Герасимова (доктор биологических наук, профессор кафедры геохимии ландшафтов и географии почв географического факультета МГУ им.М.В.Ломоносова) и Алексей Викторович Чернышев (доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории эмбриологии Института биологии моря ДВО РАН, Владивосток), за что мы искренне благодарим их.

## Эмбриолог О.М.Иванова–Казас

Ей было ровно семь месяцев, когда началась Первая мировая война, почти три года во время Октябрьской революции, 27 лет, когда грянула Великая Отечественная. В зрелом возрасте она пережила перестройку и распад СССР, выдержала и новое потрясение — начавшееся в прошлом году реформирование РАН. 28 декабря 2013 г. Ольге Михайловне Ивановой-Казас исполнилось 100 лет. Несмотря на столь почтенный возраст, она продолжает трудиться — пишет научные статьи и книги, готовит рисунки к ним, а также ведет переписку по электронной почте с друзьями, редакторами и коллегами, читает и анализирует присланные ими статьи.

Причина научного долголетия Ольги Михайловны, возможно, кроется в ее характере, приверженности науке и привычке мыслить, доставшихся ей по наследству. Дед Ольги Михайловны — Илья Ильич Казас (1832–1912) — выдающийся караимский просветитель, педагог, поэт, переводчик (знал 11 языков). Он организовывал учебные заведения и писал учебники для караимов и татар, за что (будучи инородцем и иноверцем) получил наследственное дворянство.

Родилась Ольга Михайловна в Санкт-Петербурге, ее отец — военный врач Михаил Ильич Казас, мать — сестра милосердия Александра Александровна Ряшенцева.

*Во время Первой мировой и Гражданской войн отец работал в прифронтовых госпиталях, и нам часто приходилось менять место жительства. В 1922 г. отец демобилизовался, и мы стали жить в Евпатории\*.*

*Хотя в нашей семье (у Казасов) было много врачей, медицина меня мало интересовала, я и теперь гораздо хуже разбираюсь в лекарствах, чем большинство домашних хозяек. Должна сознаться, что я не отношусь и к числу тех людей, которые с детства начинают собирать гербарии и коллекционировать насекомых, да и в школе биологию преподавали плохо. Я хорошо училась по всем предметам, но ни которму не отдавала предпочтения. А после того, как посмотрела фильмы «Песнь о Нибелунгах» и «Падение*

\* Здесь и далее курсивом выделены цитаты из автобиографии О.М.Ивановой-Казас, опубликованной к ее юбилею в журнале «Биология моря» (2013. Т.39. №6. С.467–469).

Трои», стала интересоваться мифологией. Однако я не догадывалась о том, что мифологией занимаются историки и филологи, и в 1930 г. подала заявление на биологический факультет ЛГУ.

В то время принимали студентов без экзамена, а по документам — в первую очередь детей рабочих и крестьян и менее охотно детей служащих. А меня вообще не приняли, как я потом догадалась, из-за того что в моем метрическом свидетельстве было сказано, что мой отец — военный врач в довольно высоком чине и дворянин (ведь оно было выдано в 1913 г.), а что он во время гражданской войны работал в «красных» госпиталях, не сообщалось.

Итак, чтобы поступить в университет, мне нужно было «повариться в пролетарском котле», т.е. поступить на работу на какой-нибудь завод. Но это оказалось тоже непросто, так как подросткам (к которым я еще относилась) полагался неполный рабочий день и их брали неохотно. Наконец, уже весной 1931 г. мне удалось поступить на «Красный треугольник», где я клеила резиновые камеры для футбольных мячей. А потом я взяла в Ленинградском архиве справку о рождении, в которой не было никаких компрометирующих подробностей, и была принята в университет.

На этот раз мне очень повезло — меня сразу же зачислили на кафедру зоологии беспозвоночных, которым заведовал профессор Валентин Александрович Догель. Моим непосредственным руководителем был доцент Андрей Петрович Римский-Корсаков — немного чудачковатый, но тоже очень хороший человек. Их обоих я всегда вспоминаю с чувством глубокой симпатии и с благодарностью. Недавно я опубликовала статьи с воспоминаниями о них [1, 2].

На третьем курсе после лекций по эмбриологии, которые читал профессор Петр Павлович Иванов, определился мой интерес именно к этой дисциплине, а когда зашла речь о выборе темы для дипломной работы, я выбрала в качестве объекта изучения Асцидий\*. В процессе литподготовки я очень увлеклась этими животными и даже нарисовала аллегорическую карикатуру, на которой я изображена сидящей на личинке Асцидии (верхом между ротовым и клоакальным сифонами, как на двугорбом верблюде) и на-



Ольга Михайловна за работой.

Здесь и далее фото из семейного архива О.М.Ивановой-Казас

правляющей копые на морскую ведьму (а что именно олицетворяла эта ведьма, я уточнять не буду).

Летом 1935-го я и двое моих однокурсников (Варя Цвиленева и Алеша Кнорре) отправились на Белое море собирать материал для своих дипломных работ. Это тоже увековечено на одном из моих рисунков, где мы занимаемся драгировкой: Варя и Алеша сидят на веслах, а я управляюсь с драгой.

На нашей кафедре проводились учебные семинары, на которых студенты и аспиранты делали доклады по проблемам, которым мало внимания уделялось в лекционных курсах и учебниках. На нашем пятом курсе была прочитана серия докладов на темы индивидуального развития беспозвоночных. Мой доклад был посвящен явлению неотении. Я выбрала эту тему потому, что класс Appendicularia, по всей вероятности, произошел неотеническим путем от личинок Асцидий. Замечу, что никаких сводок, посвященных неотении, в то время в мировой литературе не существовало. По-видимому, мой доклад оказался довольно удачным, за ним последовали интересные прения, а Догель счел его заслуживающим публикации и, сделав небольшие сокращения, отправил в «Природу». Так была опубликована моя первая научная статья [3].

Интерес к неотении (явлению, при котором достижение половозрелости и окончание онтогенеза происходят на ранних стадиях развития организма) сохранился у Ольги Михайловны до сих пор. Неотения способна «омолодить» ту или иную группу, позволить ей занять новую экологическую

\* В цитатах русские названия групп животных приводятся с прописной буквы по просьбе Ольги Михайловны. — Примеч. ред.





Студенты 3-го курса кафедры зоологии беспозвоночных. Петергоф, 1933 г. Стоят (слева направо): М.Н.Горбунова (в замужестве Дубинина), О.М.Казас, В.А.Цвиленева, М.Манусова; сидят: Ж.Эберт, А.Г.Кнорре и Г.С.Марков.

нишу — как это имело место у аппендикулярий. Воистину неотения — «молодильное яблочко» эволюции!

После окончания университета я поступила в аспирантуру в отдел морфологии Всесоюзного института экспериментальной медицины. Моим руководителем был самый значительный эмбриолог того времени — профессор Петр Павлович Иванов. Он был не из тех руководителей, которые дают своим подопечным четкий план работы и регулярно проверяют его выполнение, однако я уже не нуждалась в подобном руководстве, так

завоевания желтка требуется очень много времени — около месяца.

Еще в годы аспирантуры я вышла замуж за ассистента кафедры зоологии беспозвоночных ЛГУ Артемия Васильевича Иванова\* (ниже я его буду называть АВИ). Это был во всех отношениях очень удачный союз, так как наши научные ин-

\* Об А.В.Иванове подробнее см.: Мамжаев Ю.В., Степаньянц С.Д. Зоолог, открывший мир погонофор. К 100-летию Артемия Васильевича Иванова // Природа. 2007. №8. С.63—73. — Примеч. ред.

как хорошую школу прошла еще в университете, да и тема моей предполагаемой диссертации была продолжением моей дипломной работы — исследование живородящей одиночной Асцидии *Dendrodoa grossularia*. При ее вскрытии в перибранхиальной полости обнаруживается множество зародышей, находящихся на разных стадиях развития, в том числе и вполне сформированные личинки. Но личинки этого вида сильно отличаются от той, которую я изобразила на карикатуре, так как зачатки дефинитивных органов еще очень слабо развиты и в них содержится очень много желтка. Личинки плавают всего лишь несколько часов, после чего прикрепляются ко дну чашки Петри, в которых я их содержала, и приступают к метаморфозу. А для завершения метаморфоза и полного исполь-



Акварели О.М.Казас: «Верхом на личинке асцидии» (1934) и «Экспедиция на Белое море в поселок Умба» (1935).



тересы часто соприкасались. В 1940 г. я защитила кандидатскую диссертацию на тему «Признаки гистологической дифференцировки при развитии Асцидии *Dendrodoa grossularia*». После этого П.П.Иванов предложил мне место ассистента на руководимой им кафедре общей биологии во 2-м медицинском институте.

Через всю жизнь Ольга Михайловна пронесла любовь к двум «А» — асцидиям и АВИ. Увлеченность асцидиями была столь сильной и разносторонней, что Иванова-Казас посвятила этой группе животных около 30 публикаций и описала три новых для науки вида — *Distaplia unigermis* и глубоководных *Pyrosoma vitjasi* и *Oligotrema laethmobia*. (И сейчас, если вы хотите доставить Ольге Михайловне удовольствие, пришлите ей какую-нибудь новую и непременно интересную работу по асцидиям.) Однако вернуться к горячо любимым беспозвоночным Иванова-Казас смогла лишь в 1960-е годы. А до этого — блокада Ленинграда, преподавание биологии голодным студентам-медикам, эвакуация с А.В.Ивановым в Саратов (трехлетняя дочь в это время была с бабушкой в оккупированном Краснодаре), рождение там сына, возвращение в обескровленный Ленинград в 1944 г. Увы, многих, с кем Ольга Михайловна начинала работать в предвоенные годы, унесла блокада. В 1942 г. после страшной зимы скончался и вывезенный из осажденного Ленинграда П.П.Иванов.

В эвакуации, посоветовавшись со Шванвичем\*, я решила заняться эмбриологией малярийного комара. Я изучила в библиотеке литературу по эмбриологии насекомых, а также собрала и зафиксировала довольно много кладок этого комара (*Anopheles maculipennis*). Однако условий, необходимых для обработки этих материалов, в Саратове не было. В Ленинграде я завершила обработку материалов и опубликовала данные по Анофелесу, которые, откровенно говоря, ничем не обогатили науку. Но эта работа послужила подготовительной ступенью к серии работ по паразитическим Перепончатокрылым.

Паразитических перепончатокрылых обычно называют наездниками. Их самки откладывают яйца в личинок других насекомых, поэтому эмб-



Артемий Васильевич и Ольга Михайловна. Ленинград, 1955 г.



Ольга Михайловна разбирает пробы на крыльце барака. Беломорская биологическая станция «Картеш», 1968 г.

\* Борис Николаевич Шванвич (1889—1957) — выдающийся зоолог и энтомолог, автор широко известного учебника по энтомологии, который до сих пор считается наиболее фундаментальным руководством по строению и развитию насекомых. — Примеч. ред.

риональное и личиночное развитие наездников происходит внутри организма хозяина. Эмбриональное развитие паразитических перепончатокрылых — особая тема в научном творчестве Ивановой-Казас, потребовавшая длительной и кропотливой работы с совершенно новыми объектами. Самое интересное в них было то, что при эмбриональном паразитизме иногда возникают структуры, сходные с плацентой, и конечно — поллизмбриония. Оказалось, что на ранних стадиях эмбрион наездников распадается на несколько зародышей, в результате чего из одной отложенной яйцеклетки развивается множество генетически одинаковых наездников-близнецов.

Именно эти исследования положили начало сравнительно-эмбриологическим обобщениям Ивановой-Казас. Любая биологическая наука в своем развитии проходит три стадии — описательную, сравнительную и эволюционную. Ольга Михайловна, рано доказав свою состоятельность эмбриолога, описывающего развитие конкретных видов, быстро перешла к сравнительной и эволюционной интерпретациям полученных данных. Безусловно, в этом чувствовалось влияние ее учителя, П.П.Иванова — автора вышедшего в 1937 г. руководства «Общая и сравнительная эмбриология» — наиболее капитальной для того времени сводки во всей мировой литературе. Но если идти глубже, в отечественной эмбриологии эволюционная компонента начала развиваться раньше, чем в других странах, — в трудах К.М.Бэра, а позже — И.И.Мечникова и А.О.Ковалевского. Поэтому именно отечественные ученые написали наибольшее число сводок по сравнительной эмбриологии животных. В этом ряду достойное место занимают и труды О.М.Ивановой-Казас.

Ее преимущество перед зарубежными учеными было в том, что она знала и весь «массив» русскоязычной литературы. Эволюционная эмбриология требует еще большего: видеть во всех сравниваемых онтогенезах вектор эволюции, причем «двойной» — и самой группы организмов, и ее онтогенеза. Многие зоологи прошлого века главной задачей эволюционной эмбриологии считали поиск рекапитуляций в онтогенезе: следуя Э.Геккелю, они пытались реконструировать гипотетических предков той или иной группы в большей степени, нежели выяснять эволюцию самого онтогенеза. Ольгу Михайловну больше интересовала не рекапитуляция, а эволюция онтогенеза, хотя она никогда не абстрагировалась от сравнительной и эволюционной морфологии, а, наоборот, все больше и больше в них погружалась, посвящая свои поздние статьи далеко не только эмбриологическим проблемам (например, любимой ею теме происхождения хордовых).

В книге «Очерки по сравнительной эмбриологии перепончатокрылых» [4] проявился авторский стиль Ивановой-Казас, в котором можно выделить критический анализ существующих гипо-

тез и предельную четкость изложения собственных мыслей. В «Общей части» решаются два вопроса: как эволюционировал онтогенез в пределах группы и насколько эволюция онтогенеза связана с филогенезом группы. В последующих книгах именно эти две проблематики поднимаются на новый уровень в анализе тех или иных групп беспозвоночных. (Интересно, что подобный подход Ивановой-Казас применила и в размышлениях об онтогенезе мифических существ, любовь к которым она пронесла через всю жизнь, но к этому мы вернемся чуть позже.)

*После защиты докторской диссертации (1959) я решила снова вернуться к Асцидиям, но я и раньше о них не забывала. В 1946 г. АВИ участвовала в морской экспедиции в районе о.Сахалин и привез мне оттуда материалы по развитию колонимальной Асцидии *Botrylloides carnosum*. У этой Асцидии представлено истинное живорождение, яйца развиваются в специальных выводящих камерах. В 60-х гг. я два или три раза ездила на Дальний Восток: сначала вместе с АВИ, чтобы вообще познакомиться с более богатой морской фауной, а потом с небольшими группами студентов для сбора новых материалов по Асцидиям. Теперь меня интересовали не столько личинки, сколько разные способы бесполого размножения. Из этих материалов наибольший интерес представляли те, которые относились к *Distaplia* (опубликовано в 1965 и 1966 гг.). Кроме того, совместно с аспиранткой Л.А.Конописцевой (1972) было изучено размножение путем стробилиляции (множественного поперечного деления) у Асцидии *Synoisum*.*

*Следует, наконец, упомянуть маленькую по объему, но содержащую небольшое открытие, работу, относящуюся к Пиросомам\*. Вообще говоря, развитие разных видов Пиросомид уже довольно хорошо изучено, но в мои руки попал совершенно уникальный материал. Во время одной из экспедиций «Витязя» в планктонную сетку попала гигантская пиросома, которая сразу развалилась на части, из которых высypались зародыши, находящиеся на довольно поздней стадии развития. Фрагменты самой пиросомы поступили в коллекцию Института океанологии, а зародыши были собраны АВИ, зафиксированы и переданы мне.*

*Яйца Пиросом содержат много желтка и прорывают дискоидальное дробление, а из зародышевого диска образуется оозоид (циантозоид), который обычно остается сильно недоразвитым. У него довольно рано образуется пролиферирующий столон, который всегда разделяется на четыре части, из которых развиваются четыре бластозооида — основатели ко-*

\* Пиросомы — это живущие в толще воды родственники асцидий, которые образуют гигантские (до 8 м в длину) светящиеся колонии. — *Примеч. ред.*



Преподаватели кафедры зоологии беспозвоночных Ленинградского государственного университета, 1950 г. Слева направо: А.В.Иванов, О.М.Иванова-Казас, М.М.Белопольская, Т.А.Гинецинская, В.А.Догель, В.Л.Вагин.

лонии. А у нашей *Пиромы* (названной *Propyrosoma vitjasi*) цитозооид был очень хорошо развит, даже наблюдалось сердцебиение. Столон достигал очень большой длины, он образовывал под оболочкой много разных петель и подразделялся на множество (около 90) фрагментов. Жаль только, что постэмбриональное развитие и начало формирования новой колонии остались неизвестными.

Работа на кафедре эмбриологии ЛГУ стала наиболее плодотворным периодом для научной работы Ивановой-Казас. Вот как она сама объясняет это.

В 1955 г. зав. кафедрой эмбриологии ЛГУ проф. Борис Петрович Токин предложил мне место доцента на своей кафедре с тем, чтобы я читала там курс сравнительной эмбриологии беспозвоночных животных. Работа на кафедре значительно расширила мой научный кругозор. Считаю нужным подчеркнуть, что педагогическая работа совершенно необходима для повышения квалификации научных работников. Человек, всю жизнь занимающийся одной какой-нибудь группой животных или одной проблемой, остается узким специалистом (а «специалист подобен флюсу», как было отмечено еще Козьмой Прутковым). Главным направлением научной работы на этой кафедре было изучение восстановительных процессов, т.е. регенерации, и так называемого «соматического эмбриогенеза». Эти явления тесно связаны и с бесполом размножением, при котором индивидуальное развитие очень сильно

отличается от обычного. Поэтому я начала читать курс бесполого размножения у животных. Литературным результатом моей педагогической деятельности стали публикация шести книг из серии «Сравнительная эмбриология беспозвоночных животных» (1975—1981), монография «Бесполое размножение животных» (1977) и учебник «Курс сравнительной эмбриологии беспозвоночных» (1988, совместно с Е.Б.Кричинской).

Непостижимая продуктивность! Будь эти книги изданы на английском, они стали бы таким же мировым бестселлером, как и многотомная сводка о строении, образе жизни и размножения беспозвоночных животных «The Invertebrates» другой выдающейся женщины, Либби Гайман (Libbie Huxman, 1888—1969) [5]. К сожалению, у Ольги Михайловны очень мало работ, изданных на иностранных языках (в общей сложности 11 статей). Все ее книги и большинство обзорных статей так и остались непереведенными, хотя зарубежные ученые регулярно на них ссылаются в своих работах. Общим результатом анализа литературных данных и размышлений Ольги Михайловны стала монография «Эволюционная эмбриология животных» [6]. У этой книги вообще нет (и не будет) аналогов — ни у нас, ни за рубежом. Фактически — это итог не только работ самой Ивановой-Казас, но всей полуторавековой эпохи классической эмбриологии.

Влияние работ Ивановой-Казас (равно как и А.В.Иванова) в отечественной зоологии беспо-



Накануне 50-летия.

звоночных было очень велико, не стоит думать, что они выступали здесь «единым фронтом». Мало кто знает, что у Ольги Михайловны есть лишь одна совместная с А.В.Ивановым статья «О происхождении Metazoa и их онтогенеза (критическая оценка гипотезы синзооспоры А.А.Захваткина)» [7].

*Должна заметить, что после того, как была опубликована моя первая (еще студенческая) статья, никто и никогда не вносил в мои рукописи никаких изменений; этого не делал даже мой муж (акад. А.В.Иванов). Оглядываясь на пройденный мною путь в науке, я признаю, что мне случалось иногда высказывать незрелые или ошибочные суждения. Не ошибается только тот, кто ничего не делает. Но я считаю, что лучше самой сделать ошибку, чем повторять чужие ошибки.*

Да, на многие ключевые проблемы у Ольги Михайловны и Артемия Васильевича были общие взгляды: во-первых, они — сторонники гипотезы фагоцителлы; во-вторых, придерживались монофилии как Metazoa, так и Bilateria; в-третьих, считали Acoela базальной группой билатерий. А.В.Иванов был сторонником эквивинальности развития, т.е. того, что разнообразие типов морфологических преобразований в онтогенезе зачастую никак не влияют на конечные стадии (как это имеет место у немертин). Ольга Михайловна, как ни странно, никогда не употребляла термин «эквивинальность» — она вообще не час-

то цитирует работы своего супруга (в последних ее статьях — даже реже, чем, например, работы другого выдающегося российского зоолога В.Н.Беклемишева, которого она, кстати, очень почитает до сих пор, считая его книгу «Основы сравнительной анатомии беспозвоночных животных» [8] самым серьезным сравнительно-морфологическим обобщением), хотя их взгляды на филогению беспозвоночных не всегда были сходными (как у многих представителей ленинградской зоологической школы). В решении вопроса, какой тип развития более первичен, Ольга Михайловна всегда руководствовалась идеей о том, что эволюция онтогенеза шла от менее рациональных типов развития к более рациональным.

*Я с интересом и вниманием относилась к идеям крупных специалистов из интересующих меня областей биологии, но при анализе своих собственных наблюдений не считала обязательным во всем с ними соглашаться. Конечно, мне часто случалось обсуждать некоторые общетеоретические вопросы с А.В.Ивановым, но при этом мы оставались, как говорится, «на равных», и оба извлекали пользу из этих беседований. А непосредственного отношения к моей исследовательской и литературной работе АВИ не имел.*

\* \* \*

Ольга Михайловна пережила всех своих учителей, всех своих одноклассников-сокурсников, почти всех друзей и подавляющее большинство коллег. Что говорить — она пережила многих своих учеников. К счастью, у Ольги Михайловны замечательный сын (Михаил Артемьевич Иванов-Казас), который помогает во всем и делает все возможное, чтобы ее жизнь была достойной. А Ольга Михайловна продолжает мыслить, она помнит так много имен, фактов, дат, что подтверждает безграничные возможности человеческого мозга.

Крупным ученым, даже если им отмерена долгая жизнь, редко удается воплотить все, что они задумали.

*Когда я вышла на пенсию, я считала, что сделала все, что было в моих возможностях. У меня вышло из печати более 170 статей и книг, большая часть которых была посвящена эволюционной морфологии, но 22 публикации более или менее серьезно касались проблем мифологии. Дело в том, что по состоянию здоровья я потеряла способность самостоятельно посещать библиотеки и следить за новостями науки, и работа по специальности стала для меня слишком трудной. Но сидеть сложа руки я тоже не могла, и мне пришлось, выражаясь языком Остапа Бендера, «переквалифицироваться в управдомы». Я с детства интересовалась мифологией и в моей домашней библиотеке оказалось довольно много книг из этой области. Перечитывая их, я рассматривала мифы с зоологической точки зрения.*

Начала я с небольшой шутильной статьи «Круглый стол по проблеме происхождения русалок», опубликованной в 1999 г. в «Биологии моря»\*. Позднее этот журнал, а также «Природа» часто печатали в апрельских номерах (под разными, иногда вымышленными фамилиями) мои шутильные статьи по мифологии. Но я, как говорится, «сидела между двух стульев», так как профессиональные мифологи зоологией не интересуются, а зоологи не относятся к мифологии серьезно. Поэтому несколько книжонок мне пришлось опубликовать за свой счет небольшим тиражом. Затем я настолько расхрабрилась, что написала более серьезную книгу «Мифологическая зоология». Кроме того, я начала рисовать иллюстрации к моим сочинениям. Сначала это были русалки и другие химеры, а потом и просто фантастические животные. Мне удалось освоить некоторые приемы рисования с помощью компьютеров, и я дала волю своей фантазии. Таким образом, у меня образовалась целая картинная галерея.

Всего Иванова-Казас выпустила семь книг на мифологическую тематику: «Почти все о русалках и кое-что о других химерах и чудовищах» (книга выдержала два издания, 2001 и 2005 гг.), «Мифологическая зоология» (2004), «Метаморфозы и трансиминации» (2004), «Беспозвоночные в мифологии, фольклоре и искусстве» (2006), «Птицы в мифологии, фольклоре и искусстве» (2006) и «Животные в мифологии и изобразительном искусстве: история размежевания фантастической и научной зоологии» (2011).

Несколько лет назад Ольга Михайловна подарила свою роскошную научную библиотеку Ин-

ституту биологии моря ДВО РАН. Возможно, она не собиралась возвращаться в науку, но в какой-то момент поняла, что не может молчать.

Возникшие в последнее время противоречия между взглядами эволюционных морфологов и молекулярных биологов заставили меня вернуться к рассмотрению некоторых эволюционных проблем: инверсии дорсо-вентральной оси хордовых, происхождения членистоногих и т.д.

В последнее десятилетие, уже перешагнув 90-летний рубеж, Ольга Михайловна написала несколько интересных статей, посвященных самым острым проблемам эволюционной морфологии. Например, в статье «К вопросу о происхождении Pogonophora» Иванова-Казас указывает на резкое отличие в эмбриональном развитии погонофор и аннелид [9]. Это ставит под сомнение почти безоговорочно принятое в современной науке положение о том, что погонофоры — просто семейство кольчатых червей. В другой статье — «Trichoplax и ранняя эволюция Metazoa» — выдвигает гипотезу о том, что многоклеточные животные очень рано разделились на две линии — Placozoa и Phagocytellozoa [10].

Не могла пройти Ольга Михайловна и мимо проблемы Ecdysozoa — появившейся в последние два десятилетия идеи об объединении в один крупный таксон членистоногих и круглых червей. Этой проблеме посвящена статья «Происхождение членистоногих и клад Ecdysozoa» [11]. В журнале «Биология моря» готовится к печати новая публикация О.М.Ивановой-Казас о происхождении вторичноротых животных, а в текущем номере «Природы», несколькими страницами ранее, Ольга Михайловна вновь обсуждает эволюционные метаморфозы туникат. Воистину, все это не может не восхищать! ■

\* Иванова-Казас О.М. Круглый стол по проблеме происхождения русалок // Биология моря. 1999. Т.25. №3. С.253—259.

## Литература

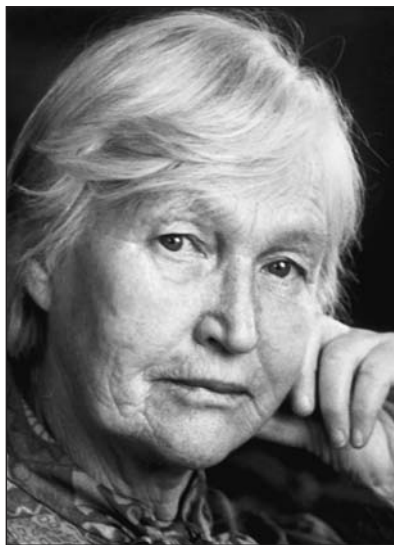
1. Иванова-Казас О.М. Воспоминания // Андрей Петрович Римский-Корсаков. СПб, 1997. С.120—128.
2. Иванова-Казас О.М. Воспоминания о Валентине Александровиче Догеле // Труды СПб-го общ. естеств. Сер.1. 2002. Т.95. С.31—38.
3. Казас О.М. Неотения // Природа. 1936. №8. С.57—67.
4. Иванова-Казас О.М. Очерки по сравнительной эмбриологии перепончатокрылых. Л., 1961.
5. Нутан L.H. The Invertebrates. V.1—6. NY, 1940.
6. Иванова-Казас О.М. Эволюционная эмбриология животных. СПб, 1995.
7. Иванова-Казас О.М., Иванов А.В. О происхождении Metazoa и их онтогенеза (критическая оценка гипотезы синзооспоры А.А.Захваткина) // Труды Зоол. инст. АН СССР. 1963. Т.44. С.5—25.
8. Беклемишев В.Н. Основы сравнительной анатомии беспозвоночных. Т.1—2. М., 1964.
9. Иванова-Казас О.М. К вопросу о происхождении Pogonophora // Биология моря. 2007. Т.33. №5. С.387—391.
10. Иванова-Казас О.М. Trichoplax и ранняя эволюция Metazoa // Биология моря. 2013. Т.39. № 6. С.436—441.
11. Иванова-Казас О.М. Происхождение членистоногих и клад Ecdysozoa // Онтогенез. 2013. Т.4. №5. С.303—315.

# Почвовед и геохимик М.А.Глазовская

Все выпускники географического факультета Московского государственного университета (МГУ), все ученые, специальность которых так или иначе связана с науками о Земле, и наверняка все читатели «Природы» знают имя профессора Марии Альфредовны Глазовской. Выдающийся географ, геохимик, почвовед, одна из основоположников геохимии ландшафтов, доктор географических наук, заслуженный профессор МГУ, заслуженный деятель науки РСФСР, почетный член Общества почвоведов им.В.В.Докучаева, Международного общества почвоведов и Русского географического общества, лауреат Государственной премии СССР, премий МГУ им.М.В.Ломоносова, Мария Альфредовна отметила в этом году свой 102-й день рождения.

Старшее поколение выпускников нашего факультета имело счастье слушать ее лекции. Молодые географы знают о ней по восторженным рассказам своих преподавателей и по многим ее учебникам и научным статьям. Если уж говорить о поколениях, то Мария Альфредовна оказывается между «классической» наукой ее учителей, о которой она любит вспоминать с благодарностью и любовью, и современной географией с ее удивительными технологическими возможностями. Именно связь концепций и методов разных времен — яркая черта научного творчества Глазовской. Ему свойственно сочетание тонких экспериментов с географической широтой в отношении не только объектов, но и закономерностей их строения и функционирования. Кроме того, она занималась внедрением в описательные географические науки точных химических и микробиологических методов.

Мария Альфредовна внесла огромный вклад в развитие генетического почвоведения, физической географии, геохимии ландшафтов, учения об окружающей среде. Спектр ее интересов широк — от анализа геохимических функций микроорганизмов до глобальных почвенно-



Мария Альфредовна Глазовская.

классификационных и почвенно-географических построений, от изучения фундаментальных законов миграции и аккумуляции элементов в географической оболочке до сугубо прикладных методических работ для оценки техногенного загрязнения природной среды и для поисков полезных ископаемых. Вместе со своим учителем Б.Б.Полыновым и коллегой А.И.Перельманом Глазовская заложила основы геохимии ландшафта как науки и сформировала в стенах Московского университета ландшафтно-геохимическую школу, получившую название полыновской.

Вероятно, личность Глазовской как ученого во многом сформировалась «на фоне войн и революций XX века». Так было определено время ею самой в автобиографической книге, увидевшей свет в прошлом году. В этой удивительной книге, которую никто от Марии Альфредовны не ожидал, показана ее жизнь до переезда в Москву: раннее детство, скитания в Гражданскую войну, студенческие годы в период репрессий и зарождения лысенковщины, годы Великой Отечественной войны в Алма-Ате. Несмотря на описание невероятных трудностей, павших на плечи восьмилетней девочки, а потом студентки «из интеллигентов», книга оставляет ощущение оптимизма и веры в силу разума и добра. Читателю этих воспоминаний становится очевидно, что такой путь мог успешно пройти только человек с твердым характером, ясными принципами и безграничной преданностью науке.

Мария Альфредовна родилась 26 января 1912 г. Детство, и в том числе первые годы после Октябрьского переворота, она провела на «зимней даче» в Ленинградской обл. — на станции Ушаки Николаевской железной дороги. В своих воспоминаниях Мария Альфредовна описывает голодную жизнь 1917—1918 гг. и предпринятую в 1919 г. попытку поехать к бабушке в Киев — туда, где, как она писала, *есть хлеб, свиное сало и другие продукты, и вы все не умрете от голо-*

да\*. Товарный поезд, в котором семилетняя Мария ехала с матерью и младшей сестрой, был остановлен в г.Жлобине (Белоруссия). В какой-то день, когда поезд остановился, у дверей нашего вагона громким голосом объявили: «Поезд дальше Жлобина не пойдет, в Киеве немцы. Всем пассажирам приказ — выходите и освобождайте вагон». Все пассажиры и мама с нами и нашими саночками вышли на вокзальную площадь. Мать устроилась на работу — сначала машинисткой в Жлобине, а затем учительницей в сельской школе в деревне Коротковичи, но вскоре заболела сыпным тифом и оставила все хозяйство на маленькую дочь. ...Настало время, когда я, а не кто иной, отвечает за все, что с нами дальше будет... Мне недавно исполнилось 8 лет; мама заболела накануне дня моего рождения. Острое чувство долга и ответственности я испытывала впервые. Сейчас, когда я пишу эти строки, мне 97 лет. Однако я во всех деталях помню тот первый день заболевания мамы, как будто все это происходило вчера.

Зима выдалась непростой для маленькой Марии. Она одна заботилась о младшей сестре и больной матери, которая вслед за сыпным тифом перенесла тяжелое воспаление легких. Неприятные воспоминания о выпавших на их долю трудностях и болезнях заставили мать с двумя девочками переехать на новое место жительства — в совхоз, расположенный недалеко от г.Бобруйска. Мне скоро будет 9 лет, но я в этой новой обстановке из озабоченной своими обязанностями взрослой девочки превратилась в веселого общительного ребенка.

В 1922 г. семья покинула Белоруссию и вернулась в свое чудом сохранившееся в огне революции имение в Ушаках, где Мария Альфредовна продолжила учиться в школе-пятилетке. Среднюю школу она окончила уже в Колпине, где ей привили любовь к химии, к химическим анализам, к лабораторной работе.

В 1929 г. Глазовская поступила на факультет агрохимии и почвоведения Ленинградского сельскохозяйственного института, но уже на 1-м курсе перевелась на почвенное отделение геолого-почвенно-географического факультета Ленинградского государственного университета им.А.А.Жданова (ЛГУ; ныне Санкт-Петербургский государственный университет).

Лекции по палеогеографии и четвертичной геологии читали тогда молодые будущие академики И.П.Герасимов и К.К.Марков, курс «Методика почвенно-географических исследований» преподавал заведующий кафедрой географии почв профессор Б.Б.Полынов, которого Мария Альфредовна всю жизнь считает своим учителем\*\*.

\* Здесь и далее курсивом приводятся цитаты из книги М.А.Глазовской «События моей жизни на фоне войн и революций XX века» (М., 2013).



Детские годы.

Лекции Бориса Борисовича были прекрасны по форме и привлекательны по содержанию. Рассказывая о сложных, непонятных на первый взгляд почвенно-геоморфологических «аномалиях» — «загадках природы», — он обращался к слушателям с просьбой предложить свои версии их решения. Дружественный доверительный тон этих лекций-бесед позволял даже самым стеснительным студентам активно участвовать в игре «Загадки — разгадки», не опасаясь, что будут осмеяны. Доброта, дружелюбие, человеческое отношение к молодым слушателям, внимание к успехам и мягкая критика промахов — все это вместе взятое составляло великолепный облик педагога и человека. Борис Борисович быстро запоминал имена студентов и относился к ним «по-отечески». К мальчикам он обычно обращался на «ты», девочкам неизменно говорил «вы». Все студенты его любили и многие хотели учиться и работать под его руководством. <...>

\*\* В 1975 г. М.А.Глазовская опубликовала в «Природе» (№11, с.59—77) статью «Мой учитель — Б.Б.Полынов», а в 2010 г. на страницах нашего журнала (№8, с.64—73) увидели свет литературные очерки-рассказы Полынова, долгие годы хранившиеся у Марии Альфредовны.





Группа студентов 1-го курса Ленинградского сельскохозяйственного института. В верхнем ряду третья справа М.А.Глазовская.

*Я попросила Бориса Борисовича, чтобы он имел меня на прицеле — для будущих работ по исследованию процессов первичного биологического выветривания и почвообразования в горах Тянь-Шаня. Борис Борисович с радостью поддержал мои намерения.*

После сдачи экзаменов Мария Альфредовна получила от Полюнова предложение участвовать в комплексной Нижневолжской экспедиции по изучению земель Прикаспийской низменности как будущих объектов орошения и была принята на работу в Почвенный институт им.В.В.Докучаева АН СССР. После возвращения в Ленинград некоторым участникам Нижневолжской экспедиции, нуждающимся в дополнительном заработке, Борис Борисович предложил продолжать обработку полевых материалов, подготовку образцов, проведение химических анализов и написание отчетов с доплатой некоторой суммы к нашей стипендии. После лекций в Университете мы мчались на работу в Почвенный институт, близ здания эти находились почти рядом.

В 1935 г. Глазовская окончила университет и осталась в аспирантуре в Географо-экономическом научно-исследовательском институте (ГЭНИИ), который входил в структуру геолого-почвенно-географического факультета ЛГУ. Вскоре Докучаев-

ский почвенный институт, как и Институт географии АН СССР, был переведен в Москву. Связь с Полюновым не прерывалась. Под его руководством по результатам многолетних исследований Мария Альфредовна в 1937 г. защитила диссертацию под названием «Материалы по изучению почвенных комплексов Прикаспийской низменности» и получила ученую степень кандидата геолого-минералогических наук. В том же году Полюнов и многие его ученики были арестованы. *Следствие длилось год, после чего за недостатком улик вся полюновская группа была реабилитирована и сразу же освобождена. Сразу после освобождения Бориса Борисовича я пригласила его к себе, устроив маленький торжественный ужин с изысканными сырами, осетриной, сухим вином и даже любимыми его сигаретами. «Марусенька! Как Вы чудесно это придумали! Как это прекрасно...».*

В 1936 г. Мария Альфредовна вышла замуж за Виталия Емельяновича Гордиенко. Он окончил тот же факультет ЛГУ двумя годами раньше нее и учился в аспирантуре при кафедре физической географии под руководством профессора А.А.Григорьева (в последующем академика и директора Института географии АН СССР в Москве). После защиты кандидатской диссертации Гордиенко был распределен на работу в Казахстанский педа-

гогический институт. Родом из Самарканда, он не мог представить себе свою жизнь вне Средней Азии. Он не любил Ленинград; для него Ленинград был холодным, темным и дождливым.

В 1938 г. Мария Альфредовна поехала вслед за мужем в Алма-Ату на постоянное место жительства. Как молодой специалист, Виталий Емельянович в Алма-Ате получил квартиру в одноэтажном домике. Старый одноэтажный домик на ул.Талгарская; в нем — изолированная квартира с отдельным входом, две комнаты и кухня; выход из домика — прямо на берег горной речки Малая Алматинка.

В Алма-Ате Гордиенко установил научные связи с Институтом географии Казахского филиала Академии наук СССР и организовал Талгарскую гляциологическую экспедицию — исследование ледников Заилийского Алатау, которое продолжалось до 1942 г. Мария Альфредовна устроилась на работу в почвенное отделение Казахского филиала Академии наук.

Наша с Виталием недолгая счастливая жизнь была нарушена летом 1940 г. неожиданной мобилизацией всех мужчин, не достигших 30-летнего возраста. Виталию оставалось 2 месяца до этих 30 лет. Ходатайства пединститута, ссылки на срыв учебного процесса были безуспешны, и он был отправлен в войсковые части в Западную Белоруссию для «освобождения братьев славян». Я ездила к нему туда, в часть, стоявшую недалеко от Бреста. Виталий, договорившись с начальством, снял комнату на хуторе, где мы провели некоторое время. Это было за 4 месяца до начала Отечественной войны. В 1945 г. Мария Альфредовна получила известие о гибели мужа.

Во время войны, с приближением фронта к Москве, в Алма-Ату были эвакуированы некоторые известные географы. Приехали и поселились у Марии Альфредовны Константин Константинович Марков с женой Анастасией Пантелеймоновной Жуже — известным палеогеографом, специалистом по диатомеям. Из Москвы приехал также Иннокентий Петрович Герасимов с женой (тоже почвоведом), Еленой Всеволодовной Лобовой. В Почвенном отделении Казахского филиала Академии наук Герасимов и Лобова организовали отдел картографии и провели большую работу по составлению областных почвенных карт Казахстана.

Несмотря на военное время, в Казахстане активно велись экспедиционные исследования. Население Алма-Аты резко увеличилось в годы вой-



Группа учеников и последователей, приглашенных Б.Б.Полыновым (в центре) в ресторан в ознаменование защиты диссертации М.А.Глазовской (крайняя слева). Ленинград, 1937 г.



В высокогорьях Заилийского Алатау. 1942 г.



На прогулке с сыном Никитой. Алма-Ата. 1949 г.

ны из-за большого числа эвакуированных сюда людей, росла и потребность в снабжении города продуктами. Поэтому работы Глазовской и ее коллег-почвоведов по поиску и изучению территорий, пригодных для земледелия, были очень востребованы.

Мария Альфредовна жила в Казахстане до начала 50-х годов. Результатами ее научной деятельности стали почвенные карты равнинных территорий с географическими очерками о них, а также новые идеи о почвообразовании в высокогорьях, изложенные в ее докторской диссертации «Внутренний Тянь-Шань как горная страна Центральной Азии» (1952).

В те же годы на основе немногих доступных тогда зарубежных источников Мария Альфредовна написала первую на русском языке книгу о почвах и ландшафтах Австралии и составила ее почвенную карту. Этот труд имел любопытную историю. На Международном конгрессе почвоведов в 1968 г. основоположник почвоведения в Австралии Д.А.Прескотт сравнил свою карту, созданную на основании многолетних исследований, с произведением Глазовской и удивился, что он не пересекался с ней во время полевых работ. Его изумление еще больше возросло, когда он узнал, что русская женщина-почвовед в Австралии впервые! Сама же Мария Альфредовна после большой полевой экскурсии по центральной части континента

сказала со свойственной ей самоиронией: «А ведь правильно я про Австралию написала».

В 1952 г. Глазовская вместе с мамой и маленьким сыном Никитой переехала в Москву и поселилась в новом здании МГУ (где и живет до сих пор). Ее второй сын — Андрей — родился уже в Москве, в 1954 г.

По приглашению Маркова, к тому времени уже декана географического факультета МГУ, Мария Альфредовна заняла должность доцента на кафедре географии и картографии почв. Заведовал кафедрой в то время Ю.А.Ливеровский, а позже И.П.Герасимов.

В 1959 г. Глазовская возглавляет кафедру и преобразует ее в кафедру геохимии ландшафтов и географии почв. В центре ее научных интересов становится геохимия, которая развивается с целью совершенствования поисков рудных месторождений. Однако со временем геохимия ландшафтов в работах Марии Альфредовны приобретает более общее значение: Глазовская предлагает классификацию геохимических ландшафтов, составляет оригинальные карты и изучает особенности разных территорий. Через идеологию геохимии ландшафтов Мария Альфредовна приходит к представлениям о закономерностях трансформации ландшафтов и почв и их устойчивости к разным видам техногенных воздействий.

*В это время мои сыновья были подростками в возрасте 13 и 5 лет. Мне очень помогла моя мама. Кроме того, я нашла няню — Анастасию Андреевну, которая стала членом нашей семьи, обретаю мою любовь и любовь моих сыновей. Пока няня была с нами, я могла много работать, надолго покидать семью, участвовать в многочисленных конференциях в стране и за рубежом, а главное — я могла отдавать много времени и сил на организацию учебной и научной работы кафедры, разрабатывать курсы лекций и читать их.*

В 60—70-х годах, в период острых дискуссий о природных зонах и зональности, Мария Альфредовна опубликовала полемическую статью о закономерностях географии почв земного шара. Как альтернативу упрощенной зональной схеме она ввела понятия о мезоструктурах и макроструктурах почвенного покрова, о типах почвенно-генетических регионов и почвенно-геохимических сопряжений, а также разработала новые принципы почвенно-географического районирования суши. Эти идеи были отражены на широко известной Почвенной карте мира масштаба 1 : 15 000 000, составленной ею совместно с В.М.Фридландом (1982).

На примере территорий, измененных добычей нефти и сернистых углей, Глазовская вместе со своими учениками предложила новые методы изучения техногенных ландшафтов и почв, разработала принципы эколого-геохимического районирования и ввела множество новых понятий и методов, которыми теперь активно пользуются



С мамой. 1950-е годы.



С сыновьями Никитой и Андреем. 1960-е годы.

специалисты в области экологии и охраны окружающей среды. Особенно широкое применение нашли новые методы оценки устойчивости разных ландшафтов к техногенным нагрузкам. Критериями такой оценки стали результаты анализа педохимически и биохимически активных веществ, технобиогеом, деструкционной активности химических элементов, а также прогнозное эколого-геохимическое картографирование.

На одной из своих лекций о почвах мира Глазовская не без иронии сказала, что многие ученые, перешагнувшие определенный возрастной рубеж, начинают заниматься классификацией своих объектов и что она тоже поддалась этому искушению. Мария Альфредовна создала оригинальную геохимическую классификацию почв мира, основанную на анализе почвообразовательных процессов с геохимических позиций и на положении почвы в геохимическом ландшафте. В этой классификации большая роль принадлежит окислительно-восстановительному и кислотно-основному режимам почв.

На примере классификации почв хорошо видна уникальная черта трудов Глазовской: стремление внедрить в географию почв идеи и представления геохимии ландшафтов и, наоборот, обогатить геохимию ландшафтов сведениями из генетического почвоведения. В ее исследованиях геохимических ландшафтов почва всегда рассматривается как средоточие всех потоков вещества и энергии. Такое тесное переплетение почвенно-географических и ландшафтно-геохимических подходов особенно ярко проявляется в творчестве Марии Альфредовны начиная с 1970-х годов.

В последние десятилетия Глазовская уделяла большое внимание глобальным проблемам функций педосферы в геохимическом цикле углерода.

Широкому теоретическому обобщению посвящена ее недавняя монография «Педолитогенез и континентальные циклы углерода» (2009). В ней рассматриваются циклы углерода в природных экосистемах различного масштаба и уровня организации. На основании радиоуглеродного возраста органического вещества, термолюминесцентного анализа, археологических и исторических данных определены скорости стока органического углерода, его накопления и консервации в кон-



На почвенном разрезе. 1960-е годы.



Сотрудники кафедры. 1994 г.

тинентальных условиях в настоящее время, а также в голоцене и плейстоцене.

Глазовская — выдающийся педагог. Многие поколения специалистов — географов и почвоведов — воспитаны на ее лекциях и учебниках. За 40 лет педагогической деятельности на географическом факультете МГУ она прочитала следующие курсы лекций: «Общее почвоведение и география почв», «Геохимия ландшафтов СССР», «Геохимические функции микроорганизмов», «Почвы мира».

Приведем цитату из заметки, опубликованной к юбилею Марии Альфредовны выпускницей кафедры географии почв, а ныне профессором факультета почвоведения МГУ Т.А.Соколовой: «Сейчас я сама преподаю почвенные дисциплины уже почти 40 лет и до сих пор не перестаю удивляться и восхищаться — каким же емким и насыщенным может быть лекционный курс. По лекциям Марии Альфредовны, которые я записывала в толстую общую тетрадь в клеенчатом переплете, я сдавала не только экзамен по этому курсу — содержание лекций позволило мне сдать по этой тетрадке еще и госэкзамен, и вступительный экзамен в аспирантуру, и кандидатский минимум».

Глазовская руководила семинаром кафедры по проблемам геохимии ландшафтов и почвоведения и рядом аспирантских семинаров. Она воспитала десятки учеников, под ее руководством защитились около 40 кандидатов и восемь докторов наук.

В заключение хотелось бы привести еще одну цитату из заметки Соколовой, созвучную с размышлениями о личности Глазовской. «Не могу не написать еще об одной стороне лекций Марии Альфредовны. Начало 50-х было не только годами сталинского террора, в совет-



Ректор МГУ В.А.Садовничий поздравляет Марию Альфредовну с 90-летним юбилеем. 2002 г.



На даче в кругу семьи. 2013 г.



С деканом географического факультета МГУ Н.С.Касимовым. Вручение золотой медали РГО. 2012 г.

ской биологии в это время правила банда “народного академика” Лысенко. Лысенковщина коснулась и смежных дисциплин, в том числе и почвоведения... Среди наших преподавателей запомнились два человека, которые осмеливались не соглашаться с одобренной и навязываемой властями доктриной. Это были Мария Альфредовна Глазовская и Владимир Николаевич Сукачев. Из лекций этих замечательных людей мы получали не только знания, но и первые уроки гражданского мужества». Действительно, Мария Альфредовна не внушала своим ученикам, что эволюция почв происходит в соответствии с популярной в то время теорией Вильямса о едином почвообразовательном процессе, а знакомила их с другими возможными подходами к этой проблеме. И она никогда не утверждала, как того требовала официальная позиция, что тра-

вополную систему земледелия можно применять на любых почвах от тундры до пустыни.

Глазовская — автор серии учебников и учебных пособий для студентов-географов и почвоведов, в том числе «Почвы мира» (1972, 1973); «Общее почвоведение и география почв» (1988), «Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР» (1988) и др. Она написала почти 800 научных трудов, среди которых ряд ставших классическими монографий: «Геохимия ландшафтов и поиски полезных ископаемых на Южном Урале» (1961), «Почвы зарубежных стран» (1975), «География почв и основы почвоведения» (1991), «Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям» (1997), «Геохимические основы типологии и методики исследования природных ландшафтов» (1964, 2002), «Педолитогенез и континентальные циклы углерода» (2009).

Мария Альфредовна руководила кафедрой с 1959 до 1987 г., и сегодня она продолжает работать в должности профессора-консультанта. *На кафедре сложилась своя научная школа, а я в течение 30-летнего периода заведования этой кафедрой старалась объединить теорию и методы докучаевского генетического почвоведения и полыновского учения о геохимических ландшафтах и методах их системного анализа.*

*Я счастлива, что мне удалось участвовать в становлении в системе наук о Земле новой науки — геохимии ландшафтной оболочки нашей планеты — сферы жизни и деятельности человека. ■*

# Возрождение острова Васильевского

А.Ю.Гуков,  
кандидат биологических наук  
Государственный природный заповедник Усть-Ленский  
Республика Саха (Якутия)

Современная волноприбойная ниша на побережье моря Лаптевых.  
Так под действием моря разрушаются ледяные острова.

Фото М.А.Анисимова



В конце сентября 2013 г. полковник ВВС Владимир Иванович Рукавишников и экипаж вертолета «Ми-26» под командой Александра Матвеева во время полета над морем Лаптевых по трассе пос.Тикси — о.Котельный заметили с воздуха низкий остров. Но на карте в этом районе моря с координатами 73°59.086' с.ш., 133°07.398' в.д. не было обозначено никаких объектов. Тем не менее остров существовал. Он представлял из себя длинную серповидную песчаную косу с бревнами плавника на берегу. Ее противоположные концы сходились, образуя лагуну.

После обнаружения острова специалисты нашего заповедника проанализировали накопленные за многие годы данные о глубинах моря Лаптевых и его подводных ландшафтах. Выяснилось, что новая суша поднялась со дна на месте прежнего о.Васильевского. Море поглотило остров по меньшей мере 77 лет назад, и все это время здесь существовала подводная мель (банка). Последний раз о.Васильевский наносился на навигационные карты в 1936 г. На картах, которые выпускались позднее, на его месте показывалась банка Васильевская. Точная дата исчезновения острова неизвестна. Его остатки иногда появлялись над поверхностью воды, что было связано с характером приливо-отливных колебаний и сгонно-нагонных явлений.

Впервые о.Васильевский был замечен в 1814 г. якутским мещанином Н.С.Бельковым, принявшим его в тумане за большой о.Столбовой. В 1815 г. передовщик\* Белькова, промышленник-мореход, якут Максим Ляхов выяснил, что это неизвестный доселе остров. Вероятно, одновременно с Васильевским был открыт и о.Семеновский (тоже впоследствии исчезнувший), расположенный в 12 милях к северо-северо-востоку от о.Васильевского. Бельков посетил о.Васильевский 26 апреля 1822 г., а о.Семеновский — на следующий день. По данным известного полярного исследователя П.Ф.Анжу, в 1823 г. длина о.Васильевского была около 4 миль, а ширина 0.8 мили. По материалам Гидрографической экспедиции Северного Ледовитого океана (1910—1915), в 1912 г. длина острова составляла уже 2.5 мили (4.6 км). В 1936 г. гидрографическое судно «Хронометр» обнаружило в 12 милях к юго-юго-западу от о.Семеновского лишь банку с глубиной моря над ней около 3 м. Остров Васильевский исчез.

Так происходит и на других островах моря Лаптевых: сложенные многолетнемерзлыми породами, они не могут противостоять одновременному действию тепла морской воды и силы волн. Под их влиянием в ледяных берегах образуются волноприбойные ниши, которые затем обрушива-

\* Передовщик — человек, высланный вперед для чего-нибудь, идущий впереди.





Остров, образовавшийся на месте бывшего о.Васильевского.

Фото С.Н.Рыжего



Английская карта моря Лаптевых (1882), на которой отмечены острова Васильевский и Семеновский.

ются в воду. Течения уносят оттаявший рыхлый материал, ускоряя процесс разрушения острова. Увеличение глубин происходит за счет вытаявания льда в донных породах, химических процессов, а также под воздействием гидродинамических факторов морского волнения.

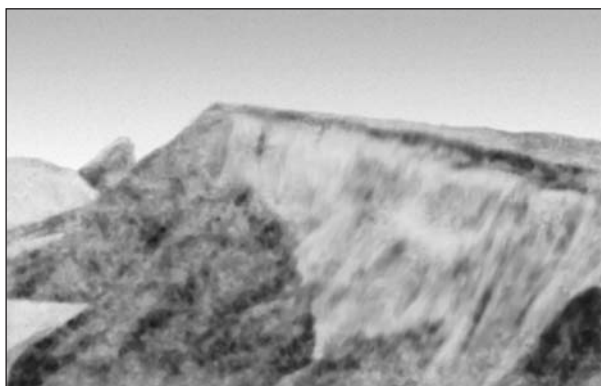
Обнаруженный осенью 2013 г. остров по своей структуре и внешнему виду ничем не напоминает старый о.Васильевский, который был сложен высокольдистыми породами и имел очень высокие (до 15–16 м) берега. Прежний остров образовался предположительно около 5–8 тыс. лет назад, когда огромная приморская плейстоценовая равнина, осушенная в период максимума последнего оледенения, затапливалась водами тающих ледников. На ее месте образовалось современное шельфовое море, над поверхностью которого остались Новосибирские о-ва.

В 1965 г. в районе бывшего положения островов Семеновского и Васильевского был выполнен подробный промер глубин. Очевидно, представление о размерах о.Васильевского в последние два века дает площадь, ограниченная двухметровой изобатой. Наименьшая глубина над бывшим островом, выявленная промером 1965 г., оказалась равной 0.8 м. Там, где в 1823 г. был пляж, в настоящее время расположены глубины в 4.4–5.0 м. Следовательно, в результате подвод-

ной термоабразии дно моря могло оттаивать на 3—4 см в год.

Что же могло привести к подъему части морского дна и образованию острова в районе с глубинами моря от 3 до 6 м? Разноплановая информация, накопленная в заповеднике в ходе реализации проекта «Подводные ландшафты моря Лаптевых», позволяет рассматривать две основные причины. Первая связана с работой льда. Экзарация (вспахивание) морского дна льдом на мелководьях приводит к образованию борозд с одной стороны и подводных гряд с другой. Огромные ледовые поля, врезааясь в донный грунт, сгребая его, подобно бульдозеру, в высокие валы или гряды. Напор массивных полей заставляет край льда напозать на мелководные участки и прочно садиться там на мель. Весь перемещенный льдом материал — ил, песок, камни — остается лежать на месте, защищенный от действия волн надежным барьером из тающего льда. Такое относительно стабильное состояние перемещенного льдом грунта способствует его уплотнению. При благоприятных условиях получившиеся гряды могут подниматься выше уровня моря и смерзаться в единый монолит, тем самым еще более упрочняя основание нового острова. Но справедливости ради стоит отметить, что в дальнейшем одной только энергии волн достаточно, чтобы размыть эти новые косы.

Вторая возможная причина образования острова связана с тектоническими процессами. Геологи М.Т.Кирюшина, С.А.Стрелков и др. доказывают, что в настоящее время весь север Сибири между Полярным Уралом и устьем р.Индикирки испытывает общее неравномерное поднятие, в которое вовлечены горные хребты, участки побережья и все прилегающие арктические острова [1]. Средняя скорость поднятия (без учета неоднократного изменения знака движения) варьирует для различных участков от нескольких миллиметров до 20—30 см за тысячелетие. Изучение старинных карт и описи побережий Сибири показало, что в течение последних трех столетий в Северном



Единственная фотография о.Васильевского, сделанная в 1912 г. советским полярником, врачом Гидрографической экспедиции Северного Ледовитого океана Л.М.Старокадомским.

Ледовитом океане появилось несколько новых островов. Яркий пример тому — Земля Бунге, расположенная на островах Анжу между западной частью о.Котельный и полуостровом Фаддеевский и прошедшая эволюцию от морского пролива до песчаной суши. Высокие скорости современных вертикальных движений земной коры в районе Новосибирских о-вов, полученные по данным многолетних изменений уровня моря, свидетельствуют об активных тектонических процессах. Ю.А.Ванда и Е.Н.Дворкин рассчитали, что мыс Кигилях на о.Большом Ляховском поднимается на высоту от 0.8 до 3.7 мм в год, в то время как о.Котельный опускается на 5.2 мм в год [2]. По мнению геолога Ю.П.Масуренкова [3], поднявшийся со дна моря остров представляет собой новое вулканическое образование, а лагуна в центре острова очень напоминает кратер.

В современную эпоху в районе моря Лаптевых наблюдается одновременное поднятие морского дна и повышение уровня моря. Следовательно, мы имеем дело с действием нескольких разнонаправленных природных процессов, требующих регулярного мониторинга. ■

## Литература

1. *Кирюшина М.Г.* Особенности проявления новейшей тектоники в Советской Арктике // Кирюшина М.Г. Неотектоника СССР. Рига, 1961.
2. *Ванда Ю.А., Дворкин Е.Н.* Современные тенденции тектоники Новосибирского архипелага. Научные результаты экспедиции ЛАПЭКС-93. СПб., 1994.
3. *Масуренков Ю.П., Собисевич А.Л., Петрова В.В. и др.* Современная активность эндогенных процессов у острова Беннетта (архипелаг Де Лонга, Арктика). М., 2012.

# Ужасное событие, случившееся в 1888 году в селе Кашкаранцы

В.Я. Евзеров,

доктор геолого-минералогических наук  
Геологический институт Кольского НЦ РАН  
г. Апатиты

Есть на южном побережье Кольского п-ова вдающийся в Кандалакшский залив Белого моря мыс. Длина его примерно 700 м, ширина — не более 650 м. На нем расположено небольшое село Кашкаранцы. Земли эти в XV в. принадлежали новгородской боярыне Марфе Борецкой. В 1470 г. они были то ли переданы, то ли проданы Соловецкому монастырю. В 1839 г. в селении насчитывалось 13 домов, в 1854 г. — 18, в 1900 г. — 37. В 1914 г. в уже 60 домах проживало 317 человек. Основной доход населения составляла продажа семги и нерпы.

Первую деревянную церковь в поселке перестроили из древней часовни, некогда возведенной тремя иноками Соловецкого монастыря. В 1895 г. ее фактически пришлось возводить заново после пожара в октябре 1894 г., полностью уничтожившего предыдущее здание. В 1932 г. церковь закрыли и впоследствии использовали как клуб. В начале 2000 г. храм был возвращен епархии. В настоящее время эта церковь иконы Тихвинской Божьей Матери, расположенная на прежнем месте, важна как некий ориентир, который позволяет представить себе арену трагических событий 5 января 1888 г.

## Что же случилось в селе?

В Интернете можно найти две версии происшедшего здесь в конце позапрошлого века. Согласно первой, в ночь на 5 января на дворе поднялся шквальный ветер. Он срывал крыши домов, валил изгороди. Трещали карбасы, рыбацкие лодки разбивались о причалы. С моря многометровые волны подняли лед, и он стеной надвигался на берег. Люди проснулись от треска и грохота, в панике выбежали из домов, ища спасения у стен храма. И тут перед народом предстал священник. С иконой в руках он пошел к бушующему морю. Выставил святыню вперед и стал истоиво молиться.

*В эту ночь, накануне великого церковного праздника Крещения Господня, будто вся древняя нечисть этих берегов, колдовское воинство лопарской богини Лоухи, решили дать бой Кашкаранским святыням, смести с лица земли селение, основанное вокруг мощей трёх преподобных иноков.*

Игумен Митрофан (Баданин)



Икона Тихвинской Божьей Матери в селе Кашкаранцы.

Фото Е.Шелковникова



Церковь иконы Тихвинской Божьей Матери в селе Кашкаранцы.

Фото В.Ю.Калачева

И — о чудо! — силы природы отступили. После этого события икона Тихвинской Божьей Матери стала самой почитаемой в здешних местах.

Другая (реальная) картина происшедшего выглядит несколько по-иному. По материалам газетной статьи\*, написанной со слов очевидцев, в селе Кашкаранцы, располагавшемся на расстоянии около 64 м от полосы заплеска на высоте до 3.6 м над ур.м., 5 (18) января 1888 г. произошло небывалое событие. В четвертом часу утра при тихом северо-западном ветре крестьяне «были поражены каким-то странным гулом, который перешел вдруг в грохот, похожий на пальбу нескольких пушек зараз» [1]. Люди выбежали из домов и увидели, что с северо-западной стороны села на берег с моря надвигается лед, упорно приближаясь к поселку. Достигнув его, ледяные глыбы начали крушить встречающиеся на их пути строения. Движение льда остановилось в 8 ч утра. Вся площадь

вдоль берега на протяжении примерно 850 м (400 саженей) в длину и до 150 м в ширину оказалась покрытой сплошной массой льда, возвышавшегося на 11—17 м (5—8 саженей). Было разрушено 27 амбаров со съестными припасами, рыболовными снастями и разными хозяйственными принадлежностями, 11 бань и шесть дворов с хлевами. Лед уничтожил две ближайšie к морю избы вместе со скотными дворами, два торговых судна и 41 карбас. Жители села со священником из Варзуги Михаилом Истоминым вынесли из церкви икону Тихвинской Божьей Матери, поставили ее перед разбушевавшейся стихией и начали молебен. И лед, как уже говорилось, к утру остановился. Позднее игумен Митрофан (Баданин) отмечал\*\*, что исследователи, работавшие здесь, не нашли удовлетворительного объяснения небывалому нашествию льда [2].

\* Ее копию мне прислали сотрудники научной библиотеки им.Н.А.Добролюбова, за что я им искренне признателен.

\*\* Я благодарен Л.С. и М.Н.Петровским — сотрудникам Геологического института КНЦ РАН, познакомившим меня с описанием, сделанным игуменом Митрофаном.

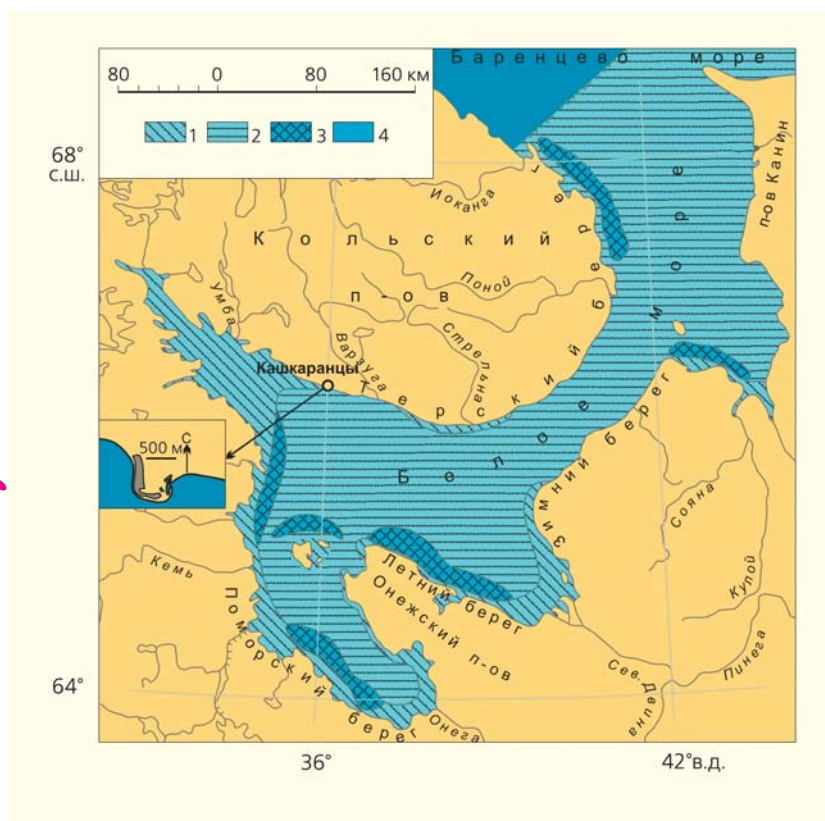


Схема строения ледяного покрова Белого моря зимой: 1 — припай, 2 — дрейфующие льды, 3 — полынья, 4 — чистая вода; на врезке показано расположение современного села Кашкаранцы (<http://www.searus.ru/beloe>, с дополнениями).

Поскольку событие произошло зимой, необходимо хотя бы вкратце познакомиться с состоянием Белого моря в это время года. В кутовых частях всех морских заливов зимой развит припай, занимающий особенно большую площадь в Кандалакшском заливе, западнее Кашкаранцев. Вследствие напряжений, возникающих при приливах и отливах, припай толщиной 0.5—1.5 м разбивается на блоки, размер которых обычно составляет 10×30 м [3]. Село Кашкаранцы располагается на краю припая. От года к году картина, конечно, меняется, но возможно, именно эта позиция села поспособствовала возникновению описанного выше события.

### Вероятная причина происшедшего

Судя по описанию, надвигание льдин обязано не чрезвычайной гидрометеорологической обстановке (поскольку в то время наблюдался тихий северо-западный ветер), а землетрясению. Последнее, вероятно, произошло северо-западнее села, скорее всего, в Кандалакшском заливе и вызвало возникновение волн цунами. Они-то и разрушили наименее прочный край припая и направили бло-

ки льда на берег. Именно этот грохот, напоминающий артиллерийскую канонаду, и услышали жители села. Высота волн цунами не превышала высоту пригорка, т.е. 3.6 м. В противном случае очевидцы обязательно сообщили бы о подтоплении домов. Нет никаких данных, позволяющих оценить магнитуду землетрясения, поскольку упоминания о нем практически отсутствуют. Видимо, в близлежащих населенных пунктах это событие не оставило существенных следов, а потому не сохранилось в памяти людей и не было запечатлено в документах.

Насколько реально такое объяснение? Конечно, все мы знакомы с разрушительной деятельностью волн цунами на открытых океанических побережьях. Что же касается небольших водоемов, то сведений о проявлении в них цунами совсем немного. А.А.Никонов из Института физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН первым обратил внимание на присутствие отложений цунами в разрезе диатомита в котловине оз.Ковдор [4]. Растительные остатки из этих отложений образовались около 7700 лет тому

назад [5]. На страницах «Природы» рассказывалось об историческом цунами на Соловецких о-вах [6]. Геологические материалы в совокупности с летописными данными показали, что необычное наводнение, имевшее место в Соловецком монастыре в 1635 г., скорее всего, также было вызвано цунами. Высота его волны достигала 2.5—3 м [6]. Возникновение цунами связывается с сильным землетрясением в западной части Северной Карелии, хотя в летописи и нет упоминания о таком событии. Однако летописцы фиксировали не все природные явления, а только те, которые наиболее поразили воображение или нанесли значительный ущерб. Так что цунами прошлого в Белом море еще ждут своих исследователей. Применительно к событию в Кашкаранцах добавим, что «громдые взбросы у кромок неподвижного льда» — один из важных признаков проявления цунами.

### Есть ли еще порох в пороховнице?

Справедливость данной версии о причине событий 5 января 1888 г. подкрепляют и новые представления о сейсмичности Кольского п-ова, опирающиеся как на исторические данные, так и на

результаты геолого-геоморфологических исследований. Кольский регион включает в себя территорию Мурманской обл. и прилегающие к ней шельфы Баренцева и Белого морей. Здесь на протяжении довольно короткого периода инструментальных наблюдений установлены слабые землетрясения магнитудой до 4.5. Анализ современной сейсмичности за 1992—2006 гг. показал, что из года в год количество событий в регионе остается практически постоянным, а сейсмичность территории оценивается как незначительная [7]. Кроме того, в летописях и других опубликованных материалах имеются сведения о землетрясениях, происходивших в период с 1626 г. по первую половину XX в. Их параметры определены приблизительно (по площади ареала распространения ощутимых сотрясений почвы). Магнитуды исторических землетрясений доходили до 5—5.1 [8]. И наконец, в результате геолого-геоморфологических работ и дешифрирования аэрофотоматериалов на Кольском п-ове выделены и изучены сейсмогенные деформации позднеплейстоцен-голоценового возраста, проявленные в рельефе в виде разнообразных дислокаций [9, 10]. Это локальные сейсмотектонические уступы, ущелья, рвы и трещины в кристаллических породах и сейсмогравитационные обвалы обрушения и оползни в рыхлых четвертичных отложениях, а также деформации встряхивания (столбы отседания, ниши выбивания). Все эти нарушения аналогичны деформациям, обнаруженным в эпицентральных зонах современ-

ных и древних катастрофических землетрясений. Оценка протяженности сейсмогенерирующей зоны, длины отдельных разрывов, а также характер обнаруженных форм указывают на высокую интенсивность древних землетрясений. Ориентировочно их магнитуда составляла 7.1, а интенсивность — более 8 баллов (по шкале MSK-64) [9, 10]. Сильные землетрясения в регионе проявились вследствие напряжений, возникших в земной коре после дегляциации территории — при снятии ледниковой нагрузки [10]. Периодичность сильных инструментально зафиксированных землетрясений на Балтийском щите оценивается в 100—1000 лет [8], а выявленных в Карелии по палеосейсмодислокациям — в 2000 лет [11]. Новые данные по Кольскому региону и по Карелии позволили сделать вывод, что в Фенноскандии\* возможны редкие разрушительные землетрясения. Иными словами, Фенноскандия — тектонически активная и сейсмогенерирующая провинция [11, 12]. Одно из свидетельств этого — событие в селе Кашкаранцы. И возможность возникновения сильных землетрясений необходимо учитывать при гражданском и промышленном строительстве в этом, спокойном на первый взгляд, регионе. ■

\* Фенноскандия — область на севере Европы, включающая в себя Скандинавский и Кольский полуострова, Финляндию и часть территории России, которая расположена к северо-западу от линии, соединяющей Финский залив, Ладожское и Онежское озера и Онежскую губу.

**Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 13-05-01039а.**

## Литература

1. Луговой М. Катастрофа в селе Кашкаранцах Кольского уезда // Архангельские губернские ведомости. 1888. №14. С.5.
2. Игумен Митрофан. Чудо в Крещенский Сочельник // Русский Дом. 2009. №1.
3. Чувардинский В.Г. Геолого-геоморфологическая деятельность припайных льдов (по исследованиям в Белом море) // Геоморфология. 1985. №3. С.70—77.
4. Никонов А.А. Цунами в глубине Кольского полуострова? // Природа. 2007. №1. С.35—37.
5. Евзеров В.Я., Каган Л.Я., Лебедева Р.М. Начальный этап формирования диатомита в оз.Ковдор // Тез. докл. VI Всесоюзного совещания «История озер СССР». Таллин, 1983. Т.2. С.47—48.
6. Никонов А.А. Древнее цунами на Соловецких островах // Природа. 2007. №9. С.33—40.
7. Виноградов А.Н., Баранов С.В., Виноградов Ю.А., Асминг В.Э. Сейсмогенные зоны северной части Балтийского щита // Активные геологические и геофизические процессы в литосфере. Методы, средства и результаты изучения. Материалы XII международной конференции 18—23 сентября 2006 г. Воронеж, 2006. Т.1. С.115—120.
8. Панасенко Г.Д. Сейсмические особенности северо-востока Балтийского щита. Л., 1969.
9. Николаева С.Б. Палеосейсмические проявления в северо-восточной части Балтийского щита и их геолого-тектоническая позиция // Геоморфология. 2001. №4. С.66—74.
10. Евзеров В.Я., Николаева С.Б. Сейсмотектонические последствия развития покровных оледенений четвертичного периода в Кольском регионе // Геоморфология. 2003. №2. С.61—64.
11. Лукашов А.Д. Геодинамика новейшего времени // Глубинное строение и сейсмичность Карельского региона и его обрамления. Петрозаводск, 2004. С.150—191.
12. Никонов А.А. Фенноскандия — недооцененная сейсмогенерирующая провинция // Геофизика XXI столетия, 2002 год: Сб. тр. IV геофиз. чтений им. В.В.Федынского. М., 2003. С.207—214.

# Тибет: последняя пастораль Земли

Е.А.Коблик, А.А.Банникова,  
кандидаты биологических наук  
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова  
А.А.Махров, Б.И.Шефтель, В.В.Бобров, В.С.Артамонова,  
Д.Ю.Александров,  
кандидаты биологических наук  
Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н.Северцова РАН





Озеро Ямдзо-Юмцо.  
Здесь и далее фото авторов

## Самое высокое и недоступное

«В самом сердце Азии простирается между двумя величайшими в свете хребтами Кунь-Лунь и Гималайским крупнейшее и высочайшее на Земле Тибетское нагорье. Средняя высота его доходит до 4000 м, а на северных окраинах даже до 4600 м и таким образом соперничает на пространстве 2 000 000 км<sup>2</sup> (почти в три раза больше Скандинавского полуострова) с высочайшими вершинами Альп», — так писал про Тибет знаменитый шведский путешественник Свен Гедин [1].

Если бы не точные цифры, можно было бы подумать, что речь идет о мифической стране, отгороженной от всего света самыми высокими в мире горами. Подсознательно и ныне большинство людей относится к Тибету как к недоступному сказочному месту, Шамбале — стране духов. И мы, побывав в самых разных странах и даже имея опыт исследований на северо-востоке и крайнем юге Тибета\* [2], не могли поверить, что однажды проникнем в самое сердце этого нагорья.

Даже по нынешним меркам это непросто. Ведь до нас, как писал П.К.Козлов: «в запретную дверь Тибета тщетно стучались Пржевальский, Кэри, Литльдэль, Бонвало с принцем Орлеан[ским], Свен Гедин и другие путешественники» [3, с.3]. Да и сам Петр Кузьмич Козлов тоже не добрался до священной столицы Тибета — Лхасы, хотя и установил хорошие отношения с Далай-ламой.

Вот почему мы отгоняли мысли о Лхасе, складывая рюкзаки в Москве, а потом совершая авиабросок из Пекина в географический центр Китая — провинцию Ганьсу. И продолжали сомневаться даже тогда, когда в столице Ганьсу, Ланчжоу, гостеприимные китайские коллеги заверили нас, что «предпринято все возможное».

И вот мы уже в поезде и даже видим из окна знаменитое бессточное озеро Кукунор. Но тут выясняется, что разрешение на посещение нашей группой Лхасы пока не получено. В три часа ночи экспедиция высаживается близ административной границы Тибетского автономного района, в котловине Цайдам, г.Голмуд, что подсознательно кажется нам логичным — почему нам должно повезти больше, чем Пржевальскому?

По примеру великого путешественника нам остается исследовать тот край, куда попасть удалось и который представляет собой своеобразный переход от гор к пустыне. Цайдамская котловина напоминает почти опустевшую тарелку с солью (раньше такие бывали в столовых) — окру-

\* Подробнее см.: Шефтель Б.И., Махров А.А., Бобров В.В., Артамонова В.С., Александров Д.Ю., Коблик Е.А., Банникова А.А. Затерянный мир «Лианхуашаня» // Природа. 2013. №7. С.56–65. — Примеч. ред.





Ягоды Гонджи.

женное горами сухое ровное пустое пространство, где только у подножий гор видны солевые разводы. К одному из них мы и отправились.

В подобных местах выходят на поверхность ключи, начинающиеся в горах. Они поддерживают своеобразные экосистемы соленых болот и озер, и оказалось, что здесь, в солоноватой воде, умудряются жить не крупные прудовики.

За протекающим в низине небольшим ручьем открылись посадки какого-то растения, похожего на обычный красный паслен. Грядки пыльно-зеленых кустиков, усыпанных продолговатыми алыми ягодами, уходили вдаль стройными рядами, почти сливаясь с мутным горизонтом. Ягоды оказались очень сладкими на вкус, а коллега Фанг Юн объяснил, что это знаменитые ягоды Годжи *Lycium barbarum* из семейства пасленовых, они необычайно полезны для «мужского здоровья» и высоко ценятся по всему Китаю. В целях защиты от пернатых любителей сладкого плантации были разгорожены километрами белесых паутинных сетей, развеивающихся между покосившимися жердями. В сетях то и дело попадались мумии запутавшихся полевых воробьев (*Passer montanus*), которые напомнили нам знаменитый период тотального истребления этих пернатых в Китае. Реже встречались пучки пестрых перьев, принадлежавшие удодам (*Uripa eops*) и сорокопутам (*Lanius*), а вот голуби (*Columba livia*) беспрепятственно проникали на плантацию целыми стаями и уносили немалую толику бесценного урожая в своих зобах. Один из участников экспедиции, сторговавшись с крестьянином, сторожившим ягоды, разложенные на полиэтилене для просушки, насыпал себе хороший пакет.

К вечеру мы вернулись в городок Голмуд — не очень большой по меркам Китая, но чистый и аккуратный, с вполне европейскими прямыми улицами и вполне восточными кафе-лапшарнями.

Стыдно признаться, но мы не сразу нашли город на карте. Оказалось, что у него несколько названий — каждый из живущих здесь народов использует свое имя. Вот и на карте Пржевальского мы с трудом обнаружили в районе, куда занесли нас превратности путешествия, «урочище Голмык».

Позже оказалось, что и на картах всевидящего и суперсовременного Google нет целого ряда китайских поселков и дорог! Современный Китай отстраивается настолько быстро, что никакие картографы не успевают запечатлеть все новые и новые шоссе, небоскребы и промышленные предприятия, вырвавшие из нищеты сотни миллионов человек.

В Голмуде мы с радостью узнали, что наш китайский коллега Фанг Юн, замечательный организатор, добыл все нужные бумаги, и мы можем прямо сейчас отправляться в Лхасу! Нам предстояло двигаться по маршруту пятого, несостоявшегося, путешествия Пржевальского — перевалить через горы Кунь-Лунь, пересечь знаменитое плато и добраться до столицы Тибета.

Только вот по древнему караванному пути мы путешествовали не на яках и даже не на грузовиках. Теперь здесь проходит новенькая скоростная железная дорога, где поезда оснащены специальной аппаратурой, подающей в вагоны кислород (нам предстояло преодолеть перевал на высоте более пяти тысяч метров). Вынужденная остановка в Цайдаме, на этом гигантском «крыльце» каменного «дворца» — Тибета, оказалась весьма кстати: за сутки мы успели адаптироваться к среднегорью, и очередной подъем дался нам легко.

## Звериная страна

Монголы, жители Цайдама, называли Тибет «звериной страной». Россиянин Филипп Ефремов, попавший в Тибет еще в XVIII в., писал, что в его северной части «водятся великими табунами дикие лошади» [4]. По словам Н.М.Пржевальского, в конце XIX в. здесь паслись огромные стада диких яков, куланов, антилоп — оронго и ада (современное название — тибетский дзерен), из хищников встречались медведи и волки [5, 6]. При этом звери практически не боялись человека: немногочисленные местные жители охотились очень редко, и никогда не убивали животных без крайней необходимости.

Довольно высокая численность крупных зверей на такой большой высоте отчасти связана с необычным климатом плато. Только летом пришедший с океана муссон пробивается через горы и приносит в Тибет дожди. В остальные сезоны здесь мало осадков — снег зимой почти не выпадает, и копытным есть где пастись в любое время года.

Равнины северного Тибета, где так много растительных животных, напоминают то ли степь, то ли тундру, переходящую местами в кочковатое болото. Поневоле вспоминается тундростепь (в западных источниках ее иногда называют «ма-



Действующая модель тундростепи?

монтовой прерией»), о которой так много спорят в научной литературе [7, 8]. Считается, что эта экосистема исчезла [8], но не она ли, несколько видоизменившись, существует донныне на севере Тибетского плато? Во всяком случае, тут налицо такие характерные черты тундростепи, как сухой и холодный климат, а также интенсивное воздействие крупных млекопитающих на растительность.

В свое время Филипп Ефремов написал, что в древности эту часть Тибета называли «страной слонов», но никто из специалистов не воспринимал эти слова буквально. И вот совсем недавно появилась совместная работа китайских и зарубежных палеонтологов, опубликованная в одном из ведущих научных журналов [9]. Эта статья описывает находку в северных предгорьях Гималаев ископаемых останков шерстистого носорога (*Coelodonta tibetana*) — предка носорога *C. antiquitatis* — типичного обитателя тундростепи. А новейшие генетические исследования показывают, что як (*Bos mutus*) — ближайший сородич другого представителя так называемого «мамонтового сообщества» — бизона (*Bison bison*) [10].

Чем выше мы оказывались над уровнем моря и чем глубже проникали в центр Тибетского нагорья, тем самобытнее становились ландшафты вокруг поезда и тем интереснее их обитатели. Сумерки застали нас среди скучной равнины с ота-

рами овец и стадами домашних яков, а на восходе мы любовались инеем, искрящимся под лучами низкого солнца; мягкими степными увалами, переходящими в величественные горные цепи. Начали попадаться группы грациозных газелей — тибетских дзеренов (*Procapra picticauda*), а также более редких и необычных антилоп оронго, или чиру (*Pantholops hodgsonii*). Для оронго характерны вздутые почти как у сайгака носы, а их самцы щеголяют длиннейшими, почти прямыми рогами. Эти антилопы — настоящий символ Цайдама и северного Тибета, в гостиницах висят их фото, на площадях установлены стилизованные скульптуры, а в магазинчиках они продаются в виде мягких игрушек и фигурок из твердых материалов. Наконец-то мы увидели их живьем!

А вот и кiangи! Дикие ослы, похожие на своих родственников — знакомых нам по Средней Азии, Монголии и Индии куланов, но более коренастые, мохнатые и контрастно окрашенные. Еще недавно кулана и кiangа объединяли под именем *Equus hemionus*, но сейчас последнего выделяют в самостоятельный эндемичный для Тибета вид *E. kiang*\*. Честно говоря, никто из нас не ожидал увидеть их

\* Подробнее см.: Паклина Н.В., Орден К. ван. Кiangи и другие обитатели Тибета // Природа. 2000. №1. С.40—49; №2. С.35—44. — Примеч. ред.



Пейзаж в центре Тибета.

окна поезда такое разнообразие диких копытных. Некоторые животные при виде состава, несущегося по насыпи, отбегали подальше, другие замирали, вскинув головы, а многие продолжали преспокойно пастись. Детеныши киянгов, совсем как домашние жеребята, носились вокруг флегматично жующих матерей, жизнерадостно взбрыкивая и поднимая облачка пыли, золотящейся в косых солнечных лучах. Казалось, мы вернулись во времена Пржевальского!

Наблюдать из окон скоростного поезда за более мелкими обитателями высокогорий было сложно. И все же мы замечали то кормящиеся по берегам озер табунки горных гусей (*Anser indicus*), то пару редчайших черношейных журавлей (*Grus nigricollis*), кстати, открытых и описанных Пржевальским, то деловито бегущего волка (*Canis lupus*), сначала принятого нами за пастушескую собаку. А на ближнем плане то и дело мелькали россыпи нор — настоящие городища, населенные пищухами, или сеноставками (род *Ochotona*) — небольшими зверьками, похожими на грызунов, но на самом деле — родственниками зайцев и кроликов. Обилие добычи привлекало хищников: в кочкарнике лениво «мышковала» тибетская лиса (*Vulpes ferrilata*), а параллельно нашему пути периодически пролетали соколы балобаны (*Falco cherrug*), высматривая зазевавшихся жертв.

Удивительно, но высокогорная железная дорога почти не повлияла на образ жизни диких животных. На большей части своего пути, протяженностью почти 2000 км, Цинхай-Тибетская железная дорога проходит по высокой эстакаде, опорой которой служат узкие бетонные столбы, а на равнинах железнодорожное полотно обязательно огорожено вполне добротным забором.

### Мы все одной крови

Продвигаясь по «тундростепи», поезд незаметно преодолевает великий водораздел: просто в какой-то момент вдруг замечаешь ручеек, текущий уже не на север, к Тихому, а на юг — к Индийскому океану. А потом ручеек превращается в речку и образует глубокую долину, на дне которой появляются поля и деревья. Мы прибываем в Лхасу!

Конечно, прежде чем лезть в горы и спускаться в долины в поисках животных, мы не могли не посмотреть этот город, овеянный легендами, не подивиться на памятники культуры и удивительных людей.

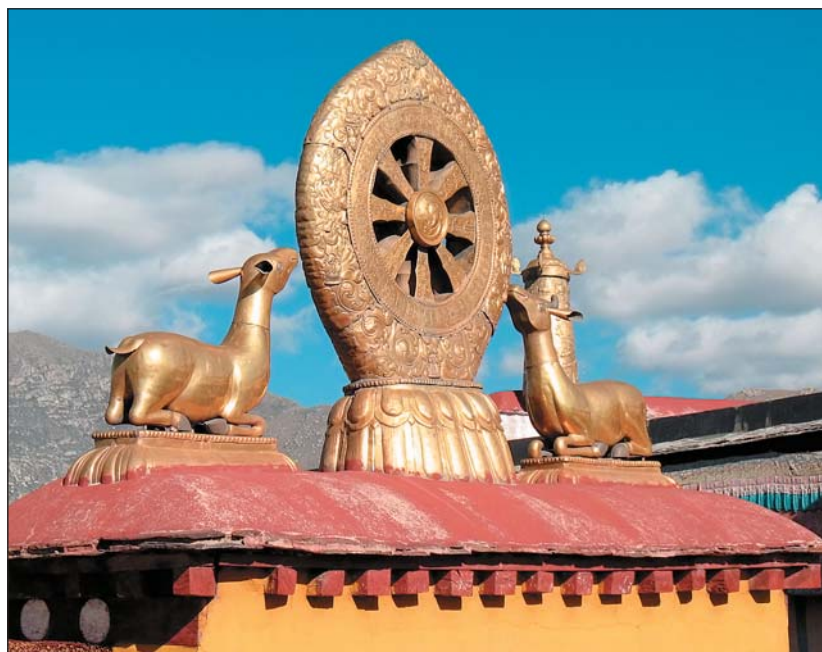
Город очень интересен, в центре преобладают старинные, но хорошо отреставрированные трехэтажные здания, а по периферии — новостройки. Но большинство новых домов создано с уче-

том традиционной архитектуры Лхасы. Гармония не нарушена, и весь город выглядит как единое целое. Дополняют колорит старинные буддийские монастыри и, конечно, знаменитый дворец Потала, зимняя резиденция Далай-ламы. Хотя сейчас в нем музей, но проходя по комнатам дворца, буквально ощущаешь таинственную историю этого места. Азиатская красочность города с его многочисленными базарчиками и магазинчиками, с зазывалами и торгующимися продавцами сочетается с чистыми улицами и приветливыми лицами людей. В результате, несмотря на большую высоту над уровнем моря (3500 м), возникает ощущение легкости и хорошее настроение.

Но нас как биологов очень интересовали птицы города. Оказалось, что в Лхасе многочисленна и, судя по литературе, живет постоянно, наша хорошая знакомая по сибирским путешествиям — большая горлица (*Streptopelia orientalis*), а на дворце Потала обитают сразу два вида ласточек: восточный воронок (*Delichon dasipus*) и скальная ласточка (*Ptyonoprogne rupestris*). В небе над Лхасой плавали вороны (*Corvus corax*), коршуны (*Milvus migrans*), канюки (*Buteo buteo*) и грифы (*Aegypius monachus*, *Gyps himalayensis*), в парках держались удооды (*Upupa epops*), воробьи (*Passer montanus*) и синицы (*Parus cinereus*).

Выдубленные солнцем и ветрами широкоскулые лица местных жителей, их длинные черные косы и кряжистые фигуры, а также широкополые шляпы, пестрые домотканые накидки и фартуки вызвали у некоторых из нас воспоминания о совсем других краях. По облику, одежде, многим особенностям быта тибетцы удивительным образом напоминают индейцев андских высокогорий из народностей кечуа и аймара! Конечно, это вполне объяснимо с позиций сходства природных условий и типов хозяйствования, но не будем забывать, что согласно исследованиям лингвистов, именно языки тибето-бирманской семьи имеют с индейскими языками давние общие корни.

Очень скоро мы почувствовали, как сильно связаны в Тибете люди и животные. Думается, никто в мире не любит зверей, птиц, рыб и даже змей так горячо и искренне, как жители этого сурового плато, много веков имевшие репутацию отважных и даже жестоких воинов. Любопытный кусочек земли, пригодный для обработки, имеет в горах огромную ценность, но даже в густонаселенных долинах Тибета были заповедные леса (обыч-



Первые ученики Будды.

но вокруг буддистских храмов), где запрещалась охота, и где звери жили привольно, не боясь человека. А птиц и рыб тибетские буддисты не ловят никогда, они священны.

Для буддиста нет пропасти между человеком и животным: во всех храмах, в общественных местах, и даже над дверями собственных комнат в местном отеле мы видели изображение двух оленей — первых учеников Будды, сумевших остановить колесо Джармы и уйти в Нирвану. Справедливости ради надо сказать, что сюжет с двумя оленями издавна известен и на Руси — на наших вышивках очень похожих оленей изображали по краям «древа жизни» или женской фигуры, иногда такими фигурами украшали прялку или детали ткацкого станка [11]. Смысл этих языческих изображений, к сожалению, частично утрачен, но они как-то символизировали движение времени, череду перерождений, которую по легендам Тибета удалось остановить четвероногим ученикам Будды.

Не удивительно, что тибетцы задолго до Дарвина пришли к идее происхождения человека от обезьяны [12]. Надо подчеркнуть, что это не обычный тотемизм, когда какое-то племя считает то или иное животное своим предком и поклоняется ему. Судя по наблюдениям П.К.Козлова [13], тибетцы относятся к обезьянам не как к глубоко почитаемым предкам, а как к младшим, еще не набравшимся ума-разума братьям — никогда не убивают, но иногда поселяют у себя дома, предварительно отрубив хвост — возможно, в надежде «очеловечить».

Отношение тибетцев к домашним животным совершенно особое. Например, практически в каждой семье содержится собака характерной

породы — тибетский терьер. Эти некрупные домашние питомцы на самом деле очень серьезны и строги, тибетцы относятся к ним с любовью, держат в домах, поручают им своих детей. Во время поездок в горы мы видели на пастбищах яков, украшенных яркими ленточками — кто-то очень любит этих мохнатых великанов. Иногда яков даже не гонят на пастбище, а везут туда поодиночке в маленьких грузовичках. Но без мясной пищи прожить в холодных горах невозможно, и пельмени с начинкой из мяса яка (их называют «момо») — традиционное блюдо в Тибете.

Тибетцы не только очень любят, но и хорошо знают животных, успешно их разводят и умеют правильно скрещивать. Кроме мулов, мы не раз встречали в Тибете гибрида яка и домашней коровы (в северном Тибете, как и в Монголии, его называют хайнык). В прежние времена этот могучий зверь шел впереди каравана, пробивая дорогу через снега. В некоторых научных изданиях можно прочесть, что хайнык не плодит, однако тибетцы умудряются получать потомство и от него. Правда, в третьем поколении гибридов уже появляются уродливые особи, поэтому дальше второго поколения гибридизацию обычно не ведут.

## Брахмапутрская сикилявка и другие

К сожалению, любовь к животным не всегда оказывается благом для уникальных экосистем. В праздничные дни тибетцы выпускают в реки и озера рыбок. Для этой цели в магазины специально завозят рыб из других районов Китая [14]. Так в уникальные водоемы Тибетского плато попадают новые виды, в том числе те, которые активно размножаются и сильно изменяют сложившиеся сообщества [15].

С таким вселенцем мы столкнулись, когда для ихтиологических наблюдений отправились на юг от Лхасы, в долину реки Цангпо (в старых работах иногда пишут «Цань-по»). К югу от Гималаев эта великая река имеет знакомое с детства название — Брахмапутра. Но здесь, в Тибете, она напомнила нам скорее Иртыш или Обь в верхнем течении — широкие плесы, мелкие бурные перекапы, намывные песчаные косы и острова, по-осеннему золотящиеся рощи по берегам.

В луже, образовавшейся при подаче воды на поля через небольшой оросительный канал, связанный с Цангпо, мы обнаружили двух мелких невзрачных рыбок, которых решили отмыть от ила



Вид на долину Цангпо с перевала Камба-ла.

и определить позже, в лаборатории. До этого они фигурировали в полевом дневнике как «брахмипутрские сикилявки». Морфологический и генетический анализ отмытых рыбок показал, что это амурский чебачок (*Pseudorasbora parva*) [16]. Эта небольшая рыбка в последние годы расселилась далеко за пределы естественного ареала, включающего, кроме бассейна Амура, реки западного побережья Японского моря и Японии, стала обычна для многих стран Европы и Азии, а теперь вот попала и в Тибет.

Стремительное экономическое развитие Китайской народной республики было бы немыслимо без развития инфраструктуры — строительства дорог, оросительных каналов, линий электропередач, вышек мобильной связи. Но такое строительство открывает путь на труднодоступное прежде плато все новым видам растений и животных из других регионов. А ведь чужеродные виды часто преобразуют экосистемы, вытесняют или просто поедают исконных обитателей.

Кроме того, по мере роста уровня жизни людям требуется все больше ресурсов. В 1882 г. путешественник Сарат Чандра Дас [17, с.182], поднявшийся на перевал Камба-ла, писал: «я любовался грандиознейшим видом, который я когда-либо встречал в Тибете. Передо мной открывалась долина Цань-по, причем эта большая река текла по глубокому ущелью у подножия покрытых лесом гор». Нам тоже удалось полюбоваться этим замечательным местом, но, как видно на фотографии, лесов в этой части долины Цангпо уже не осталось (их нет уже на фотографиях 1930-х годов). Зато деревня у подножия перевала — это не «жалкие лачуги», как во времена С.Ч.Даса, а каменные двухэтажные дома на одну семью, благодаря флагам на крышах похожие на небольшие замки (только флаги, конечно, красные).

Отметим, однако, что сейчас по всему Китаю осуществляется обширная программа лесовосстановления, так что скоро, видимо, и горы над Цангпо снова покроются лесами. Кроме того, древние обычаи до сих пор защищают часть экосистем от истребления. Например, некоторые горы считаются священными и осваиваются только в исключительных случаях. Крупные озера также священны, в них нельзя даже заходить. Конечно, для нас было большим огорчением то, что не удалось увидеть эндемичных рыб из озер Намцо и Ямджо-Юмцо — огромных, с неправдоподобно синим водяным зеркалом в живописном обрамлении горных хребтов. С другой стороны, отраднo было, что традиции, защищающие природу, соблюдаются, и как бы нам ни хотелось познакомиться с местной ихтиофауной, мы не стали их нарушать.

Однако поездка к озеру Ямджо-Юмцо, расположенному на высоте около 4500 м над ур.м. между высоченным перевалом Камба-ла и еще более высокими Гималаями, и без лова рыбы оказалась интересной. Ямджо-Юмцо — одно из четырех на-



Высокогорный скорпион.

иболее почитаемых озер Тибета, вокруг которых паломники совершают кору — ритуальный обход. Длина озера — 73 км, так что совершить кору за отведенные нам пару часов вряд ли удалось бы в любом случае, но вот побродить по его берегам и посмотреть на живность, которая тут обитает, времени было достаточно.

Медленно продвигаясь по берегу озера, тщательно переворачиваем камни в поисках обитателей этих мест, и под одним из них обнаруживаем скорпиона. Причем, довольно крупного. Это для нас полнейшая неожиданность. Найти скорпиона во время полевых работ в пустынях Средней Азии или в тропических лесах Индокитая — это сколько угодно, но никто не ожидал встретить его на такой высоте. Из статьи французского и сингапурского коллег узнаем, что скорпионы на Тибетском плато встречаются, хотя обычно — на меньших высотах [18].

Возможно, скорпионы продвигаются высоко в горы из-за особенности климата, отмеченной еще Пржевальским, — на Тибетском плато значительно теплее, чем на отдельно стоящих горах такой же высоты. Не случайно в Тибете существует самое высокогорное в мире земледелие (здесь возделывают в основном ячмень).

### Необычные воробы и удивительные синицы

Самым благодатным объектом для исследований на «крыше мира» оказались птицы. За неделю пребывания в Тибете и Цайдаме мы встретили более 60 видов пернатых. Многие из них оказались общими с Россией, особенно ее южными горными регионами — Кавказом, Алтаем, Саянами. Степные пространства населяли разнообразные жаворонки



Воробей Бланфорда.



Черногубая пищуха.

(*Calandrella*, *Alauda*) и коньки (*Antibus*). На скалах можно было наблюдать альпийских галок (*Pyrrhocorax graculus*), клушиц (*P.pyrrhocorax*), каменок (*Oenanthe*), горихвосток (*Phoenicurus*), овсянок (*Emberiza*). К водоемам тяготели разные виды и подвиды трясогузок (*Motacilla*), огари (*Tadorna ferruginea*), чайки (*Larus*) и крачки (*Sterna*), бакланы (*Phalacrocorax carbo*). Некоторых из встреченных пернатых, несомненно, следовало считать нашими «земляками» — ведь в конце сентября через Тибетское нагорье пролетает немало мигрантов из Сибири. В долине Цангпо мы отметили и немногочисленных «южан», расселившихся из лесных субтропических предгорий Гималаев — мышиную кустарницу (*Garrulax henrici*), гималайскую зеленушку (*Chloris spinoides*) и пеночку Тикелла (*Phylloscopus affinis*).

Однако наибольший интерес для нас представляли тибетские эндемики. Тибетское плато — центр разнообразия группы земляных и снежных воробьев (роды *Pyrgilauda* и *Montifringilla*). В отличие от «настоящих» воробьев рода *Passer*, эти птички не тяготеют к поселкам, городам и древесным насаждениям, а обитают в горно-степных ландшафтах. Образом жизни они скорее напоминают жаворонков, много и хорошо летают, совершая протяженные кочевки во внегнездовой период, а гнездятся под камнями, в трещинах скал, норах грызунов и пищух. Правда, земляной воробей Бланфорда (*Pyrgilauda blanfordi*) все же не упускает возможности поживиться крошками, оставшимися от туристов. Стайки этих маленьких симпатичных птичек, снующих по земле как мыши, мы наблюдали и фотографировали на двух смотровых площадках, откуда открывается вид на озера Намтсо и Ямджо-Юмцо. Немного выше, на скалах держались выводки более осторожных снежных воробьев Адамса (*Montifringilla adamsi*). Представители еще двух видов — красношейный во-

робей (*Pruficollis*) и воробей Тачановского (*P.taczanowskii*) — встретились нам только в окрестностях крупного поселения черногубой пищухи (*Ochotona curzoniae*). Зверьки облюбовали луговую пойму ручья и «выстригли» здесь траву до состояния изумрудного газона, но не ровного, а с кочками, черными «дырками» нор, торчащими там и тут камнями. Земляные воробьи обоих видов сидели у входов в норы попеременно с пищухами, перелетали поодиночке и стайками, дрались друг с другом, мелодично пересвистывались со зверьками-соседями. Весь антураж напоминал фантастический «сад камней».

Но, пожалуй, самого удивительного представителя пернатых нам удалось увидеть в предгорьях хребта Тангла-Шань, когда мы на полчаса остановились у палаток скотоводов-кочевников. Между камней и войлочных стен прыгали три невзрачные птички размером с воробья с пушистым буровато-дымчатым оперением и несоизмеренно длинным, чуть загнутым клювом. Птички копались в кучах мусора, изредка взлетали на деревянные столбики, к которым крепились оттяжки палаток, чтобы прочирывать простенькую песенку.

Это оказались тибетские ложносойки (*Pseudopodoces humilis*). Еще недавно их считали самыми маленькими представителями семейства врановых и сближали с пустынными земляными сойками рода *Podoces*. Один из видов этого рода — эндемик Средней Азии, саксаульная сойка (*P.panderi*), — был описан Г.И.Фишером, первым директором Зоологического музея МГУ, в 1821 г. и впоследствии хорошо изучен советскими орнитологами. Однако генетические исследования однозначно доказали, что тибетская ложносойка должна относиться к семейству синиц [19]! Сначала подозревали ошибку, но более пристальное изучение морфологии и биологии вида, а также особенностей локомоции, показало, что генетики правы, сходство этой птички с пустынными сойками — чисто внешнее, и вызвано не общностью происхождения, а некоторым сходством условий обитания.

Тибетская ложносойка ведет себя как синица, строит похожие гнезда в укрытиях и даже по земле прыгает, а не бежит, как представители врановых — пустынные сойки. И во всем этом мы убеди-



Тибетская ложносойка.

лись воочию, понаблюдав за птичками. Впору переименовывать эту малышку из ложносойки в земляную синицу! Встреча с замечательным эндемиком Тибета и Западного Китая стала для нас настоящим подарком.

### Домой, по звериному следу

Огорчение от неизбежного расставания с Тибетом было глубоким и всесторонним. Хотелось выскочить из поезда и бежать к рекам с удивительно голубой водой — ведь до сих пор никому точно неизвестно, кто в них живет, описания ихтиофауны этих мест очень скудны, а порой и противоречивы. Мечтали поставить фотоловушку на высоченном перевале, где проходят тропы многих зверей.

И, конечно, хотелось подольше побыть среди людей, которые живут так далеко от нас, но едят пельмени и ходят в одежде, называемой «чуба», и шапке, удивительно похожей на треух. Кочевые тибетцы используют не юрту, как другие кочевни-



ки Азии, а большие палатки; «сии палатки четвероугольны, имеют вид избы русской», — писал Н.Я.Бичурин в комментариях к «Описанию Тибета».

Однако утешало, что Россию и Тибет, связываю- т, оказывается, не только следы великих путеше- ственников, но и звериные тропы, некоторым из них многие тысячи лет. И мы очень надеемся, что современные молекулярно-генетические методы позволят нам увидеть древние цепочки звериных следов в цепях ДНК.

К тому же за время короткого, но очень насы- щенного путешествия, в каждом из нас крепла идея о том, как здорово было бы скооперирова- ться с китайскими коллегами и организовать полно- ценную комплексную экспедицию в эти края. По- ставить палаточный лагерь подальше от населен- ных пунктов и пожить пару месяцев между горами и каким-нибудь озером, наблюдая за животными, птицами, рыбами, насекомыми, изучая растения.

У нас нет ни малейших сомнений, что на этом пу- ти любого исследователя ждет масса открытий.

Мы настолько увлеклись этой идеей, что уже стали прикидывать маршрут будущей экспедиции, процесс его согласования с китайской стороной, источники финансирования, набор необходимо- го оборудования... Да, это сейчас только мечта. Но ведь точно также каждый из нас еще совсем недавно мечтал попасть в Лхасу и не верил, что это возможно. Так что, кто знает...

Это краткое, но очень насыщенное путеше- ствие в Тибет многое изменило в нашем зоологиче- ском и просто человеческом сознании. Вспомни- ная те осенние дни в окрестностях Лхасы, мы все- гда будем надеяться вновь вернуться в это удиви- тельное место. Наша поездка ни за что не состоя- лась бы без всесторонней поддержки академика Ю.Ю.Дгебуадзе, профессора Сун Ю-Хуа и доктора Фанг Юна. Мы очень благодарны им! ■

## Литература

1. Гедин С. В сердце Азии. Памир. — Тибет. — Восточный Туркестан. Т.1. СПб., 1899.
2. Коблик Е.А. На южных задворках Тибета // ЭКЗО. International Magazine on Wildlife & Exotic Lifestyle. 2004. №12. С.54—65.
3. Козлов П.К. Тибет и Далай-Лама. Петроград, 1920.
4. Странствование Филиппа Ефремова в Киргизской степи. Казань, 1811.
5. Пржевальский Н.М. Природа и животные Северного Тибета // Природа. 1875. Кн.2. С.1—30.
6. Пржевальский Н.М. Четвертое путешествие по Центральной Азии. От Кяхты на истоки Желтой реки, исследование северной окраины Тибета и путь через Лоб-Нор по бассейну Тарима. СПб., 1888.
7. Кожевников Ю.П., Украинцева В.В. Тундростепи плейстоцена: аргументы «за» и «против» // Изв. АН. Сер. географическая. 1997. №3. С.96—110.
8. Blinnikov M.S., Gaglioti B.V., Walker D.A. et al. Pleistocene graminoid-dominated ecosystems in the Arctic // Quaternary Science Reviews. 2011. V.30. P.2906—2929.
9. Deng T., Wang X., Fortelius M. et al. Out of Tibet: Pliocene Woolly Rhino Suggests High-Plateau Origin of Ice Age Megaherbivores // Science. 2011. V.333. P.1285—1288.
10. Hassanin A., An J., Ropiquet A. et al. Combining multiple autosomal introns for studying shallow phylogeny and taxonomy of Laurasiatherian mammals: Application to the tribe Bovini (Cetartiodactyla, Bovidae) // Molecular Phylogenetics and Evolution. 2013. V.66. P.766—775.
11. Рыбаков Б.А. Язычество древних славян. М., 1997.
12. Кузнецов Б.И. Тибетская легенда о происхождении человека от обезьяны // Доклады по этнографии. Л., 1968. Вып.б. С.26—32.
13. Козлов П.К. Монголия и Кам. Т.1. Ч.2. СПб., 1906.
14. Gozlan R.E., Andreou D., Asaeda T. et al. Pan-continental invasion of *Pseudorasbora parva*: towards a better understanding of freshwater fish invasions // Fish Fisheries. 2010. V.11. P.315—340.
15. Xie Y., Li Z., Gregg W.P., Li D. Invasive species in China — an overview // Biodiversity and Conservation. 2001. V.10. P.1317—1341.
16. Махров А.А., Артамонова В.С., Карабанов Д.П. Обнаружение амурского чебачка *Pseudorasbora parva* (Temminck et Schlegel) (Actinopterygii: Cyprinidae) в бассейне реки Брахмапутра (Тибетское плато, Китай) // Российский журн. биологических инвазий. 2013. №1. С.66—74.
17. Дас С.Ч. Путешествие в Тибет. СПб., 1904.
18. Lourenço W.R., Qi J. Mountain scorpions: a new genus and species from Tibet (China) // C.R. Biologies. 2006. V.329. P.289—295.
19. James H.F., Ericson P.G.P., Slikas B. et al. *Pseudopodoces humilis*, a misclassified terrestrial tit (Paridae) of the Tibetan Plateau: evolutionary consequences of shifting adaptive zones // Ibis. 2003. V.145. P.185—202.

# Рукописи не горят

М.М.Асланян,

доктор биологических наук

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова

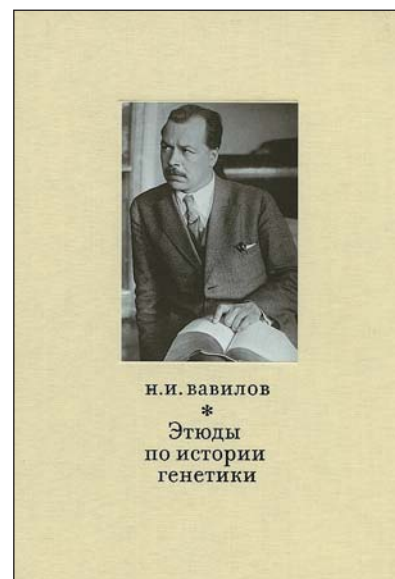
Четырнадцатого ноября 2013 г. в Дарвиновском музее Москвы состоялась презентация книги Н.И.Вавилова «Этюды по истории генетики». Это последнее из обнаруженных произведений выдающегося русского генетика Николая Ивановича Вавилова, чьи научные открытия и организационная деятельность признаны учеными всего мира. Он сформулировал «закон гомологических рядов наследственности», «учение о центрах происхождения культурных растений», организовал и возглавлял десятки экспедиций на все континенты для сбора мировой коллекции семян культурных растений и их диких сородичей. Вавилов был организатором и директором двух всемирно известных научно-исследовательских учреждений — Всесоюзного института растениеводства и Института генетики АН СССР, с 1930 по 1935 г. — президентом Всесоюзной сельскохозяйственной академии им. В.И.Ленина.

История этой книги, по словам ее составителей И.А.Захарова-Гезехуса и Т.Б.Авруцкой, такова: «В ноябре 1938 г., когда уже началась дискуссия с лысенковцами, Николай Иванович прочитал для сотрудников Академии наук СССР и преподавателей вузов цикл из пяти лекций по истории генетики. Эти стенограммы сохранились в архиве Российской академии наук, а в личном архиве его сына, Юрия Николаевича Вавилова, — машинописные тексты под названием «Этюды по истории генетики». При сравнении двух

документов выяснилось, что последние полнее, не содержат пропусков, а некоторые главы исправлены рукой Николая Ивановича.

Книга начинается с «Введения в изучение истории генетики», где рассматриваются представления древнегреческих мыслителей Гиппократ, Аристотель, пытавшихся понять, как передаются признаки от родителей детям. Анализируются также работы Й.Кельрейтера, К.Негели, Ш.Нодена, Ч.Дарвина, Ф.Гальтона и др. о природе наследственности и изменчивости.

В первой главе «Мутационный период в истории генетики» речь идет о периоде, отмеченном взрывом творческих идей в области генетики (1899—1906). Конец XIX и начало XX в., пишет Вавилов, «характеризуются чрезвычайными событиями». В январе 1899 г. С.И.Коржинский на заседании физико-математического отделения Петербургской академии наук выступает с докладом «Гетерогенезис и эволюция», где «впервые в определенной и решительной форме выдвигается роль мутаций в формообразовании и видообразовании» (с.34). По словам Вавилова, «историю генетики в современном понимании — как физиологии наследственности и изменчивости, как науки преимущественно экспериментальной, удобно начинать с первой конференции по гибридизации, имевшей место в Лондоне в июне 1899 г. Эта конференция по гибридизации происходила за несколько месяцев до вторичного открытия законов Менделя» (с.30). Самым знаменательным на съезде, по мнению Вавилова, был доклад У.Бэтсона



**Н.И.Вавилов.** Этюды по истории генетики.

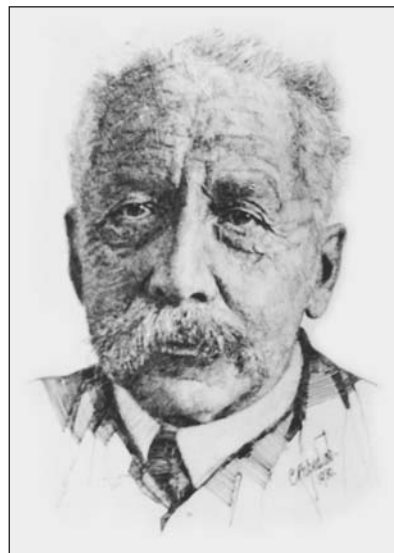
М.: Новый хронограф, 2012. 160 с.



С.И. Коржинский.



В. Иогансен.



У. Бэтсон.

«О гибридизации как методе научного исследования». В нем автор увидел могучее оружие для понимания наследственности и эволюционных вопросов. В другом докладе «О практических перспективах новых открытий в области учения о наследственности», прочитанном на Международной конференции по селекции растений и гибридизации, Бэтсон впервые перед широкой селекционной аудиторией рассказал о законах Менделя и их практической значимости.

В феврале 1900 г. одновременно опубликованы результаты исследований Г. де Фриза, Э. Чермака и К. Корренса, подтверждающие установленные Менделем в 1865 г. закономерности наследования признаков.

В 1901 г. Ф. Гальтон, К. Пирсон и У. Уэлдон основали журнал «Биометрика». Как отмечал Вавилов, «это был в полном смысле “мутационный период” в истории генетики, когда выкристаллизовывались наиболее крупные идеи, положившие начало развитию генетики как научной дисциплины. Менделизм, мутационная теория, учение о чистых линиях, хромосомная теория наследственности, развитие биометрики в применении к изучению изменчивости и наследственности...» (с.37).

Вторая глава посвящена утверждению в генетике и селекции принципа чистых линий, разработанного датским физиологом В. Иогансеном. Он показал, что «все основные построения биометрики (Гальтона и Пирсона) о наследственности были основаны на учете неоднородного генетически исходного материала, что и привело к сбивчивым результатам. <...> Развивая свое учение, Иогансен разграничивает понятие гена и признака — генотипа и фенотипа... Фенотип есть внешнее проявление генотипа, зависящее от условий среды, или почти генотип плюс среда» (с.39). В этой главе приводится аргументированная критика Ламарка о наследовании благоприобретенных признаков, а также примеры критики Бэтсоном работ норвежского агронома Шюблера по наследованию приобретенных признаков на пшенице и кукурузе и опытов австрийского биолога П. Камерера на аксолотлях.

В этой главе Вавилов дает краткие, но очень точные научные характеристики многим ученым — биологам начала XX в. (Бэтсону, де Фризу, Иогансену и др. «Поучительно сопоставление трех крупных личностей, с именами которых в значитель-

ной мере связаны основные идеи первых десятилетий развития генетики: де Фриза, Иогансена и Бэтсона. Для де Фриза характерна исключительная творческая энергия, интуиция, широкий диапазон творческой работы, упорство, умение овладеть громадой фактов и их синтезом. <...> Изучая труды де Фриза, приходится поражаться объему его творческой работы. Делая нередко крупные ошибки в обобщениях, на которых мы будем останавливаться дальше, он подавляет своим колоссальным трудом, правильной интуицией, которая в конечном итоге приводит к созданию целого нового направления.

Совершенно иной тип исследователя представляет собой Иогансен. В его исследованиях чувствуется первоклассный, остроумный, точный экспериментатор. Физиолог-аналитик, продумывающий все детали опыта, осторожный в каждой цифре, доводящий опыт до предельной ясности, ограничивающий себя в исследовании. Это — методист в лучшем смысле слова. Отсюда — исключительная значимость его работ до наших дней.

Для Бэтсона характерны широкий кругозор, огромная эрудиция в разных областях биологии, блестящая, хотя не всегда

ясная, литературная манера изложения, большая требовательность к самому себе. В отличие от де Фриза, он относительно скуп в опубликовании работ. Для трудов Бэтсона характерна точность и строгость работ, а также умение создавать меткие формулы, термины; им введен ряд современных терминов: гомозиготный, гетерозиготный, аллеломорфы» (с.48–49).

Вавилов отмечает, что любовь к аккумуляции точных фактов выразилась в создании первокласного журнала генетики, наиболее строгого в отношении авторов. Завершается глава утверждением, что «метод чистых линий отныне становится основным в изучении изменчивости, в распознавании наследственных и ненаследственных изменений, а метод Менделя становится анализом генетической природы организма» (с.52).

В третьей главе представлена мутационная теория в историческом аспекте. Упомянется, что название «мутация» дано ботаником В.Гюфмейстером в 1868 г. применительно к резким изменениям в структуре организма. Даются ссылки на работы Дарвина и других авторов, где описываются скачкообразные изменения, или спорты. Особое внимание Вавилов обращает на труд русского ботаника-географа С.И.Коржинского «О гетерогенезисе и эволюции», в которой подытожено множество фактов из истории происхождения культурных растений и подчеркнута значимость гетерогенных и/или мутационных изменений.

Однако первенство в развитии теории мутаций Вавилов справедливо отдает де Фризу, собравшему и систематизировавшему факты по изменчивости культурных растений. Регулярно наблюдая за поведением энотеры (*Oenothera lamarckiana*), де Фриз формулирует основные положения мутационной теории (скачкообразность и ненаправленность возникновения мутаций; прерывистость и констан-

тность; отличие мутаций от индивидуальной изменчивости; статистический характер проявления мутаций и др.), что вполне отвечает современным представлениям о типах мутаций и мутационном процессе. Исследования, проведенные на энотере, позволили ближе подойти к пониманию природы межвидовых гибридов, но в то же время показали малую пригодность данного объекта для выводов мутационной теории.

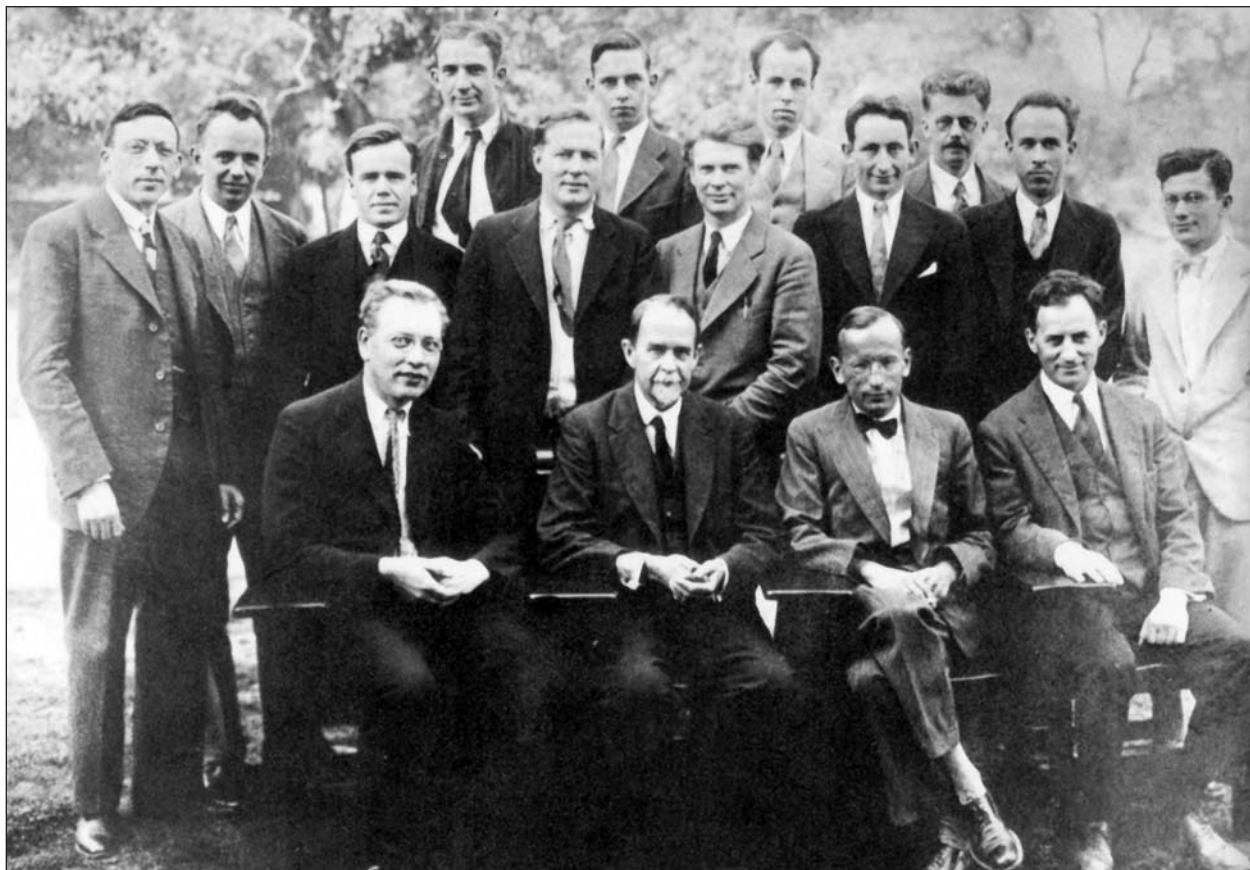
Дело в том, что по структуре хромосом *O.lamarckiana* оказалась сложным аллополиплоидом. Американский ботаник Б.Девис путем скрещивания других видов получил формы, морфологически не отличимые от *O.lamarckiana*. Де Фриза в основном интересовали комплексные и крупные мутации. Наряду с большим числом приверженцев, мутационную теорию сурово критиковали известные биологи (У.Бэтсон, Я.Лотси, Г.Нильсон и др.). Заслуга де Фриза несомненно и в том, что он привлек внимание ботаников, зоологов, селекционеров к пониманию и отделению наследственной изменчивости от индивидуальной, флуктуационной. Появилось огромное число работ с описанием вегетативных мутаций роз, папоротника, цитрусовых и других плодовых растений.

Однако особенно ценными были пионерные работы лаборатории Т.Моргана «с замечательным объектом (дрозофилой), в смысле чистоты и разительности явлений мутаций». Вавилов пишет, что «уже де Фриз, как физиолог, не мог не мечтать об искусственном получении мутаций». В среде биологов формируется представление об относительной стабильности признаков организма. «Факты слабой зависимости наследственной конституции от внешних условий заставляют концентрировать внимание на изыскании более сильно действующих факторов. В 1927 г. Г.Мёллер на V Международном генетическом

конгрессе в Берлине сообщил о результатах своих исследований на дрософиле по индукции лучами Рентгена рецессивных летальных мутаций. Дальнейшие исследования Р.Гольдшмидта, Н.Тимофеева-Ресовского и других позволили выявить мутагенную активность более мягких физических факторов — ультрафиолетовых лучей, температурных различий. <...> Тщательные исследования Баура, а также работы на дрософиле в Институте генетики (Москва), показывают преимущественное распространение мелких мутаций как морфологического, так и физиологического характера» (с.61–62).

Вавилов подчеркивает, что «фактический материал указывает преимущественную частоту мелких мутаций, на которых в основном построено эволюционное учение Дарвина». Завершается глава словами: «самым знаменательным в развитии мутационного учения является то, что от простых констатаций фактов, хотя бы и в полевом эксперименте, мутационная теория [становится] объектом точных физиологических исследований. Это одно из основных направлений современной генетики близкого будущего» (с.64).

Хромосомную теорию наследственности (глава IV) Вавилов связывает со всем последовательным движением клеточной теории в биологии, с изучением организации клетки. Действительно, уже во второй половине XIX в. Э.Геккель предсказал решающую роль ядра в размножении клеток, В.Ру подчеркнул значение фигур деления ядра, а Т.Бовери говорил о законе постоянства хромосом. Основываясь на этих блестящих работах, Вавилов формулирует принципиальное для генетики методологическое обобщение: «Признавая целостность клетки как системы, исследователи приходят к утверждению внутриклеточной дифференциации. Клетка, по современному представлению, являясь единой целостной системой, в то же время со-



Сотрудники Т.Г.Моргана. Калифорнийский технологический институт. Пасадена, 1930 г. Слева направо сидят: А.Г.Стертевант, Т.Г.Морган; стоят: 2-й и 3-й — Рокфеллеровские стипендиаты Ф.Г.Добжанский и Г.Д.Карпеченко, 5-й — К.Бриджес.

стоит из генетически неравноценных элементов, хотя и не приходится забывать, что те же хромосомы не существуют вне клеток, но являются элементами целостной дифференциальной системы, функционируя только в качестве частей целого, в теснейшей связи с целым, а не сами по себе. <...> Хромосомы играют в явлениях наследственности особую специфическую и доминирующую роль» (с.67—68).

Вавилов обращает внимание на работу американского цитолога Э.Вильсона «Клетка и ее роль в развитии и наследственности» и на сформулированную другим цитологом гипотезу о связи открытых Менделем закономерностей наследования признаков с поведением хромосом в мейозе. Следующим этапом развития хромосомной теории наследственности Ва-

вилов обозначил установление групп сцепленного наследования определенных признаков и свойств, соответствующих числу хромосом. Речь идет о том, что наряду с независимым поведением признаков по простой схеме Менделя, уже тогда Бэтсон и Пеннет описали случаи наследования определенных сцепленных свойств. «Диалектика развития данного раздела генетики, однако, приводит к тому, что именно эти исключения сослужили большую службу в подтверждении основных правильностей менделизма» (с.69).

Рассказывая о работах лаборатории Моргана, Вавилов придает особое значение выбору объекта для генетических исследований, а именно плодовой мушки дрозофилы (*Drosophila melanogaster*). Она отвечала всем

требованиям такой модели — высокая плодовитость, короткий цикл развития, четко проявляемые признаки, небольшое число хромосом ( $2n = 8$ ) и, конечно, дешевизна разведения. На этом объекте были получены основные доказательства хромосомной теории наследственности и сформулированы ее положения, не утратившие своего значения до наших дней.

Вавилов приводит конкретные доказательства хромосомной теории: существование групп сцепления генов, ограниченное гаплоидным числом хромосом и специфичным для каждого биологического вида; наследование признаков сцепленных с полом, связанное с X-или Y-хромосомами; линейное расположение генов в хромосоме и возможность обмена генами между гомологичными хро-

мосомами; экспериментально вызываемые транслокации, перегруппировки участков, инверсии. К этой же группе фактов он относит экспериментальную полиплоидию, преодоление бесплодия отдаленных гибридов, перегруппировки частей хромосом и мутаций отдельных генов, обусловленные действием лучей Рентгена. «Утверждение хромосомной теории есть результат критического экспериментального подхода к проблемам наследственности. Она подтверждается одновременно данными цитологии, эмбриологии, генетики, селекции и, наконец, всей практикой в области межвидовой и межродовой гибридизации. Ее выводы проверены на самых разнообразных зоологических и ботанических объектах» (с.75).

Следующая, пятая, глава посвящена связи генетики и селекции. Вавилов подчеркивает, что «до открытия Менделя, до установления принципа чистых линий и мутационной теории, по существу, селекции как науки не существовало. Это было великое искусство. <...> Основное достижение практической селекции того времени — проникновение в сознание необходимости, хотя еще не вполне ясное, различать наследственные и ненаследственные изменения, отсюда и необходимость изучения потомства выбираемых растений и попытки применения гибридизации рядом селекционеров. <...> Главным образом за истекшие десятилетия генетические методы были использованы применительно к мелким домашним животным, и самое основное, что приходится отметить как положительное явление, внедрение в практику садоводческого (скотоводческого) искусства методов генетики, генетического мышления — в дополнение к интуиции, опыту,

обычному в племенном животноводстве» (с.81—94).

В последней, шестой главе показаны сложные взаимоотношения двух тесно связанных биологических дисциплин. «По существу, генетика началась как ветвь эволюционного учения, сосредоточивая свое внимание на факторах изменчивости и наследственности. Но в начале XX в. многие биологи стремились отмежеваться от проблем эволюции. Так, Йогансен считал их разделом других дисциплин и в значительной мере — областью спекулятивных построений, в особенности в части филогении» (с.96). По мере разветвления генетических работ этот разрыв с эволюционным учением становился более заметным. Ю.А.Филипченко и Л.С.Берг считали неправильным расширять понятие генетики и включать в ее сферу экспериментальное изучение эволюции, как предлагает Вавилов в «Трудах по прикладной ботанике, генетике и селекции». В это же время Бэтсон приходит к развитию концепции эволюции путем выпадения наследственных зачатков.

Генетика в этот период «переживает фазу значительного отхода от породившего ее эволюционного учения и занимает в отношении дарвинизма критическое положение». Вавилов отмечает, что благодаря работам Т.Моргана, Дж.Холдейна, С.Райта, Р.Фишера и других генетика вновь обратилась к экспериментальному изучению эволюционных проблем. Так, на базе экспериментальных достижений генетики (мутагенез, полиплоидия, рекомбинация и др.) родилась синтетическая теория эволюции (СТЭ). Отдавая дань гению Дарвина, Вавилов приводит цитату из книги Э.Бауэра «Теоретическая биология» (1935): «...теория отбора является идеалом учения, призванного объяс-

нить такой невероятно сложный процесс, как эволюция, в том числе происхождение целесообразности» (с.110).

Особо следует сказать о краткой, но весьма глубокой по значению главе «Заключение. Будущее генетики». Вавилов в простой форме сформулировал задачи и направления развития генетики. Это — проблема гена; учение о мутабельных генах; роль плазмы в наследственности; самостерильность и самофертильность; апогамия и партеногенез; разработка генетической теории селекции животных и растений; экспериментальное изучение эволюционных проблем.

Научные открытия в биохимии, физиологии, цитологии, эмбриологии и других направлениях биологии пронизаны генетическим стержнем, что позволило называть XX век веком генетики в биологии.

В разделе «Насколько всеобщее приложение менделеевских законов к расщеплению гибридов» Вавилов обращает внимание, что «Т.Д.Лысенко поднял вопрос не только о всеобщности приложения закона Менделя, а о самом существовании его, об обязательности явления расщепления гибридов, о действительности правильностей числовых отношений в потомстве гибридов. По мнению Т.Д.Лысенко, самое расщепление гибридов является отнюдь не обязательным» (с.131).

Книга «Этюды по истории генетики» еще раз ярко показала глубокое знание и понимание Вавиловым проблем теоретической и экспериментальной генетики и необходимость тесной связи этой науки с практической селекцией. Недаром образованное в Советском Союзе после восстановления научной генетики в 1965 г. Всесоюзное общество генетиков и селекционеров было названо именем Н.И.Вавилова. ■

**Океанология. Охрана окружающей среды**

**И.А.Немировская.** НЕФТЬ В ОКЕАНЕ (ЗАГРЯЗНЕНИЕ И ПРИРОДНЫЕ ПОТОКИ). М.: Научный мир, 2013. 432 с.

Использование нефти дало колоссальный импульс развитию цивилизации. Но увеличение объемов добычи, транспортировки, хранения, переработки и потребления нефтепродуктов привело к расширению масштабов их разливов. В связи с перемещением центра работ нефтегазового комплекса все дальше и дальше в шельфовые моря под угрозой оказывается Мировой океан. Для разработки эффективных мер по борьбе с загрязнением морей нефтепродуктами необходимо определить их источники, физико-химические и механические свойства, пространственное распределение и глубину проникновения.

Основываясь на системном комплексном анализе как собственных данных, так и последних научных публикаций, автор монографии осветила практически все аспекты многоплановой проблемы нефтяного загрязнения океана. Проведена подробная инвентаризация источников поступления антропогенных и природных углеводородов, описаны закономерности их количественного и качественного распределения. Особое внимание уделено экосистемам высокоширотных акваторий Арктики и Антарктики, в первую очередь тем морям, где в настоящее время проводится добыча и интенсивная транспортировка нефти. Автор установила, что антропогенные углеводороды, выносимые реками, оседают в области смешения речных и морских вод и не попадают в моря. Всесторонний характер исследований позволяет составить достаточно объективные представления о токсичности нефти, о реальных и потенциальных последствиях нефтяного загрязнения морских акваторий.

**Биология. Экология**

**А.С.Сверцов.** ЭВОЛЮЦИОННАЯ ЭКОЛОГИЯ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2013. 347 с.



Книга посвящена обзору вопросов эволюционной экологии. Акцент сделан на анализе структуры экологических взаимодействий, влияющих на микроэволюционные процессы в популяциях позвоночных животных. Микроэволюция рассматривается автором с позиций эпигенетической теории. Особое внимание при изложении уделено адаптациям в пределах нормы реакции. Обсуждаются такие вопросы, как структура и границы популяций; влияние внутривидовых, биоценологических и абиотических факторов; динамика численности; формы и эффективность естественного отбора; роль экологических взаимодействий в процессе филоценогенеза.

ЮРИЙ БОРИСОВИЧ РУМЕР: ФИЗИКА, XX ВЕК / Авт.-сост. И.А.Крайнева и др.; отв. ред. А.Г.Марчук. Новосибирск: Изд-во «АРТА», 2013. 592 с.



Юрий Борисович Румер (1901—1986) — доктор физико-математических наук, основатель сибирской школы теоретической физики. Обучение начал в 1917 г. на физико-математическом факультете Петроградского университета, в 1918 г. перевелся в Московский университет, но из-за революции и Гражданской войны окончил его лишь в 1924 г. В 1926 г. выехал в командировку в Высшую политехническую школу в Ольденбурге (Германия). После получения технического диплома Румер направился в Гёттинген, где по рекомендации А.Эйнштейна и П.Эренфеста получил Лоренцовскую стипендию, благодаря которой в 1929—1932 гг. работал ассистентом у М.Борна. Вместе с Г.Вейлем, В.Гайтлером и Э.Теллером Румер был одним из зачинателей квантовой химии. В 1932 г. он возвратился в Москву и стал профессором Московского университета. В 1938 г. Румер — один из лидеров в советской теоретической физике — был арестован как «пособник врага народа Ландау» и приговорен к 10 годам лишения свободы. Срок отбывал не в лагере, а в «шараге» вместе с А.Н.Туполевым, В.М.Мясищевым и В.М.Петляковым. Затем была ссылка, из которой его удалось в 1950 г. перевести в Новосибирск. С 1957 по 1964 г. был директором Института радиофизики и электроники (ИРЭ) СО АН СССР.

В книге собраны документы и воспоминания, отражающие жизненный путь, научные искания и дружеские привязанности Румера. Материалы взяты из архивов Новосибирского и Московского государственных университетов, Сибирского отделения РАН, ФСБ России, а также ряда семейных архивов. Во введении дана биографическая хроника. Одиннадцать глав монографии сформированы по тематико-хронологическому принципу: они либо отражают определенный период жизни Юрия Борисовича (пребывание в Гёттингене, арест и ссылку, дискуссию о пятиоптике, реабилитацию), либо объединяют документальные свидетельства тематически (гёттингенские рассказы, воспоминания, штрихи жизни, работы Румера, история ИРЭ и т.п.). В приложении помещены фотографии, сведения об авторах и библиография.



# Правила для авторов

Журнал «Природа» публикует работы по всем разделам естествознания: результаты оригинальных экспериментальных исследований; проблемные и обзорные статьи; научные сообщения и краткие рефераты наиболее примечательных статей из научных журналов мира; рецензии; персоналии; материалы и документы по истории естественных наук. Поскольку статьи адресуются неспециалистам, желающим знать, что происходит в смежных областях науки, суть проблемы необходимо излагать ясно и просто, избегая узкопрофессиональных терминов и математически сложных выражений. Авторами могут быть специалисты, работающие в том направлении, тема которого раскрывается в статье. Без предварительной апробации научным сообществом статьи не принимаются, а принятые к публикации в «Природе» рецензируют-

ся и проходят редакционную подготовку.

Допустимый объем статьи — до 30 тыс. знаков (с пробелами). В редакцию статьи можно прислать по электронной почте прикрепленными файлами или на любом из следующих носителей: компакт-дисках CD-R или CD-RW; дисках DVD+R или DVD+RW; дисках Zip 100 Mb; на устройствах, поддерживающих USB. Для сжатых файлов необходимо представить свой архиватор. Самораспаковывающиеся архивированные файлы не принимаются.

Текст статьи, внутри которого библиографические ссылки нумеруются по мере цитирования, аннотация (на русском и английском языках), таблицы, список литературы и подписи к иллюстрациям оформляются одним файлом в формате MS с расширением doc, txt или rtf. Иллюстрации присылаются отдельными файлами. Если пере-

сылаемый материал велик по объему, следует архивировать его в формат ZIP или RAR.

Принимаются растровые изображения в форматах: EPS или TIFF — без LZW-компрессии. Цветные и полутоновые изображения должны иметь разрешение не ниже 300 dpi, черно-белые (B/W, Bitmap) — не менее 800 dpi. Принимаются векторные изображения в формате COREL DRAW CDR (версии 9.0–11.0) и Adobe Illustrator EPS (версий 5.0–8.0).

Редакция высылает автору статью для согласования только в виде корректуры. Все авторские исправления необходимо выделять цветом, курсивом, полужирным шрифтом и т.д. и не трогать формулы и специальные символы (греческие буквы, математические знаки и т.п.), в которых ошибки не допущены.

Поступление статьи в редакцию подтверждает полное согласие автора с правилами журнала.

Над номером работали

Ответственный секретарь

**Е.А.КУДРЯШОВА**

Научные редакторы

**О.О.АСТАХОВА**

**М.Б.БУРЗИН**

**Т.С.КЛЮВИТКИНА**

**К.Л.СОРОКИНА**

**Н.В.УЛЬЯНОВА**

**О.И.ШУТОВА**

Выпускающий редактор

**Л.П.БЕЛЯНОВА**

Литературный редактор

**Е.Е.ЖУКОВА**

Художественный редактор

**Т.К.ТАКТАШОВА**

Заведующая редакцией

**И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА**

Перевод:

**С.В.ЧУДОВ**

Корректоры:

**М.В.КУТКИНА**

**Л.М.ФЕДОРОВА**

Графика, верстка:

**А.В.АЛЕКСАНДРОВА**

Свидетельство о регистрации  
№1202 от 13.12.90

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

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

E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 18.04.2014  
Формат 60×88 1/8  
Офсетная печать  
Заказ 151  
Набрано и сверстано в редакции

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

[www.ras.ru/publishing/nature.aspx](http://www.ras.ru/publishing/nature.aspx)

При использовании материалов ссылка на журнал «ПРИРОДА» обязательна.