

ПРИРОДА

8 10



В НОМЕРЕ:

**3 Ксанфомалити Л.В., Зеленый Л.М.,
Захаров А.В., Кораблев О.И.**

**Планетные системы
ближайших звезд**

Совсем недавно были обнаружены многочисленные планетные системы других звезд. Экспериментальные данные, полученные при исследованиях экзопланет, привели к значительным изменениям в теории образования планет.

14 Демина Л.Л., Галкин С.В.

***Alvinella rotrejana* –
супертермофил и чемпион
по металлам**

*В полихетах рода *Alvinella*, обитающих на стенках черных курильщиков вблизи выходов высокотемпературных гидротермальных флюидов, зафиксированы пиковые концентрации микроэлементов, особенно тяжелых металлов.*

22 Суворов А.Н.

**Микробиота человека
и косметология**

Стоит ли спорить, что настоящая красота здорового тела и лица лучше нарисованной. Однако мало кто задумывается, что состояние кожи, волос, слизистых покровов зависит от состава и количества населяющих наш организм бактерий.

26 Балабанова М.А.

**Население восточноевропейских
степей в первом тысячелетии**

Этот период в истории Европы насыщен поступательным движением варварских народов. Сначала волны миграционных потоков привели сюда ряд алано-сарматских, а затем — тюркских племен.

34 Голубовский М.Д.

**Рихард Гольдшмидт –
генетик и эволюционист XX века**

Взгляды Рихарда Гольдшмидта на пути и механизмы эволюции, которые он нарочито резко противопоставлял царившим тогда представлениям, сегодня находят признание в современном научном сообществе.

Научные сообщения

45 Тарасов Л.В.

Метановые газгидраты

**Дмитренко О.Б., Оськина Н.С.,
Лукашина Н.П.**

**Бенгельский апвеллинг
в четвертичное время (48)**

Вести из экспедиций

**52 Жидков М.П., Бронгулеев В.Вад.,
Макаренко А.Г.**

**Астроблемовидные озера –
загадка московского региона**

Заметки и наблюдения

62 Булавинцев В.И.

**Дубонос, любитель
фруктовых косточек**

Наследие

64

ДОКУЧАЕВСКАЯ ШКОЛА

Автобиографические рассказы Б.Б.Полынова

О чем писала «Природа»

74 Омелянский В.Л.

**Мечников и Толстой
(Встреча в Ясной Поляне)**

Голиков Ю.П.

**Взгляд на жизнь и труды
В.Л.Омелянского (77)**

82

Новости науки

Проект «Резонанс» — исследование внутренней магнитосферы Земли (82). Загадка зодиакального света (83). Спираль продлевает жизнь? Спирам — да (83). Муары на службе микроскопии (84). Эволюция ящеров на острове Маврикий (85). Испытание наночастиц серебра (85). Протеасомы в опухолевых клетках (86). Вирус уничтожает раковые клетки (87). Природная среда Южной Сибири в четвертичное время. Сафарова С.А. (87). Вулканы и климат (88). В Европе найдены динозавры азиатского происхождения (89).

Рецензии

90 Танасийчук В.Н.

**Очевидное и невероятное
(на кн.: А.Н.Островский. Повелители бездны)**

92

Новые книги**В конце номера**

93 Томилин М.Г.

Дух предков

CONTENTS:

- 3 Ksanfomality L.V., Zelenyj L.M., Zakharov A.V., Korablev O.I.**
Planetary Systems of Proximate Stars

Quite recently numerous planetary systems of other stars were discovered. Experimental data obtained during studies of exoplanets led to significant changes in theories of planet formation.

- 14 Demina L.L., Galkin S.V.**
Alvinella pompejana – Superthermophile and Champion of Metals Content

In Polychaeta of genus Alvinella resident on the walls of high-temperature hydrothermal vents extremely high concentrations of different microelements are recorded, including heavy metals.

- 22 Suvorov A.N.**
Human Microbiota and Cosmetology

It hardly worth to argue that the genuine beauty of a healthy body and face is better than painted one. But few people contemplate that the condition of skin, hair, mucous tunics depends on composition and abundance of bacteria living in our organism.

- 26 Balabanova M.A.**
Population of Eastern European Steppes in the First Millennium

This period of European history is full of advancing movement of barbaric peoples. At first, the waves of migrations brought here a succession of Alano-Sarmatian, and later – of Turk tribes.

- 34 Golubovsky M.D.**
Richard Goldschmidt – Geneticist and Evolutionist of 20th century

Richard Goldschmidt's views on pathways and mechanisms of evolution, which he deliberately sharply set off against dominating ideas of his epoch, now win the recognition of scientific community.

Scientific Communications

- 45 Tarasov L.V.**
Methane Gas Hydrates

Dmitrenko O.B., Os'kina N.S., Lukashina N.P.

Bengelian Upwelling in Quaternary (48)

Notes from Expeditions

- 52 Zhidkov M.P., Bronguleev V.Vad., Makarenko A.G.**
Astroblema-Like Lakes: A Riddle of Moscow Region

Notes and Observations

- 62 Bulavintzev V.I.**
Grosbeak, Lover of Pits

Heritage

- 64 Dokuchaev's School**
Autobiographical Stories by B.B.Polynov

What «Priroda» Wrote About

- 74 Omelyansky V.L.**
Mechnikov and Tolstoy
(An Encounter at Yasnaya Polyana)

Golikov Yu.P.
A Look at Life and Works of V.L.Omelyansky (77)

- 82 Science News**

Project «Resonance»: a Study of Internal Earth Magnetosphere (82). The Riddle of Zodiac Light. (83). Spiral Wave Extends Life? Long Live the Spins! (83). Moire Patterns Are Employed in Microscopy (84). Evolution of Lizards on Mauritius (85). Testing of Silver Nanoparticles (85). Proteosomes in Tumorous Cells (86). Virus Kills Cancer Cells (87). Environment of Southern Siberia in Quaternary. **Safarova S.A.** (87). Volcanoes and Climate (88). Dinosaurs of Asian Origin Found in Europe (89).

Book Reviews

- 90 Tanasijchuk V.N.**
Obvious and Incredible
(on book: A.N.Ostrovsky. Masters of Abiss)

- 92 New Books**

In The End Of The Issue

- 93 Tomilin M.G.**
Spirit of Forefathers

Планетные системы ближайших звезд

Обнаружение планет у других звезд по модуляции лучевых скоростей навсегда останется за пределами возможного.

Р.Г.Айткен. 1938 г.

Л.В.Ксанфомалити, Л.М.Зеленый, А.В.Захаров, О.И.Кораблев

Недавняя смена тысячелетий ознаменовалась сразу несколькими грандиозными открытиями в астрофизике. Мир, еще недавно казавшийся таким надежным, уходит из-под наших ног: на него приходится всего 4% массы таинственной темной Вселенной. Другое вполне сравнимое по масштабам открытие — открытие бесчисленных внесолнечных планетных систем, которое привело к глубокой ревизии представлений о происхождении самой Солнечной системы и к новым идеям о возникновении планетных систем других звезд.

В 1970-х годах аккреционная теория происхождения планетных систем казалась «почти» завершенной [1–3]. Однако, когда в 1990-х годах были открыты внесолнечные планеты, в планетную физику устремились многие талантливые исследователи, и существенный прогресс в теоретических и экспериментальных работах привел к тому, что за последние годы аккреционная теория создана практически заново. Образование планет оказалось явлением в высшей степени хаотическим, приводящим в каждом отдельном случае к различным результатам.

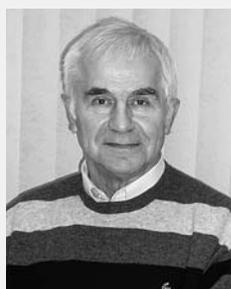
Радикально другими по сравнению с прежними представлениями теории выглядят почти все этапы образования планетных систем вообще и Солнечной системы в частности. Предполагавшаяся ее типичность оказа-



Леонид Васильевич Ксанфомалити, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией радиометрии Института космических исследований (ИКИ) РАН. Научный руководитель экспериментов по исследованиям планет. Область научных интересов — физика планетных тел Солнечной и звездных систем, поиск жизни на планетах. Член Международного астрономического союза.



Лев Матвеевич Зеленый, академик, директор ИКИ РАН, профессор Московского физико-технического института. Научные интересы связаны с плазменными процессами в космической среде, физикой и эволюцией Солнечной системы. Член ряда международных научных организаций, включая Международную академию астронавтики. Член редколлегии журнала «Природа».



Александр Валентинович Захаров, доктор физико-математических наук, ученый секретарь ИКИ РАН. Занимается физикой космической плазмы, исследованиями малых тел Солнечной системы. Член Международной академии астронавтики.



Олег Иванович Кораблев, доктор физико-математических наук, заместитель директора и заведующий отделом физики планет того же института. Специалист в области физики планет, научный руководитель экспериментов на отечественных и зарубежных космических аппаратах в программах «Марс-96», «Марс Экспресс», «Венера Экспресс», «Бети Коломбо».

© Ксанфомалити Л.В., Зеленый Л.М., Захаров А.В., Кораблев О.И., 2010

лась иллюзорной, а протосолнечная туманность возникла вовсе не в изолированной от других звезд области. Близкие звезды, среди которых были и сверхновые, сыграли важную роль в ее формировании, а временная шкала образования Солнечной системы оказалась значительно короче, чем полагали прежде. Начальные орбиты газожидких планет Юпитера и особенно Сатурна значительно отличались от современных. «Ледяные гиганты» Уран и Нептун образовались, по-видимому, совсем не там, где сегодня расположены их орбиты. Население пояса астероидов подверглось полному разрушению с последующим обновлением. Среди главных процессов в образовании планет группы Земли были их катастрофические соударения.

Многие физические процессы, которые оказались критическими в формировании планет, были известны и прежде, но почему-то внимание исследователей не привлекали. Здесь мы расскажем лишь о некоторых важных результатах теоретических исследований процессов формирования Солнечной системы и о новых экспериментальных данных, полученных в ходе изучения планетных систем сравнительно близких звезд. Но начать следует с краткого изложения истории открытия внесолнечных планет — сейчас их называют экзопланетами.

Что ожидали найти

Открытие в 1995 г. внесолнечной планеты-гиганта 51 Peg b было стартом новой планетной физики. Исследователи получили уникальный экспериментальный материал, который позволил по-новому взглянуть на аккреционные процессы*. Важным фактором для теории оказалась обнаруженная миграция (смещение) массивных эк-

зопланетных тел с высоких орбит, подобных орбитам Юпитера и Сатурна, до неожиданно низких околозвездных орбит — явление, которого Солнечная система, по-видимому, каким-то образом избежала.

Отправной точкой в поиске других планетных систем в XX в. считалась хорошо известная структура Солнечной системы. Напомним здесь, как она устроена. Близко к Солнцу располагаются четыре планеты земного типа — Меркурий, Венера, Земля с Луной и Марс. Все они имеют высокую среднюю плотность, 3.5–5.5 г/см³ и, за исключением Меркурия и Луны, обладают атмосферами. Их удаленность от Солнца, считая в расстояниях от Земли до Солнца (1 а.е. = 150 млн км), составляет от 0.4 до 1.5 единиц. На схеме рис.1 планеты земного типа находятся в центральной ее части. Гораздо дальше, в 5–30 а.е. от Солнца, располагаются планеты-гиганты, разделенные значительно большими расстояниями. В отличие от Земли они имеют газожидкую при-

роду. Эту группу возглавляет Юпитер (рис.2), масса которого в 318 раз больше массы Земли и составляет удобную одну тысячную (точнее, 1/1047) массы Солнца. Все гиганты имеют кольца разной плотности и огромное количество лун; у Сатурна их больше 60. Между орбитами Марса и Юпитера находятся орбиты многих тысяч малых планет, имеющих небольшие размеры, преимущественно около сотни километров. Размеры трех из них близки к 500 км, а диаметр Цереры около 1000 км. Размеры многих тысяч других — лишь несколько километров, а то и сотни метров (рис.3). Между орбитами гигантов также обращаются малые тела (группа Кентавров). Орбиты транснептуновых объектов (ТНО) располагаются начиная с расстояния 39 а.е. Их возглавляет двойная планета Плутон-Харон, которую, впрочем, Международный астрономический союз в 2006 г. лишил звания планеты. Логика такого решения в том, что обнаружено много других ТНО, причем

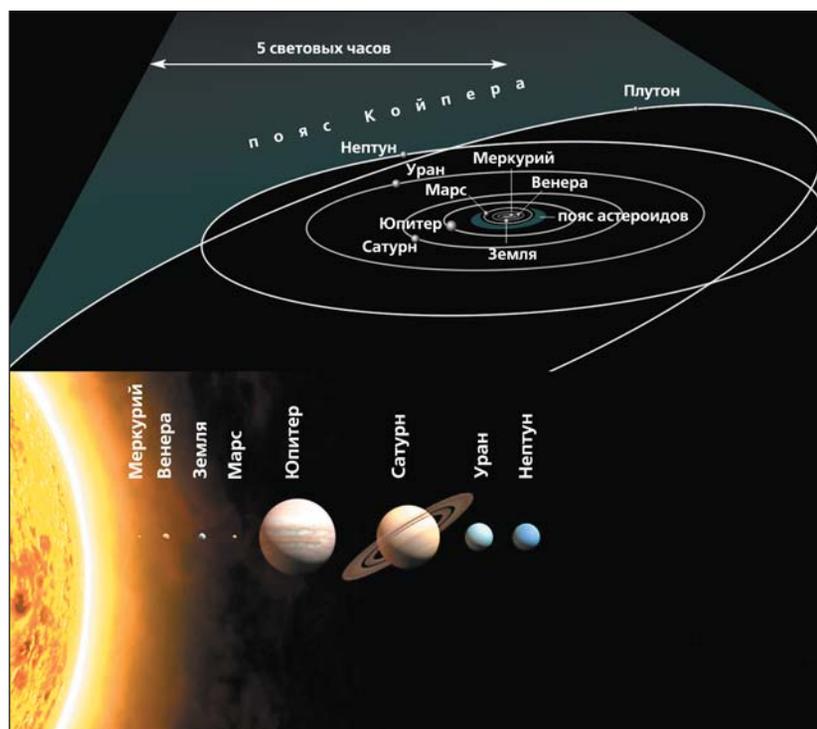


Рис.1. Солнце, орбиты планет и их относительные размеры. Орбиты планет почти компланарны.

* Аккреция — поглощение пыли и газа какими-либо небесными телами.



Рис.2. Планета-гигант Юпитер, масса которой превышает массу Земли в 318 раз. Снимок с аппарата «Cassini».

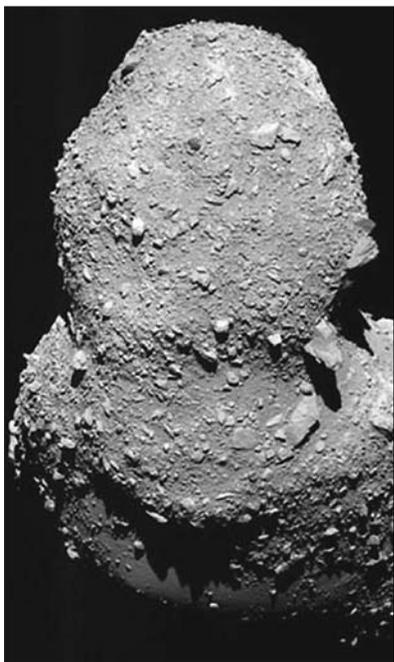


Рис.3. Астероид Итокава. Пояс астероидов состоит из сотен тысяч малых тел, орбиты большинства которых расположены главным образом между орбитами Марса и Юпитера. Но не всех. Орбита астероида Итокава проходит между орбитами Земли и Марса. Размер Итокавы около полукилометра. Снимок с японского аппарата «Hayabusa».

некоторые почти вдвое больше Плутона. Пояс ТНО тянется до 50 а.е. и дальше. Кометы, еще одна группа населения Солнечной системы, имеют типичные размеры небольших астероидов и находятся на очень вытянутых орбитах, с перигелием (самой низкой по отношению к Солнцу точкой орбиты) часто даже ниже орбиты Меркурия и с афелием (максимальным удалением) в десятки тысячи а.е. (у долгопериодических комет). Там, вдалеке, подобные тела образуют Облако Оорта, откуда под действием гравитационных полей разного происхождения они иногда (или периодически) отправляются к Солнцу. Если орбиты планет располагаются примерно в одной плоскости, близкой к плоскости орбиты Земли (эклиптике), то кометы могут прийти откуда угодно. Остается сказать, что все планеты и спутники вращаются вокруг своей полярной оси, причем, если их орбита низкая, как у Меркурия или у галилеевых спутников Юпитера, их вращение синхронизируется с орбитальным обращением. Скорости орбитального движения планет очень различны: от 50 км/с у Меркурия и 30 км/с у Земли до 2 км/с у ТНО, в соответствии с замечательным третьим законом Кеплера. Если в пределах планетных систем расстояния удобно обозначать в а.е., то для звездных расстояний астрономы предпочитают парсек (1 пк — расстояние, которое свет проходит за 3,26 года) или просто световой год. А одна астрономическая единица — это всего 8 световых минут.

Предполагалось, что и другие планетные системы тоже должны выглядеть примерно как Солнечная система с расстояния, скажем, 5 пк (удаленность ближайших звезд). Расчеты показывали, что свет звезды маскирует присутствие планет и при очень больших ухищрениях можно попытаться обнаружить только Юпитер. Так как его орбитальный период 12 земных лет, план поисков должен

был предусматривать постоянные наблюдения в течение 10—30 лет. Поэтому немногочисленные группы астрономов, которые пытались найти внесолнечные планеты, складывали результаты на полки, надеясь разобратся в них как-нибудь на досуге, а теоретики проводили малоутешительные расчеты.

Немного истории

В XX в. самой долгой была история поиска планет у звезды Барнарда, на которую стоит отвлечься, чтобы рассказать, как их искали.

Звезда Барнарда была открыта в 1916 г. Это четвертая из ближайших к Солнцу звезд, сравнительно холодная и маломассивная красная звезда. Тогда за находки комет правительство США платило премии, и Э.Барнарда был охотником за кометами. Звезда Барнарда перемещается по небу быстро, около 10 секунд дуги в год. Позже, в 1938 г., движение звезды Барнарда начал изучать другой исследователь из США, П.Ван де Камп. Он использовал астрометрический метод* и продолжал эту работу до 80-х годов XX в. Ван де Камп утверждал, что, если сложить снимки звезды Барнарда, ее след образует слабоволнистую линию. Он предполагал, что колебания возникают под действием массивной планеты, обращающейся вокруг звезды. Положение центра масс такой системы, барицентра, находится на линии, соединяющей планету и звезду, и во столько же раз ближе к звезде, во сколько масса звезды больше массы планеты. Периодические колебания положения звезды тем заметнее, чем меньше ее собственная масса. Ван де Камп считал, что планета имеет массу не менее массы Юпитера, причем, возможно, имеется не одна, а две планеты. Тогда это были единст-

* Астрометрия — это точное определение координат объекта относительно других звезд.

венные экспериментальные результаты такого рода. Известность исследований де Кампа росла, хотя верили ему не все.

В 1971 г. аспиранту обсерватории Алледжени (США) Д.Гейтвуду предложили в качестве диссертационной темы исследование движения звезды Барнарда. Когда набралось достаточное количество наблюдений, была запущена программа их обработки. Компьютеры тогда только входили в астрономическую практику. Гейтвуд рассказывал: «Это был странный случай, все произошло так быстро, за минуты. Мы смотрели на выползавшую из принтера распечатку, причем не знали, какая из звезд — Барнарда. И вот появилась звезда с возмущениями около 30 тысячных секунды дуги. Я оживился... Мы нашли! Фантастика! Мы столпились, разглядывая, обсуждая, и тогда я увидел номер звезды. Это *не была* звезда Барнарда! Это была двойная звезда с возмущающим компаньоном». А след звезды Барнарда оказался совершенно ровным.

Ван де Камп умер в 1995 г., в год, совпавший с открытием первой подлинной экзопланеты, 51 Peg b. До конца своих дней он настаивал на существовании планет у звезды Барнарда. Интерес к ней сохранялся почти до конца XX в. Позднее, уже в период 2000—2007 гг. движение звезды Барнарда исследовалось современным методом лучевых скоростей. Результаты, на пределе, могут быть интерпретированы как присутствие планеты с массой 4.7 масс Юпитера и с периодом 45 сут (де Камп говорил о двух планетах, с периодами 12 и 26 лет).

Первая подлинная внесолнечная планетная система была обнаружена на четыре года раньше, чем 51 Peg b, причем не у нормальной звезды, а у пульсара* PSR B1257+12. Пульсар когда-то был звездой огромной массы, примерно 20 масс Солнца, кото-

* Пульсары — быстровращающиеся нейтронные звезды с двумя узкими лучами, как у прожектора маяка.

рая взорвалась как сверхновая и оставила небольшую свою часть в виде сжавшейся до 10 км нейтронной звезды. Когда в 1991 г. 300-метровый радиотелескоп Аресибо (Пуэрто-Рико, США) был остановлен на ремонт, автор будущего открытия, А.Вольцшан, сумел использовать его для поиска пульсаров, расположенных над плоскостью Галактики. Этот радиотелескоп регистрирует излучение радиоисточников, когда благодаря вращению Земли они пробегают через его фокальное поле. Вольцшану удалось обнаружить слабый далекий пульсар PSR B1257+12, который находится на расстоянии 400 пк. Импульсы пульсара устойчиво принимались с периодом 6.2 мс, но с обработкой данных возникли проблемы. Были проведены независимые измерения, однако результаты остались такими же.

В 1993 г. Вольцшан пришел к выводу: причина в том, что у пульсара PSR B1257+12 оказалось три планеты, обращение которых слегка изменяет фазу приходящих импульсов. Сейчас известно, что планеты удалены от него на расстояния 0.19, 0.36 и 0.46 а.е., находящиеся примерно в тех же отношениях, что и расстояния от Солнца Меркурия, Венеры и Земли (0.39/0.72/1). Массы планет довольно значительны (0.2, 4.3 и 3.6 земной), а периоды обращения составляют 25, 67 и 98 сут.

Условия на планетах пульсара очень необычны. На их поверхность каждые 6.2 мс (160 раз в секунду) обрушиваются мощные потоки электронов, позитронов и гамма-излучения. Откуда там взялись планеты — сложный вопрос: это не могут быть планеты, которые когда-то существовали у звезды. (Нейтронные звезды — продукт взрыва некоторых типов звезд в конце их жизни; после взрыва сверхновой масса и тяготение звезды резко уменьшаются, и планеты покидают звезду). Можно предположить, что они возникли уже после взрыва, что рядом существовала другая звез-

да, вещество которой постепенно перетекало к пульсару, ускоряя его вращение, и частично конденсировалось в планеты.

Помимо пульсара PSR B1257+12 наличие планет подтверждено еще у одного или двух пульсаров*. Другие сообщения об открытии планет появлялись и раньше, в течение почти всей второй половины XX в., но они, как в случае астрометрических наблюдений звезды Барнарда, неизменно опровергались.

Наряду с астрометрией, исследователи рассматривали и другие возможные методы поиска планет. Отношение отраженного планетой светового потока к свету звезды очень мало. Например, для Юпитера оно составляет одну миллиардную света Солнца, а для Земли еще в четыре раза меньше. Если установить на орбите спутника идеальную оптическую систему с космическим телескопом диаметром около 2.5 м и с идеальным приемником, можно было бы получить 10—20 фотоэлектронов в секунду от света планеты. Но шум регистрации фототока от самой звезды превысит эти значения в 10 тыс. раз, и уменьшить его очень трудно. Система получается сложной, с очень длительными экспозициями.

Теоретически большими преимуществами обладает инфракрасный диапазон, где можно использовать особенности планетовской кривой излучения черного тела. Регистрируется не отраженный свет, а собственное инфракрасное излучение планеты, которое исходит от всей ее поверхности, а не только от освещенной стороны. С учетом свойств уравнения Планка расчетное отношение интенсивности инфракрасного излучения Юпитера и Солнца в диапазоне 25—50 мкм получается в 150 тыс. раз больше отношения их яркостей в оптическом диапазоне, но

* Одна планета обнаружена у пульсара PSR B1620-26, а наличие крохотной (меньше Луны) планеты у пульсара PSR B1828-11 пока под вопросом.

практически выигрыш не превышает 100 раз.

В наши дни все-таки удалось доказать возможность метода прямой регистрации (в оптическом диапазоне) наблюдениями трех очень отдаленных планет у молодой звезды HR8799 (рис.4). Это особый, исключительный, случай. А вообще число открытых на начало 2010 г. экзопланет превысило 400.

Метод, считавшийся «невозможным»

Почти все планеты найдены одним и тем же очень сложным методом, который все же можно объяснить достаточно просто. Все звезды участвуют во вращении Галактики, но каждая звезда имеет собственные, случайные скорости, которые относительно Солнца могут достигать нескольких десятков километров в секунду. Если звезда приближается к наблюдателю или удаляется от него, возникает эффект Доплера, когда световые волны как бы сгущаются или растягиваются вдоль луча, смещая весь спектр звезды в синюю или красную сторону соответственно. Регистрируя доплеровские смещения линий в спектре, удастся измерить лучевые (радиальные) скорости звезд.

Представим теперь, что у далекой звезды есть массивная планета. Она обращается вокруг звезды под действием ее притяжения. Но и звезда тоже находится под действием притяжения планеты. Они вместе обращаются вокруг общего барицентра. Хотя увидеть такую планету практически невозможно, движение самой звезды по такой *кеплеровской* орбите наложит на доплеровскую составляющую лучевой скорости звезды еще одну, переменную, составляющую, которая выдает присутствие планеты. Для нахождения доплеровской составляющей используются сдвиги положения многочисленных спектральных линий звезды относительно спектраль-

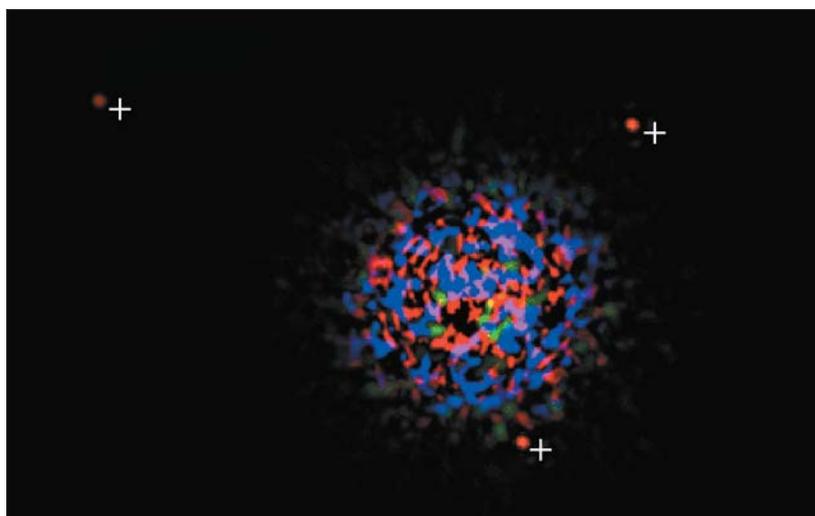


Рис.4. Экзопланеты у молодой звезды HR8799. Длительная экспозиция позволила зарегистрировать три планеты на очень высоких орбитах (24, 38 и 68 а.е.) Снимок сделан с помощью адаптивной оптики в высокогорной обсерватории Мауна-Кеа (Гавайи).

ных линий стабильного лабораторного источника. Сдвиг, который возникает благодаря *кеплеровским* скоростям, — микроскопический, а его измерения больше относятся к искусству, чем к науке. Предельными возможностями метода до 70-х годов XX в. считались скорости примерно 300—500 м/с. Для обнаружения планет по периодическому изменению знака *кеплеровской* составляющей это было совершенно бесперспективно. Поэтому в 1938 г. американский астроном Р.Айткен уверенно писал: «Обнаружение планет у других звезд по модуляции лучевых скоростей навсегда останется за пределами возможного». *Кеплеровские* скорости звезд очень малы. В Солнечной системе максимальная *кеплеровская* скорость Солнца возникает под действием притяжения Юпитера и составляет всего 12,5 м/с, под действием Сатурна — только 2,7 м/с, а под действием Земли — совсем мало, $0,09 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Это в 10—30 раз меньше лучших достигнутых результатов. Поэтому для поиска экзопланет понадобилось придумать и создать метод и аппаратуру, в 100—200 раз более чувствительные к доплеровским скоростям.

Практически все внесолнечные планетные системы (за исключением единичных объектов) найдены именно методом лучевых скоростей (МЛС), который позволил обнаружить много планет-гигантов с массами, сравнимыми с массой Юпитера, причем оказавшихся на неожиданно низких орбитах [4, 5]. Поиск прямых аналогов планет земной группы пока остается за пределами технически возможного. Тем не менее первые экзопланеты с массами в несколько масс Земли уже обнаружены, хотя и на очень низких орбитах («горячие земли»).

Принцип и схема поиска экзопланет по периодическому изменению лучевых скоростей родительской звезды приведены на рис.5. В результате обращения звезды вокруг общего барицентра системы лучевая скорость звезды приобретает знакопеременную (*кеплеровскую*) составляющую. Периодическая составляющая обычно намного меньше полной лучевой скорости. *Кеплеровская* орбитальная скорость звезды определяется периодом планеты, массами звезды и планеты и эксцентриситетом орбиты планеты. Массу звезды в первом приближении

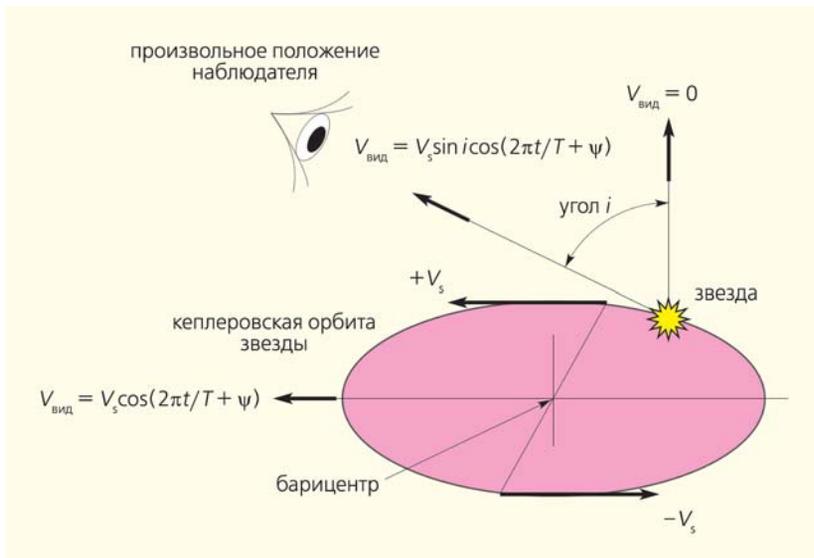


Рис.5. Звезда, обращающаяся вокруг барицентра — общего центра масс планеты и звезды. Регистрируемая методом лучевых скоростей видимая составляющая $V_{\text{вид}}$ кеплеровской лучевой скорости V_s зависит от зенитного расстояния наблюдателя по формуле $V_{\text{вид}} = V_s \sin i$. При расположении наблюдателя вблизи полюса системы кеплеровская составляющая методом лучевых скоростей не обнаруживается, но может быть найдена астрометрическими измерениями.

можно оценить через ее спектральный класс и светимость. Орбитальное расстояние и период обращения планеты связывает с массой звезды (и планеты) 3-й закон Кеплера. Как видно из рис.5, измерения позволяют определить массу планеты только с точностью до синуса угла i ,

причем, если плоскость орбиты перпендикулярна к направлению на наблюдателя, измерения невозможны. Кеплеровская составляющая скорости звезды тем выше, чем больше масса планеты и чем короче большая полуось ее орбиты. Предельные возможности метода лучевых

скоростей определяются главным образом нестабильностью фотосфер звезд солнечного типа. В благоприятном для МЛС случае неспокойствие фотосферы не превышает 2–3 м/с, а предельные возможности самого метода близки к 1 м/с. Рекордом стало недавнее достижение М.Майором и его сотрудниками порога 0.3 м/с (рис.6).

Короткий период, соответствующий близкому положению планеты типа «горячий юпитер» к родительской звезде, облегчает ее поиск. Именно короткий период позволил обнаружить первую экзопланету у звезды 51 Peg. Вид кривой кеплеровской скорости звезды чрезвычайно чувствителен к эксцентриситету орбиты экзопланеты. Круговая орбита соответствует правильной гармонической функции, а при заметном эксцентриситете появляются четные гармоники (рис.7).

Вторым главным методом поиска должен быть астрометрический, которым пользовался Ван де Камп. Здесь достигнута точность лучше 1 мс дуги, что для поиска экзопланет еще недостаточно. Но есть перспективы улучшения метода, главным образом — космическими средствами. Вообще, теоретически, существует не менее пяти методов поиска, из которых рассматриваемые здесь МЛС и астрометрический — важнейшие инструменты исследований экзопланет. Оба метода тем эффективнее, чем больше масса возмущающего тела (планеты). При этом колебания в положении звезды, который обнаруживает астрометрия, тем больше, чем *дальше* гипотетическая планета. Зато кеплеровская составляющая скорости звезды становится ничтожно малой, а наблюдения растягиваются на десятилетия. Естественно, для близкого тела необходимая длительность МЛС-наблюдений получается намного меньшей. До 1995 г. исследователи неизменно исходили из массы и 12-летнего периода Юпитера и ничего другого не ожидали.

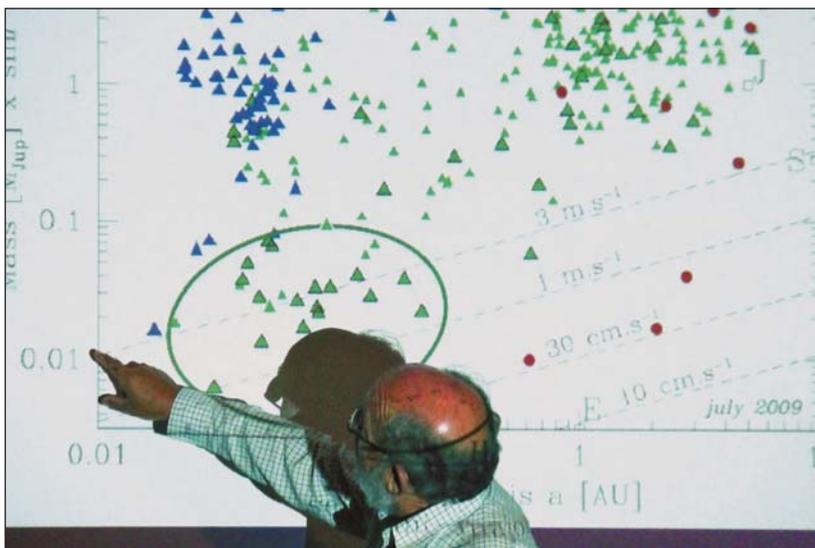


Рис.6. М.Майор, демонстрирующий диаграмму с только что открытыми экзопланетами типа «суперземля» (2009 г.).

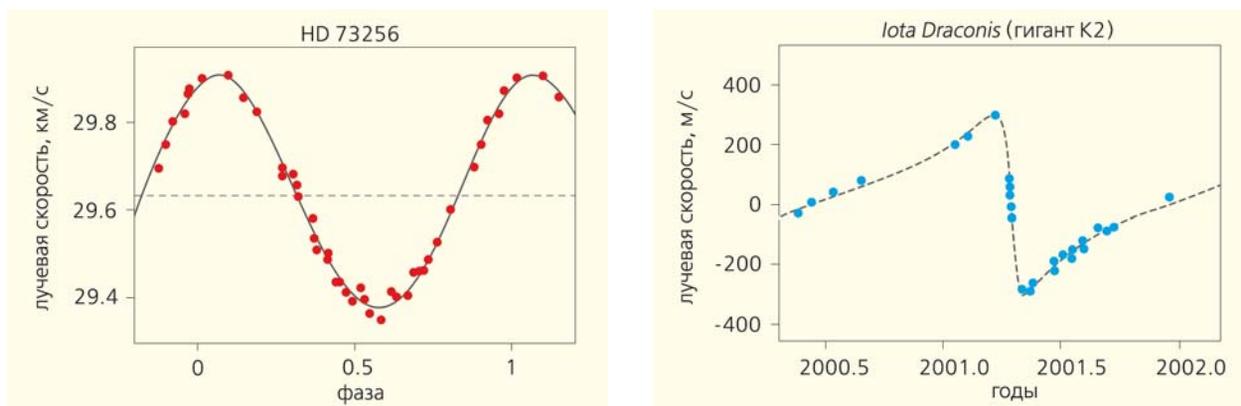


Рис.7. Периодические изменения кеплеровских лучевых скоростей. Их вид указывает на величину эксцентриситета орбиты экзопланеты. Кеплеровская орбита HD 70642 (возможного аналога Юпитера) почти круговая, эксцентриситет $e = 0.04$; у *Iota Draconis* орбита с высоким, «кометным», эксцентриситетом, $e = 0.71$.

Первая экзопланета у нормальной звезды

Астрономы совершенствовали технику и продолжали поиски. Первой «нормальной» планетой, открытой у обычной, солнцеподобной, звезды, стала планета у звезды 51 в созвездии Пегаса. (В дальнейшем экзопланеты стали называть по имени звезды с добавкой строчной буквы: b — для первой планеты, c — для второй и т.д.). Планета 51 Peg b была открыта в 1994 г., но официальное объявление о ее открытии было сделано лишь осенью 1995 г. Открытию предшествовал настоящий прорыв в технике МЛС.

В начале 90-х годов несколько групп в разных странах кропотливо совершенствовали метод лучевых скоростей. Было ясно, что доплеровские смещения линий будут ничтожными. В 1988 г. в Канаде Б.Кэмпбелл и его коллеги сумели зарегистрировать лучевые скорости около 15 м/с. Они сравнивали положение линий в спектре звезды и в наложенном на него лабораторном спектре паров фтористого водорода. Среди многих трудностей была токсичность газа.

Стремясь улучшить чувствительность метода, в Женевской обсерватории (Швейцария) М.Майор и Д.Квеллоц, который

тогда был аспирантом Майора, разрабатывали спектрометр другого типа. Вместо фтористого водорода они использовали торий-аргоновый стандарт со световодом. Вскоре им удалось достичь предельной чувствительности 13 м/с. Для поиска планет были отобраны 142 звезды солнечного типа в окрестностях Солнца, включая звезду 51 в созвездии Пегаса. Используя свой спектрометр, в 1994 г. астрономы приступили к наблюдениям во французской обсерватории в Верхнем Провансе.

Аналогичные работы проводились в США. Еще в 1987 г. в Университете Сан-Франциско Д.Марси с сотрудниками начал поиск планет, применяя МЛС. Его аспирант П.Батлер предложил заменить ядовитый фтористый водород парами безвредного йода (в дальнейшем йодный стандарт в астрономии стал применяться очень широко). Йодный стандарт имеет много спектральных линий в наиболее удобной спектральной области, но требует трудоемкой обработки результатов на мощном компьютере. В перспективе чувствительность нового метода должна была составить 10 м/с. Близкие результаты действительно получить удавалось, но хорошие измерения, полученные накануне, в следующую наблюдательную ночь казались ошибочными, а

результаты различались на 20—100 м/с. На доработку техники и программ обработки ушло несколько лет. Вскоре у Марси уже имелся обширный необработанный наблюдательный материал. В 1994 г. порог удалось довести до 3 м/с. Это позволяло обнаружить планету с массой Юпитера по ее влиянию на звезду в системе, удаленной на 10 пк. По-видимому, исходя из 12-летнего периода Юпитера, Марси и Батлер не торопились с обработкой, как и другие группы исследователей. Чтобы ускорить работу, Марси и Батлер в пять раз сократили число наблюдавшихся звезд. В Йельском каталоге ярких звезд 51 Peg значилась как звезда особого беспокойного вида, поэтому 51 Peg вычеркнули тоже. На самом же деле 51 Peg — спокойная звезда солнечного типа. Ошибка в каталоге для Марси и Батлера стала роковой.

Дальнейшее развитие событий было драматическим. В отличие от подхода Марси и Батлера, метод Майора и Квеллоца позволял получить результат сразу. Но через несколько месяцев с 51 Peg возникли проблемы. Часть лучевой скорости звезды, изменяясь на 60 м/с, каждые 4 сут меняла знак. Поиски неисправностей в спектрометре остались бесплодными, и в декабре 1994 г. у них в руках оказалась кривая изменения кеплеровской

составляющей лучевой скорости с периодом 4,2 сут. Можно представить себе замешательство Майора и Квелоца: неужели «год» планеты составляет всего 4,2 дня? В существование таких планет никто тогда не мог поверить. Масса планеты должна быть очень большой, вроде Юпитера, но ее орбита должна быть в восемь раз ниже даже орбиты Меркурия, около 1/20 а.е.

Желая проверить все еще раз, Майор и Квелоц решили пока промолчать. Как всегда, в марте Пегас ушел за Солнце, а до его выхода в июле 1995 г. оставалось 4 мес. Они рассчитали, какой должна быть будущая фаза кеплеровской составляющей. В июле 51 Peg появился точно с расчетной фазой. Сомнений не оставалось: найдена первая планета у нормальной звезды, но намного ближе к звезде, чем кто-либо мог предположить. «Поэтому было очень, очень трудно убедить себя, что это планета, а не пульсации звезды, или ее вращение, или что-то еще», — говорил Майор. Срочно была сдана статья в журнал *Nature*, а осенью 1995 г. на конференции в Италии Майор и Квелоц сообщили о своем открытии, что вызвало сенсацию, в том числе благодаря оценке массы планеты. Как показано на рис.5, измерения дают оценку не полной массы M , а величину $M \sin i$. Для 51 Peg b масса составляет, скорее всего, половину массы Юпитера. В дальнейшем этот тип планет из-за близости к звезде получил название «горячий юпитер», поскольку температура планеты очень высока и превышает 1000 К. Отметим, что 51 Peg относится к относительно близким звездам и находится на расстоянии всего 15 пк от Солнца.

Вскоре вести с конференции достигли США и застали Марси и Батлера врасплох. Они вернулись к наблюдениям опрощено оставленной ими 51 Peg. Через четыре ночи стало ясно, что швейцарцы правы. Единственным утешением для Марси

и Батлера было то, что вскоре в центре внимания американской прессы и телевидения оказались они сами. А Майор и Квелоц как-то оттеснились на второй план, лишь в конце публикаций упоминалось, что швейцарские исследователи *тоже* обнаружили планету. Марси и Батлеру предоставили время на мощных компьютерах, и они обработали накопленные материалы о 107 звездах. Неожиданности продолжались. Если в Солнечной системе орбиты планет близки к круговым, то экзопланета у звезды 16 Cyg B в созвездии Лебедя оказалась телом с гигантским эксцентриситетом орбиты, больше подходящим комете. В дальнейшем было установлено, что таких планет большинство. В числе первых экзопланет была также τ Boo b, орбита которой имеет ничтожный эксцентриситет. Ее вероятная масса около 4 масс Юпитера, период («год») 3,3 дня, а к родительской звезде она еще ближе, чем экзопланета 51 Peg b.

В Швейцарии у Майора и Квелоца были свои проблемы. Правила *Nature* закрепляют приоритет, но запрещают разглашать содержание находящейся в печати статьи, поэтому Майор и Квелоц были вынуждены молчать, а лавры открытия доставались другим. «Это была полностью вина *Nature*», — говорил Квелоц. — Была масса звонков от журналистов, но все что мы могли сказать, это: «Извините, мы не можем ответить. Может, спросите кого-либо еще».

В последующие годы темпы открытий экзопланет все нарастали, от 6 в 1996 г. до 61 в 2007-м. Когда экзопланет набралось много, стало возможным провести статистические обобщения. Оказалось, что около трети открытых экзопланет — объекты типа «горячий юпитер». А образование планетной системы тем вероятнее, чем выше «металличность» родительской звезды, т.е. чем выше содержание в ней тяжелых элементов по сравнению с Солнцем.

«Горячие юпитеры» и их транзиты

Статистические сведения об орбитальных и массовых характеристиках экзопланет накапливались быстро. Не будет преувеличением сказать, что подавляющая часть полученных данных не предсказывалась классической теорией. Примерами могут быть низкие орбиты примерно 30% экзопланет, разделение на круговые и эксцентрические орбиты и явление миграции. Перечисленные свойства удобно рассмотреть на основе результатов, полученных при исследовании низкоорбитальных транзитов — прохождений экзопланет по диску звезды. «Горячий юпитер» HD 209458 b — первый и наиболее известный объект, у которого в 2000 г. были обнаружены транзиты (в 2009 г. их было уже 50 из 400 тогда известных планет).

Свойства обнаруженных внесолнечных планетных систем говорят о нетипичности нашей низкоэнтропийной Солнечной системы с ее круговыми планетными орбитами и массивными планетами на высоких орбитах (орбиты наших планет все практически круговые, за исключением Меркурия). Число систем, у которых обнаружено несколько планет, постоянно возрастает и превысило 30. Система коричневого карлика GJ 876 имеет две планеты (причем с орбитальным резонансом 2:1), Иpsilon Andromedae — три, 55 Cancri — 4 планеты, из которых одна имеет массу $M \sin i$, близкую к массе Нептуна (около 17 масс Земли). Разумеется, планеты земного типа, с большой полуосью орбиты, подобной земной, пока обнаружить существующими методами невозможно, но структура найденных планетных систем не походит на Солнечную: очень массивные планеты находятся на разных орбитах, в том числе на орбитах с большой полуосью от 0,05 до 2 а.е. (рис.8), а граница у 0,16—0,20 а.е. условно делит орбиты на круговые и эксцентрические.

Почему границы между круговыми короткопериодическими и долгопериодическими (преимущественно эксцентрическими) орбитами с периодом более 30 сут находятся на таком близком расстоянии от звезд, до конца не ясно. Почти все экзопланеты, которые обращаются по очень низким круговым орбитам, имеют параметр $M \sin i$ в среднем около 0.5—0.6 масс Юпитера. И наоборот, для экзопланет на высоких орбитах, соответствующих орбитам Венеры, Земли, Марса и астероидов в Солнечной системе, характерны большие и очень большие эксцентриситеты орбит, вплоть до величин, присущих кометам. Причина подобного разделения лежит, по-видимому, в механизме миграции, который переводит планеты с высоких орбит, где они образуются, на околозвездные орбиты «горячих юпитеров». Но как их орбиты превращаются в круговые и почему миграция здесь останавливается, остается неизвестным. Возможно, ответ лежит в том, что универсальным механизмом формирования планетных систем служит именно миграция планет из внешних областей во внутренние. Такой механизм отсутствует в Солнечной системе, но, возможно, существовал в пору ее формирования.

Миграция гигантов к звезде может представлять серьезную угрозу существованию таких планет, как Земля: в ходе миграции на низкие околозвездные орбиты планета масштаба Юпитера оставляет мало шансов на выживание планетам земного типа из-за неизбежных катастрофических столкновений с формирующимися телами. Фактически в ходе своей эволюции такой гигант может поглотить весь материал формирующихся планет земного типа. Другая угроза — возникновение резонансных орбит, не допускающих объединение протопланетных тел, подобно тому, как Юпитер в нашей Солнечной системе не позволил появиться планете

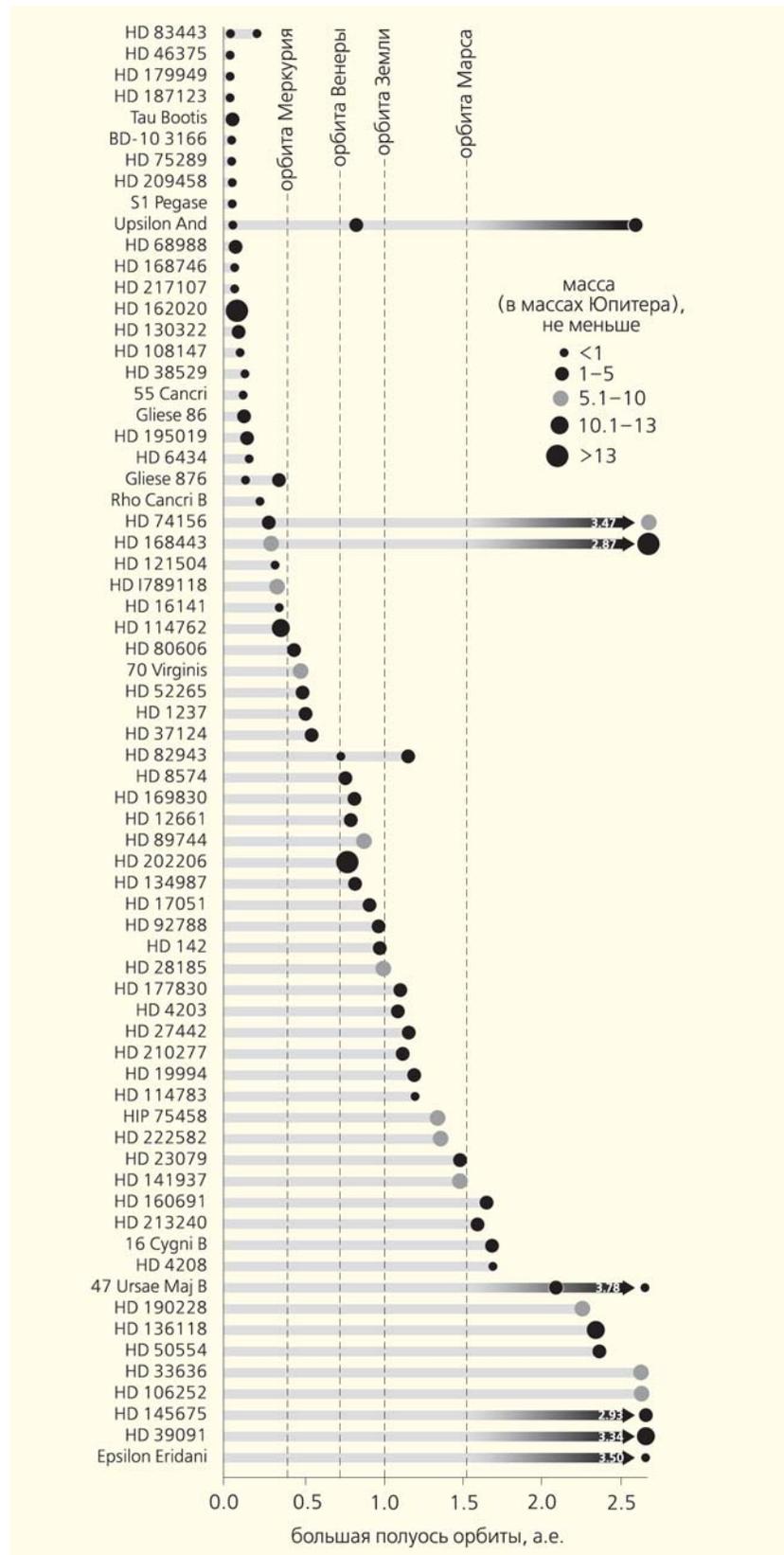


Рис.8. Распределение орбит экзопланет. Около 30% экзопланет-гигантов находятся на крайне низких круговых орбитах, менее 0.20—0.17 а.е. Более высокие орбиты характеризуются большими эксцентриситетами.

в поясе астероидов, между орбитами Марса и Юпитера.

Среди экзопланет на низких орбитах, с очень коротким периодом, известны объекты с периодом около 10 ч. Их орбита удалена от поверхности звезды всего на пару миллионов километров. Такая близость планеты к звезде приводит к тому, что некоторые из «горячих юпитеров» оказываются «очень горячими юпитерами», с температурой до 1600 К и выше. Высокой температуре способствует также низкая отражательная способность «горячих юпитеров», темные аэрозоли в атмосфере которых состоят из паров и конденсатов силикатов, углерода и металлов. Планеты с большой массой в состоянии удерживать атмосферу, даже со столь высокой температурой и состоящую из легких газов —

водорода и гелия, на которые во многих случаях приходится основная масса планеты. Но не всегда. Среди нарушителей правил — экзопланета HD 149026 b (подробности — во второй части статьи).

У звезд с планетами типа «горячий юпитер» заметная часть открытых экзопланет, около 100, имеет большую полуось орбиты в пределах 0.15 а.е., что в несколько раз ниже, чем орбита Меркурия в Солнечной системе (рис.9). При случайном благоприятном положении наблюдателя относительно плоскости орбиты экзопланеты (вернемся к рис.5) удастся регистрировать транзиты. Вероятность обнаружить такую систему невысока. Открытая в 2000 г. первая экзопланета с транзитами, HD 209458 b, в течение пяти лет вообще оставалась единст-

венным таким объектом среди близких звезд.

Незадолго до открытия первого короткопериодического «горячего юпитера» (51 Peg b) возможности обнаружения транзитов, исходя из свойств Юпитера, оценивались пессимистически. Но открытие «горячих юпитеров» все изменило. Для планет на низких, менее 0.15 а.е. орбитах, вероятность наблюдения регулярных транзитов составляет более 6% для удвоенного угла j ($j = 90^\circ - i$). Рисунок 10 показывает, как происходят транзиты. На врезке показано положение орбиты, необходимое для их наблюдений. Для системы вроде HD 209458, с радиусом круговой орбиты экзопланеты 0.047 а.е. и радиусом звезды на 15% больше солнечного, вероятность достигает 10%. Это несравнимо выше известной низкой вероятности обнаружения внешним наблюдателем прохождений Юпитера по диску Солнца (все-го $8 \cdot 10^{-4}$) при его 12-летней периодичности. В системе HD 209458 транзиты повторяются каждые 3.5 сут.

Продолжительность самих транзитов определяется радиусом звезды, большой полуосью орбиты планеты (на круговой орбите — радиусом орбиты) и суммарной массой звезды и планеты. Радиусы звезд, начиная от поздних подклассов F и до ранних подклассов M, различаются не слишком значительно. Из 3-го закона Кеплера удастся найти длительность экваториального транзита. Например, для экзопланеты HD 209458 b длительность транзита составляет 3.15 ч. Глубина ослабления яркости, вызываемая транзитами планеты, составила 1.5%. Как было показано позже, глубина модуляции даже 0.15% все еще позволяет получить необходимые данные. Транзиты позволяют узнать много подробностей о физических свойствах планеты, ее атмосферы (и даже самой звезды) и служат главным астрофизиче-

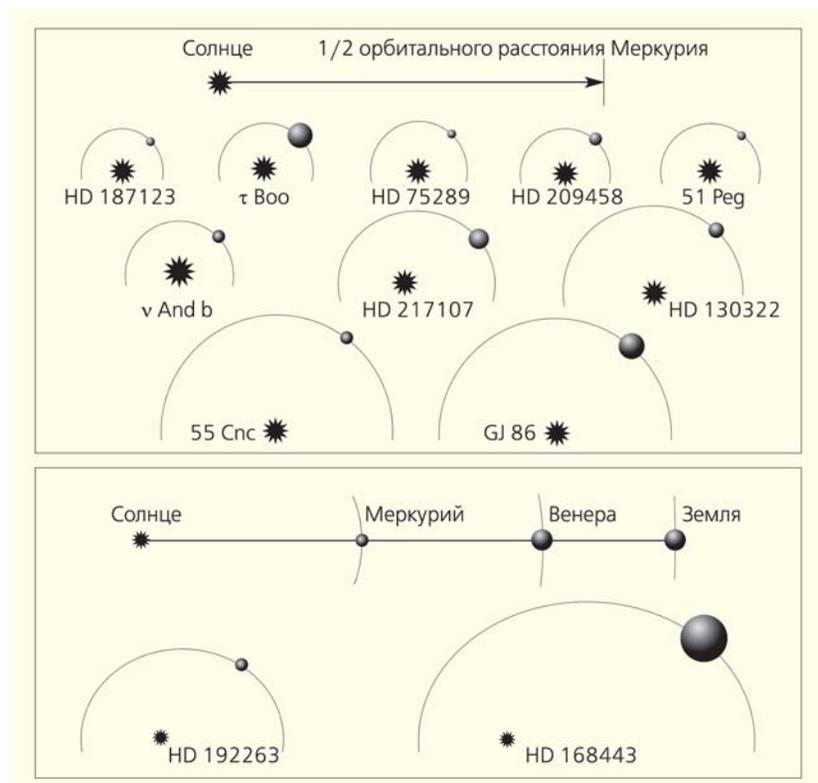


Рис.9. Орбиты первых экзопланет в сравнении с характерными расстояниями в Солнечной системе. В это было трудно поверить: орбитальный период («год») первых обнаруженных внесолнечных планет составлял всего несколько суток. В верхней части рисунка масштаб указан половиной большей полуоси орбиты Меркурия, в нижней — орбитами Меркурия, Венеры и Земли. Примерно выдержаны относительные размеры звезд и планетных орбит.

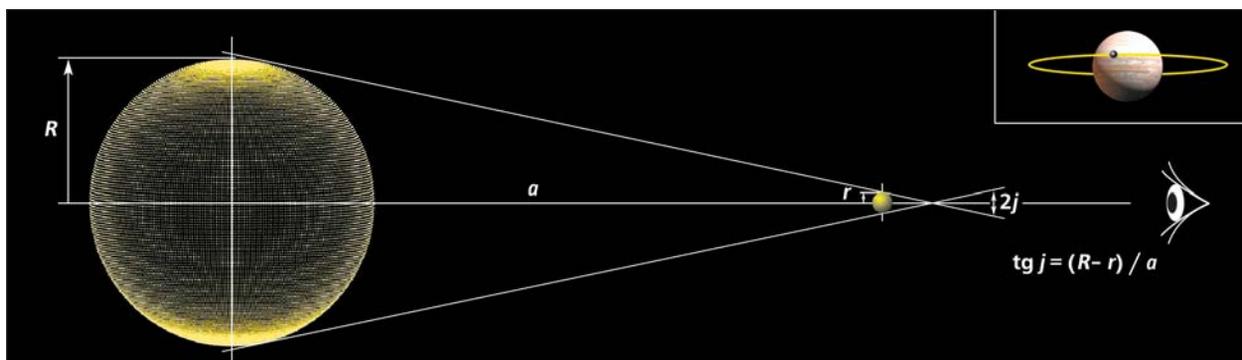


Рис.10. Схема наблюдений прохождения экзопланеты по диску звезды (транзитов), проявляющегося в периодическом ослаблении блеска звезды. Ослабление светового потока при транзитах планеты HD 209458 b достигает 1.6% в видимой части спектра. Вероятность случайного расположения наблюдателя в пределах угла $2j$ раскрыва кольцевого сектора зависит от большой полуоси a орбиты планеты. Если вероятность того, что транзиты Юпитера увидит внешний наблюдатель, составляет всего $6 \cdot 10^{-4}$; вероятность наблюдения транзитов планеты HD 209458 b достигает 0.16.

ским инструментом исследования экзопланет.

Продолжительность транзита зависит также от близости наблюдателя к плоскости орбиты. Глубина ослабления света при транзитах (рис.11) сразу дает отношение диаметров планеты и звезды, отношение продолжительности транзита к расчетному значению указывает широту прохождения, крутизна склонов кривой содержит информацию об атмосфере экзопланеты. Форма кривой транзита вместе с длиной волны указывает на свойства атмосферы самой звезды (так называемый «закон потемнения к краю»). Транзиты сразу позволяют исключить неизвестный множитель $\sin i$ из массы экзопланеты (он становится близким к единице). Благодаря небольшому различию в знаке смещения спектральных линий от правого и левого лимбов вращающейся звезды в некоторых случаях удается разделить слабые признаки пересечения планетой приближающегося или удаляющегося лимбов. Все это

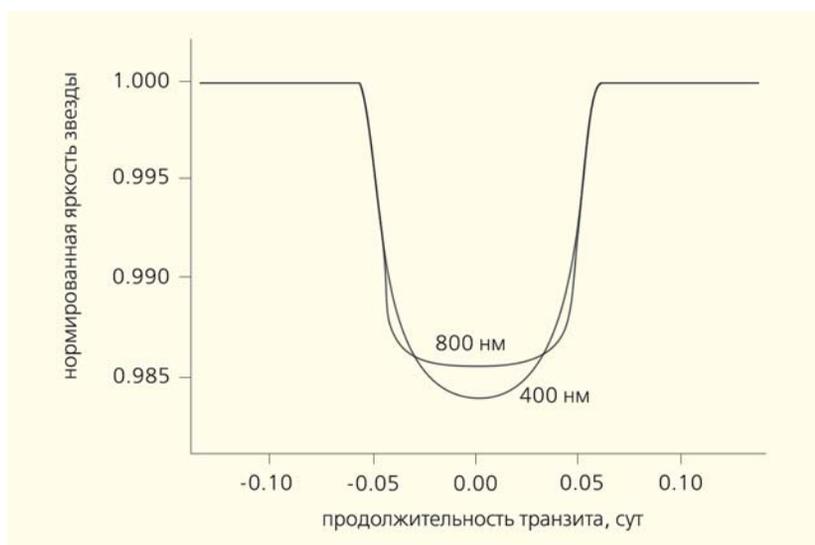


Рис.11. Первые наблюдения транзитов экзопланеты HD 209458 b, выполненные в 2000 г. с орбитальной обсерватории HST.

удается получить из транзитов, если звезда достаточно яркая. Полученные из ослабления света звезды размеры планеты позволяют определить ее среднюю плотность, которая у разных экзопланет оказалась совершенно различной, от плотности газо-

жидких планет 0.3 г/см^3 до плотности ядра из каменных пород, 5.5 г/см^3 . Различия с высокой вероятностью указывают на разные условия и, возможно, на разные процессы формирования этих тел. ■

Окончание следует

Литература

1. Сафронов В.С. Эволюция допланетного облака и образование Земли и планет. М., 1969.
2. Альвен Х., Аррениус Г. Эволюция Солнечной системы. М., 1979.
3. Hayashi C., Nakazawa K., Nakagawa Y. Formation of the Solar System // Protostars and Planets II / Eds D.C.Black, M.S.Mathews. Tucson, 1985. P.1100—1153.
4. Ксанфомалити Л.В. // Астрон. вестн. 2004а. Т.38. №4. С.344—353.
5. Ксанфомалити Л.В. // Астрон. вестн. 2004б. Т.38. №5. С.428—439.

Alvinella pompejana — супертермофил и чемпион по металлам

Л.Л.Демина, С.В.Галкин

Около 30 лет назад в зоне температурных аномалий Галапагосского рифта на глубинах более 2500 м, недоступных для фотосинтеза, было открыто принципиально новое явление — обилие жизненных форм животных в местах разгрузки высокотемпературных гидротермальных флюидов. На сегодняшний день известно более 300 гидротермальных участков, 160 из них связано с высокотемпературными источниками и отложениями полиметаллических сульфидных руд. 62% гидротермальных источников расположено на срединно-океанических хребтах, 25% — в задуговых бассейнах и 13% — на подводных вулканических дугах. Лишь около 5% рудного вещества концентрируется в виде массивных рудных построек, остальная часть рассеивается и осаждается за их пределами. Общая протяженность рифтовых зон в океане составляет около 70 тыс. км, и можно говорить о глобальном характере происходящих здесь процессов концентрирования и рассеяния химических элементов, в частности тяжелых металлов.

Бентопелагические сообщества обильно населяют зоны разгрузки гидротермальных флюидов, образуя в глубоководном океане оазисы жизни. Эти сообщества функционируют на



Людмила Львовна Демина, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физико-геологических исследований Института океанологии им.П.П.Ширшова РАН. Область научных интересов — геохимия микроэлементов в морской среде, процессы биогенной миграции и биоаккумуляция микроэлементов в гидротермальных экосистемах.



Сергей Владимирович Галкин, доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории донной фауны океана того же института. Круг научных интересов — экология и биогеография глубоководной фауны, структура глубоководных ландшафтов.

основе хемосинтетической первичной продукции, создаваемой специфическими термофильными бактериями, численность и биомасса которых вблизи выходов гидротермальных источников в десятки тысяч раз выше, чем в пелагиали океана [1].

Гидротермальные бентопелагические животные обитают в экстремальных условиях большого гидростатического давления (до 350 бар), аномально высоких температур (до 40–60°C),

повышенных концентраций восстановленных соединений (H_2S , H_2 , CH_4 , Fe^{2+}) и тяжелых металлов. Несмотря на крайне неблагоприятную среду обитания, гидротермальные организмы обладают высокой численностью и биомассой (табл.1). Своеобразной визитной карточкой биоты черных курильщиков Восточно-Тихоокеанского поднятия (ВТП) стали гигантские погонофоры, или трубчатые черви — вестиментиферы *Riftia*

(рис.1), биомасса которых достигает 10–15 кг/м². Однако максимальную биомассу составляют двустворчатые моллюски-митилиды *Bathymodiolus spp.*: мягкие ткани — 19 кг/м² [2], а вместе с раковинами, по нашим данным, — 60 кг/м². Вклад полихет-альвинеллид в общую биомассу значительно меньше. Тем не менее на черных курильщиках их численность достигает 1000 экз./м², а биомасса — 2.4 кг/м² (табл.1). Отметим, что в фоновых районах абиссальных равнин океана средняя биомасса донных животных обычно меньше 2 г/м².

Помпейские черви

Многощетинковые черви, или полихеты, рода *Alvinella* обнаружены на полях ВТП, в остальных гидротермальных районах они пока не встречены. По сравнению с другими обитателями гидротерм альвинеллиды довольно мелкие — 10–15 см в длину и около 1 см в диаметре (рис.2), тогда как вестиментиферы *Riftia* могут достигать 1.5 м в длину.

Альвинеллиды — самые термофильные организмы гидротермальных полей, благодаря чему получили особое название — «помпейские черви». Они заселяют наиболее экстремальную часть биотопа — горячий субстрат стенок черных курильщиков вблизи выходов высоко-температурных флюидов, имеющих здесь температуру 350–400°C. Однако из-за разбавления придонной холодной (около 2°C) океанской водой температура резко понижается, составляя уже в 10–20 см от отверстия источника около 60–70°C. Альвинеллиды, покрытые «войлоком» из эпибионтных нитчатых бактерий, образуют плотные поселения на сульфидных постройках (рис.2). Французские исследователи Н.Ле Брис и Ф.Гэйл [3], применяя электротермические датчики, установленные на специально разработанном для работы на боль-



Рис.1. Трубчатый червь вестиментифера *Riftia pachyptila*.

Таблица 1

Численность и биомасса доминантных донных организмов в гидротермальных районах океана [2, 7]

Таксон	Район	Численность, экз./м ²	Биомасса сырая, мягкие ткани, кг/м ²
Моллюски <i>Bathymodiolus</i>	САХ:		
	ТАГ	21000	17–19
	Менез-Гвен	500	10–15
Креветки <i>Rimicaris</i>	САХ	1000	1.2
Моллюски <i>Vesicomya</i>	ВТП	140	20
Вестиментифера <i>Riftia</i>	ВТП	200	8–15
	Хуан-де-Фука	50000	0.1–11
Полихета <i>Alvinella</i>	ВТП	30–1000	2.4

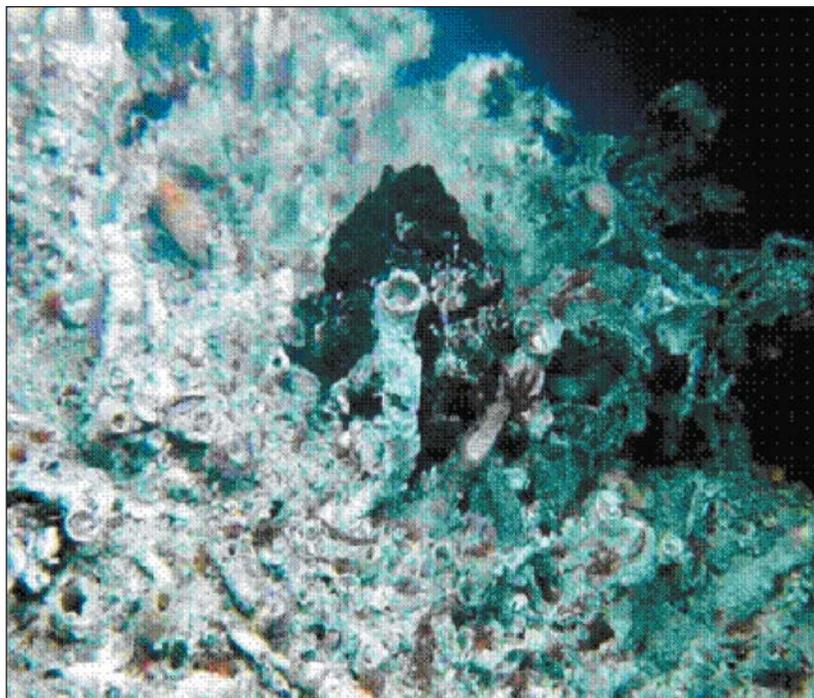


Рис.2. Полихета *Alvinella pompejana*: слева — «портрет», вертикальный размер 10 см; справа — плотные скопления альвинеллид, покрытых бактериальными матами, на стенке черного курильщика гидротермального поля 9°50'с.ш. ВТП.

ших глубинах анализаторе «Алхимик», показали необычайную толерантность альвинеллид к высоким температурам. В нижней части трубок альвинеллид в местах их контакта с сульфидным субстратом зафиксирована температура до 80°C, внутри трубок — до 60°C, а над колонией полихет — от 45 до 6°C. Сильная краткосрочная (от нескольких минут до нескольких часов) изменчивость температуры в пределах $\pm 10^\circ\text{C}$ свидетельствует об отсутствии термического равновесия тела полихет с окружающей средой [3]. Альвинеллы обладают исключительной физиологической особенностью — способностью охлаждать флюид внутри своей трубки и видоизменять его состав. Высочайшую термоустойчивость альвинеллид в динамичной среде с пульсирующей высокой температурой, близкой к летальной для живых организмов, можно объяснить особыми молекулярными свойствами коллагеновой оболочки их трубок, которые выработаны в результате специ-

фической физиологической и биохимической адаптации на протяжении эволюционного развития [3]. Альвинелла — единственный род многощетинковых червей, формирующий свой экзоскелет из многочисленных слоев внеклеточного белка коллагена, который служит наиболее термо-, хемо- и бароустойчивым защитным барьером.

Высокотемпературные флюиды, изливающиеся из черных курильщиков, насыщены токсичными восстановленными газами — сероводородом и метаном, но при удалении от источника они также многократно разбавляются окисленной (обогащенной кислородом) придонной водой океана. В результате уменьшается температура придонной воды, возрастает рН и резко падает концентрация сероводорода (рис.3). При росте рН мы отмечаем также и резкое (более чем в 10 раз) убывание из воды Fe и Mn (рис.3), причина которого не только разнообразные физико-химические про-

цессы, но и поглощение металлов биотой. А сероводород и метан еще и трансформируются в процессе жизнедеятельности бактериальных сообществ. По выражению Д.Дебрюйе, H_2S и CH_4 являются «топливом» для процессов бактериального хемосинтеза и метанотрофии, поскольку их молекулы служат донорами электронов при хемосинтезе [4]. Тем не менее концентрация сероводорода в воде над колониями альвинеллид остается аномально высокой — более 100 мкМ/л [5], что в сотни и тысячи раз выше, чем в океанской воде. Для большинства аэробных организмов, обитающих в фотической зоне, даже микромольные уровни сероводорода представляют угрозу для существования. Очевидно, в среде обитания альвинеллид происходит естественная детоксикация сероводорода, когда наиболее токсичные формы серы — H_2S и HS^- — замещаются на менее токсичные гидратированные комплексы $\text{FeS} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ [3]. Другой важный механизм защиты от

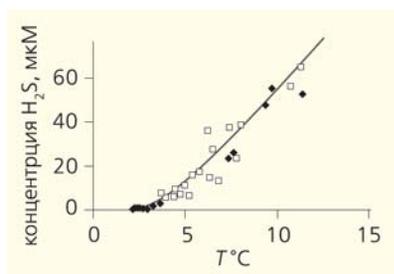
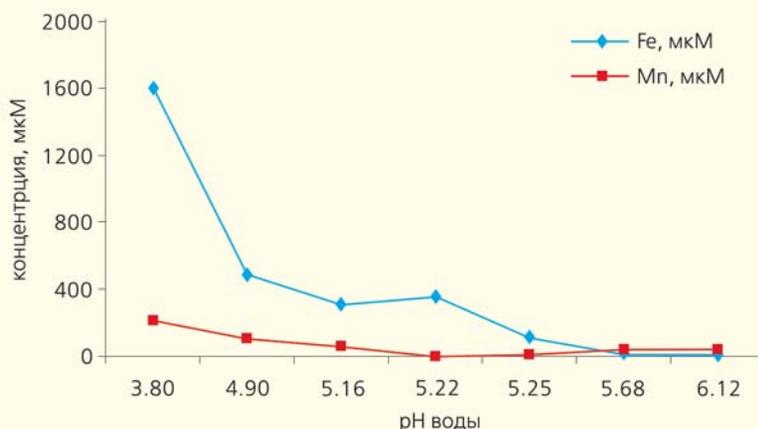


Рис.3. Некоторые параметры среды обитания фауны на гидротермальном поле 9°50'с.ш. ВТП: слева — концентрация сероводорода в зависимости от температуры воды биотопа [3]; справа — концентрация Fe и Mn в зависимости от pH.



вредного воздействия среды обитания — формирование металлотионеинов. Эти низкомолекулярные белковые комплексы способны связывать тяжелые металлы, превращая их в нетоксичные для организмов формы. Важную роль играют также термофильные бактерии, которые не только создают первичную хемосинтетическую продукцию органического вещества в гидротермальных зонах, но и предотвращают отравление организмов сероводородом, метаном и тяжелыми металлами. Специфические функции по детоксикации сублетальных уровней вредных веществ осуществляются с эффективностью, намного превосходящей известные минеральные сорбенты, путем связывания микробными внеклеточными полимерными соединениями (EPS).

Доминирующие на гидротермальных полях ВТП биологические сообщества различаются по типу питания. Вестиментиферы и двустворчатые моллюски — симбиотрофы, т.е. их питание осуществляется за счет органического вещества, произведенного бактериальными эндосимбионтами (внутриклеточными бактериями), локализованными в жабрах и трофосоме. Полихета *Alvinella pompejana* же выедает взвешенное органическое вещество, созданное бактериями и обогащенное металлами.

На гидротермальном поле 9°50'с.ш. ВТП

Несколько лет назад в гидротермальном районе 9°50'с.ш. ВТП работала комплексная экспедиция Института океанологии им.П.П.Ширшова РАН. Район исследований представляет большой интерес. Во-первых, он расположен в осевой части рифтовой зоны хребта, где скорость раздвига океанской коры вдоль границ литосферных плит составляет 11 см/год. Это один из наиболее быстрораспрединговых рифтов в океане. Во-вторых, после вулканического извержения весной 1991 г., когда потоки лавы перекрыли все донные сообщества и биота прекратила свое существование, там произошли эволюционные изменения среды обитания, приведшие к восстановлению биотопа. На гидротермальном поле обнаружены многочисленные черные курильщики, из которых изливаются высокотемпературные флюиды, а также диффузные источники с низкотемпературными растворами. Большие массы металлов выносились с флюидами, смешивались с морской водой, претерпевали различные физико-химические изменения, а также взаимодействовали с донным населением. В результате концентрация металлов резко уменьшилась, однако оставалась во много раз выше фоновой.

В пределах гидротермального поля 9°50'с.ш. концентрация тяжелых металлов в разбавленных флюидах существенно меняется в зависимости от типа излияния и места расположения источника — в устье, на склоне или у подножия сульфидной трубки (рис.4). Так, в горячем флюиде из черного курильщика концентрация Fe, Mn, Zn, Cu и Ni в 50—500 раз выше, чем в более прохладном истечении («муаре»).

Распределение фауны на гидротермальных полях зависит от температуры и химического состава разбавленных растворов, содержащих питательные вещества. Большое значение имеют и другие абиотические параметры среды обитания: геоморфология гидротермальных построек и расположение на них активных зон поступления диффузных флюидов, несущих пищу для организмов. Эти факторы определяют зональное распределение питательных веществ для фауны и, как следствие, — фаунистическую зональность [6, 7]. Общая схема распределения организмов в пределах участка «BV» гидротермального поля 9°50' с.ш. ВТП показана на рис.5. В наиболее высокотемпературной зоне поля (от 80 до 25°C) при аномально высокой температуре вблизи отверстия курильщика наблюдались плотные поселения полихет-альвинеллид

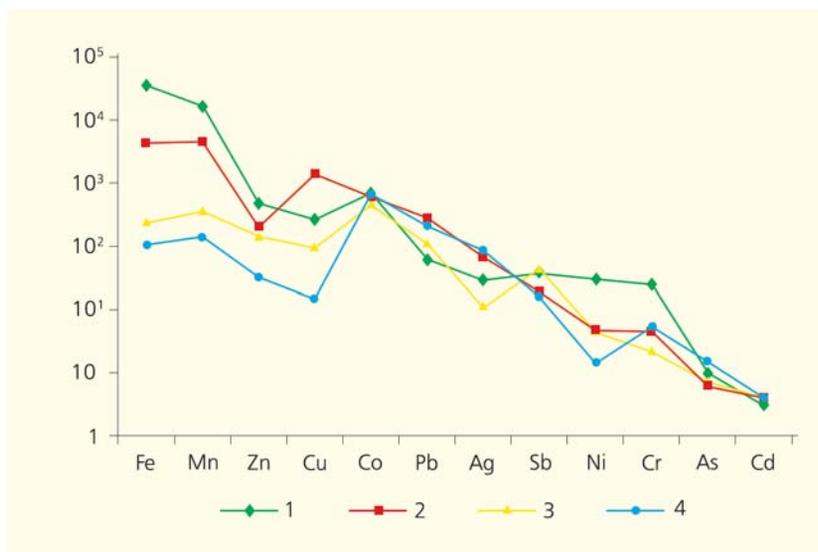


Рис.4. Коэффициенты (k) обогащения флюидов металлами относительно фоновой глубинной воды океана на поле 9°50'с.ш. ВТП: 1 — высокотемпературный флюид из черного курильщика, 2 — флюид из бокового участка черного курильщика, 3 — флюид из бокового участка низкотемпературного белого курильщика, 4 — низкотемпературный флюид [8].



Рис.5. Распределение фауны на участке «BV» гидротермального поля 9°с.ш. ВТП (9°50.97'с.ш., 104°17.59'з.д., глубина 2517 м). Вид с северо-востока. Высота гидротермальной постройки около 5 м, диаметр у основания около 2 м. Реконструкция выполнена на основе прямых наблюдений, анализа видеозаписей и фотоматериалов, полученных в погружении глубоководного обитаемого аппарата «Мир-2», станция 4642 (2003 г.). Доминирующая фауна: 1 — вестиментиферы *Riftia pachyptila*; 2 — двустворчатые моллюски-митилиды *Bathymodiolus thermophilus*; 3 — двустворчатые моллюски-везикомииды *Calyptogenia magnifica*; 4 — амфиподы *Halice hesmonectes*; 5 — полихеты-альвинеллиды *Alvinella pompejana*; 6 — галатеидные крабы *Bythograea thermidron*; 7 — крабы *Munidopsis subsquamata*; 8 — усонogie ракообразные *Neolepas zeviniae*; 9 — полихеты-серпулиды *Laminatubus alvinae* и колпачковидные моллюски *Lepetodrilus aff. elevatus*.

Alvinella pompejana с бактериальными эпibiонтами-обрастателями. Вестиментиферы *Riftia pachyptila* обитают в зоне более прохладных (от 25 до 6°C) «муаров», высачивающихся через стенки сульфидной постройки и трещины в базальтах. В зоне слабого влияния флюида (от 6 до 2°C) селятся двустворчатые моллюски митилиды *Bathymodiolus thermophilus* и везикомииды *Calyptogenia magnifica*, которые образуют плотные многослойные друзовидные скопления. На поселениях двустворчатых моллюсков неподвижно сидят хищники — крабы *Bythograea thermidron*. В местах, где через друзы митилиды просачивается «муар», роятся амфиподы *Halice hesmonectes*. Основание постройки заселено полихетами-серпулидами *Laminatubus alvinae*; колпачковидными брюхоногими моллюсками *Lepetodrilus aff. elevatus* и усоногими ракообразными *Neolepas*. В периферийной группе, где температура воды (2°C) не отличается от фоновой, доминируют плотоядные крабы *Munidopsis* и *Bythograea*, а также полихеты *Laminatubus (Serpulidae)* — специализированные сестонофаги. По трофической структуре организмы первых трех зон представляют собой первичные консументы-симбиотрофы, а периферийные таксоны — вторичные консументы (плотоядные и некрофаги).

Распределение микроэлементов в организмах животных

Нам хотелось понять, в каких гидротермальных организмах, обитающих на 9°50'с.ш. ВТП, микроэлементы концентрируются в большей степени, и почему это происходит.

Мы изучили распределение следующих групп микроэлементов: Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Ag, Pb, Hg (тяжелые и переходные металлы), а также As, Sb, Se (металлоиды) как в отдельных

Таблица 2

Пределы содержания микроэлементов и их локализация в гидротермальных таксонах района 9°50' с.ш. ВТП

Элемент	Содержание, мкг/г сухого веса	
	максимум/таксон, орган	минимум/таксон, орган
Fe	161 000/полихета <i>Alvinella</i> , трубка	12/двустворчатый моллюск <i>Bathymodiolus thermophilus</i> , раковина
Mn	368.6/краб <i>Munidopsis</i> , гонады	0.3/вестиментифера <i>Riftia pachyptila</i> , трубка
Zn	37 305/полихета <i>Alvinella</i> , трубка	9.23/гастропода <i>Phymorphyne</i> , раковина
Cu	10 808/полихета <i>Alvinella</i> , трубка	4.4/двустворчатый моллюск <i>Bathymodiolus thermophilus</i> , раковина
Co	394/полихета <i>Alvinella</i> , трубка	<0.02/двустворчатый моллюск <i>Bathymodiolus thermophilus</i> , раковина
Ni	685/полихета <i>Alvinella</i> , трубка	<0.2/двустворчатый моллюск <i>Bathymodiolus thermophilus</i> , раковина
As	319.9/полихета <i>Alvinella</i> , жабры	0.18/двустворчатый моллюск <i>Bathymodiolus thermophilus</i> , раковина
Se	45.3/двустворчатый моллюск <i>Bathymodiolus thermophilus</i> , нога	0.3/краб <i>Bythograea</i> , мускул
Pb	346.6/полихета <i>Alvinella</i> , трубка	0.05/двустворчатый моллюск <i>Bathymodiolus thermophilus</i> , раковина
Cr	50.8/гастропода <i>Phymorphyne</i> , жабра	<0.02/двустворчатый моллюск <i>Bathymodiolus thermophilus</i> , раковина
Ag	48.8/гастропода <i>Phymorphyne</i> , жабра	<0.02/двустворчатый моллюск <i>Bathymodiolus thermophilus</i> , раковина
Cd	22.9/полихета <i>Alvinella</i> , трубка	<0.01/краб <i>Bythograea</i> , мускул
Sb	7.14/полихета <i>Alvinella</i> , жабры	0.04/гастропода, раковина
Hg	0.649/полихета <i>Alvinella</i> , жабры	0.005/двустворчатый моллюск <i>Bathymodiolus thermophilus</i> , раковина

органах, так и в целых организмах, населяющих различные температурные зоны поля [8]. Большинство элементов (Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd и Se) в определенных количествах необходимы для жизнедеятельности в качестве катализаторов реакций окисления-восстановления и биосинтеза, к тому же они входят в состав коферментов, энзимов, гормонов, индукторов синтеза металлотиионеинов и антиоксидантов. Но тяжелые металлы Ag, Hg, Pb и металлоиды As, Sb токсичны даже при низких концентрациях.

Морские организмы аккумулируют химические элементы из воды и пищи. Кроме того, на внешних покровах, контактирующих с водой биотопа, происходит и адсорбция микроэлементов, находящихся в различных химических формах.

Содержание в гидротермальных организмах каждого из изученных микроэлементов варьирует от 100 до 10 тыс. раз (табл.2). Максимальные концен-

трации металлов и металлоидов определены в трубках полихет альвинеллид, жабрах моллюсков и гонадах крабов. В тканях наиболее термофильных полихет *Alvinella pompejana*, обитающих в зоне непосредственного влияния флюидов, пиковые концентрации достигают 16.1% для Fe;

3.73 — для Zn; 1.08 — для Cu. Остальные элементы содержатся в количестве менее 0.1%: Ni — 0.07; Mn, Co, Pb, As — 0.04; Cr — 0.005; Ag, Se — 0.004; Cd — 0.002; Sb — 0.0007, Hg — 0.00006 [8]. На поле Рейнбоу (Срединно-Атлантический хребет) в максиллопедах (ротовых конечностях)

Таблица 3

Распределение металлов и металлоидов (мкг/г сухого веса) в органах полихет *Alvinella pompejana*.

Металлы	Органы полихеты		
	жабры	тело	трубка
As	34.5	8.41	9.50
Ag	5.47	1.59	12.13
Cd	3.27	1.65	22.9
Co	1.15	2.15	6.43
Cr	2.0	0.12	30.5
Cu	168	76.3	10 808
Fe	4000	8800	161 000
Hg	6.4	1.6	нет данных
Mn	7.1	42.0	119
Ni	47.26	11.4	68.5
Pb	68.0	18.5	346.6
Se	8.61	3.31	1.7
Sb	7.14	0.73	0.8
Zn	7.1	42.0	37 305

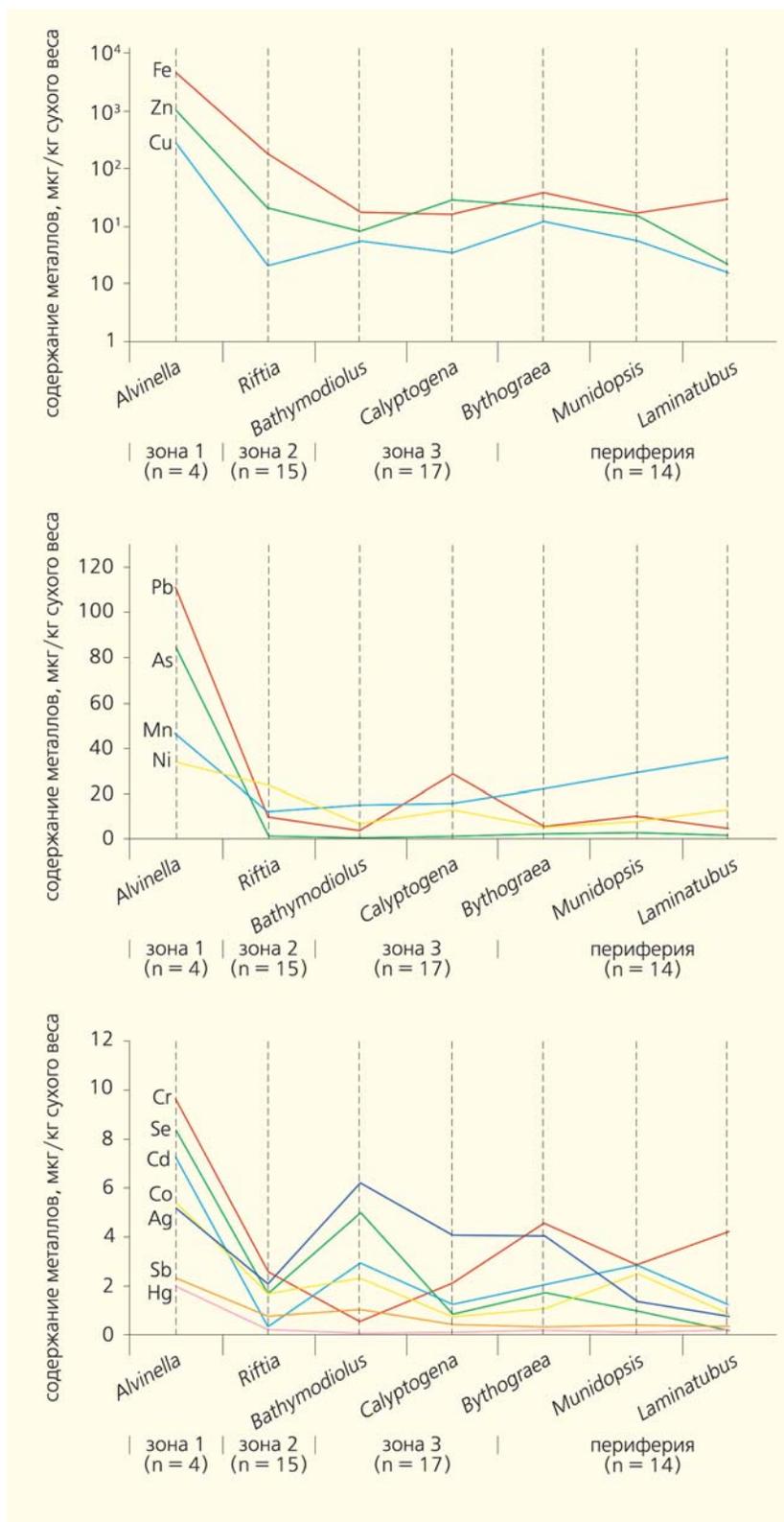


Рис.6. Распределение металлов в мягких тканях организмов донного сообщества в трех температурных зонах и на периферии гидротермального поля 9°50'с.ш. ВТП. 1 — зона аномально высоких температур, обусловленных влиянием флюида; 2 и 3 — зоны более низких температур со слабым влиянием флюида; периферия — условия фоновых температур; в скобках — число образцов.

креветок *Rimicaris*, связанных с хемосинтезирующими бактериями, мы обнаружили близкие к этим значениям уровни металлов: до 3% Fe, 0.58% Zn, 0.71% Mn, 0.41% Cu, до 200 мкг/г Cd, Ni, Co и Cr [9]. Разница между пиковым содержанием Fe и Hg лежит в пределах шести порядков величин, что отражает уровни концентрации этих металлов в воде биотопа. Однако ряд последовательного убывания содержания металлов в трубке *Alvinella pompejana* не соответствует последовательности убывания их концентрации в окружающей воде. Альвинеллиды, очевидно, обладают способностью к селективной биоаккумуляции металлов. Но в разных органах этой полихеты металлы накапливаются по-разному. Содержание тяжелых металлов Fe, Mn, Zn, Cu, Ag, Cd, Co, Cr, Hg, Ni и Pb в трубках многократно выше, чем в жабрах, что, вероятно, связано с их нахождением в составе мельчайших частиц сульфидных минералов, которые прилипают к поверхности трубки. Напротив, металлоиды As, Sb и Se в большей степени накапливаются в жабрах (табл.3).

Минимальные содержания микроэлементов, которые обычно на 1–3 порядка ниже пиковых содержаний, обнаружены в основном в карбонатных раковинах моллюсков либо в трубках вестиментифер и мускулах крабов (табл.2).

На рис.6 показано распределение металлов и металлоидов в мягких тканях организмов, обитающих в трех температурных зонах и на периферии гидротермального поля. Среднее содержание металлов в мягких тканях полихет-альвинеллид значительно выше, чем в других организмах. Повышенное содержание металлов характерно и для сообществ второй зоны — вестиментифер и моллюсков. При удалении от гидротермального источника среднее содержание тяжелых металлов в мягких тканях организмов уменьшается, причем для разных

групп элементов по-разному. Среднее содержание Fe, Zn и Cu многократно выше, чем остальных. Эти металлы характеризуются наиболее значительным закономерным уменьшением содержания в таксонах (на два-три порядка величин) при удалении от выхода источника. Таким образом, при уменьшении температуры воды биотопа резко уменьшаются и концентрации Fe, Zn и Cu в мягких тканях организмов (рис.6). Для остальных микроэлементов — Mn, As, Pb, Ni, Ag, Cr, Se, Sb, Hg и Cd, имеющих более низкие уровни содержания в биоте (от 120 до менее 10 мкг/г сухого веса), — существенное превышение заметно лишь в альвинеллидах (рис.6). Некоторое обогащение большинством микроэлементов в плотоядных периферийных крабах *Vybhograea* можно объяснить их хищническим типом питания, при котором в поисках пищи крабы активно перемещаются по гидротермально-

му полю и поедают симбиотрофных животных с более высоким уровнем содержания металлов. Между средними содержаниями одного и того же элемента в мягких тканях разных животных отмечаются существенные различия, достигающие одного-двух порядков величин (рис.6).

Чем же можно объяснить максимально высокие уровни большинства микроэлементов именно в тканях полихеты *Alvinella pompejana*? Существует несколько причин. Во-первых, высочайший уровень концентрации металлов в горячей воде биотопа альвинеллид, где влияние разгружающихся флюидов сказывается в наибольшей степени. Во-вторых, тело альвинеллиды покрыто толстым слоем бактериальных матов и слизи (рис.2), в веществе которых содержание металлов очень высокое [10]. С.К.Джунипер с коллегами [11] показали, что в слизи полихет-альвинеллид с хребтов

Эндовер, Эксплорер и Хуан-де-Фука содержатся мельчайшие частички рудных минералов — пирита, халькопирита, сфалерита, вюртцита. Свежеосажденные сульфиды, образующиеся при смешении флюидов с придонной океанской водой, очевидно, «прилипают» к поверхности трубок этих наиболее термофильных полихет.

И, в-третьих, большое значение имеет и субстрат биотопа альвинеллид, представленный также сульфидами, содержащими предельно высокие количества (n 10%) тяжелых металлов [12].

Таким образом, в гидротермальных организмах, обитающих в зоне влияния флюидов и связанных с бактериями-эндосимбионтами, зафиксировано повышенное накопление микроэлементов, особенно тяжелых металлов. Однако пиковые содержания металлов обнаружены нами в полихете *Alvinella pompejana* — супертермофиле и чемпионе по металлам. ■

Литература

1. Гальченко В.Ф., Леин А.Ю., Галимов Э.М. и др. Роль бактерий-симбионтов в питании беспозвоночных из районов активных подводных гидротерм // Океанология. 1988. Т.28. №6. С.1020—1031.
2. Gebruk A.V., Southward E.C., Kennedy H., Southward A.J. Food Sources, Behaviour, and Distribution of hydrothermal Vent Shrimps at the Mid-Atlantic Ridge // J. Mar. Biol. Ass. UK. 2000. V.80. P.485—499.
3. Le Bris N., Gaill F. 9°50' N EPR Diffuse Flow Vent Habitats // Marine Chemistry. 2006. V.98. P.167—182.
4. Desbruyeres D., Almeida A., Biscoito M. et al. A Review of the Distribution of Hydrothermal Vent Communities Along the Northern Mid-Atlantic Ridge: Dispersal vs. Environmental Controls // Hydrobiologia. 2000. V.440. P.201—216.
5. Sarradin P.-M., Caprais J.-C., Riso R. et al. // Chemical Environment of the Hydrothermal Mussel Communities in the Lucky Strike and Menez Gwen Vent Fields, Mid Atlantic Ridge // Cah. Biol. Mar. 1999. V.40. P.93—104.
6. Галкин С.В. Гидротермальные сообщества Мирового океана. М., 2002.
7. Биология гидротермальных систем / Отв. ред. А.В.Гебрук. М., 2002.
8. Демина Л.Л., Галкин С.В., Леин А.Ю., Лисицын А.П. Первые данные по микроэлементному составу бентосных организмов гидротермального поля 9°50'с.ш. (Восточно-Тихоокеанское поднятие) // Докл. Академии наук. 2007. Т.415. №4. С.528—531.
9. Демина Л.Л., Галкин С.В. О роли абиогенных факторов в биоаккумуляции тяжелых металлов в гидротермальной фауне Срединно-Атлантического хребта // Океанология. 2008. Т.48. №6. С.847—860.
10. Леин А.Ю., Седых Э.М., Старшинова Н.П. и др. Распределение металлов в бактериях и животных подводных гидротермальных полей // Геохимия. 1989. №2. С.297—303.
11. Juniper S.K., Jonnasson I.R., Tunnicliffe V., Southward A.J. Influence of Tube Building Polychaete on Hydrothermal Chimney Mineralization // Geology. 1992. V.20. P.895—898.
12. Богданов Ю.А. Гидротермальные рудопроявления рифтов Срединно-Атлантического хребта. М., 1997.

Микробиота человека и косметология

А.Н.Суворов

Не многие задумываются, что в основе одного из разделов медицинской науки, косметологии, и ее более древней и близкой родственницы, косметики, лежат дарвиновские законы развития видов. В самом деле, выиграть в главном биологическом споре за здоровое и многочисленное потомство, который часто основан на поиске наиболее успешного партнера, стремятся все биологические виды. И человек вовсе не исключение, однако лишь он способен столь изощренно менять свой облик.

Действительно, трудно представить бегемота с перьями на голове или с кольцами в ушах. Человек же, обладая более развитым по сравнению с другими млекопитающими интеллектом, с глубокой древности начал изобретать способы для повышения своей привлекательности. В данной модели поведения есть четко выраженная биологическая составляющая. На уровне подсознания мы стремимся к выбору наиболее сильного и красивого партнера, при этом трудно переоценить значение лица и кистей рук. По состоянию губ, ногтей, кожных покровов, глаз, волос мы судим не столько о привлекательности человека, сколько о его здоровье и пригодности для продолжения рода. Такой простой и жесткий отбор, однако, вступив в противоречия с интеллектом, породил способы улучшения внешнего вида для



Александр Николаевич Суворов, доктор медицинских наук, заведующий лабораторией НИИ экспериментальной медицины СЗО РАМН (Санкт-Петербург). Занимается исследованием молекулярных механизмов патогенности бактерий (в частности стрептококков) и изучением свойств пробиотиков. Лауреат премии РАМН за цикл работ по генетике стрептококков (в соавторстве с А.В.Дмитриевым, 1998).

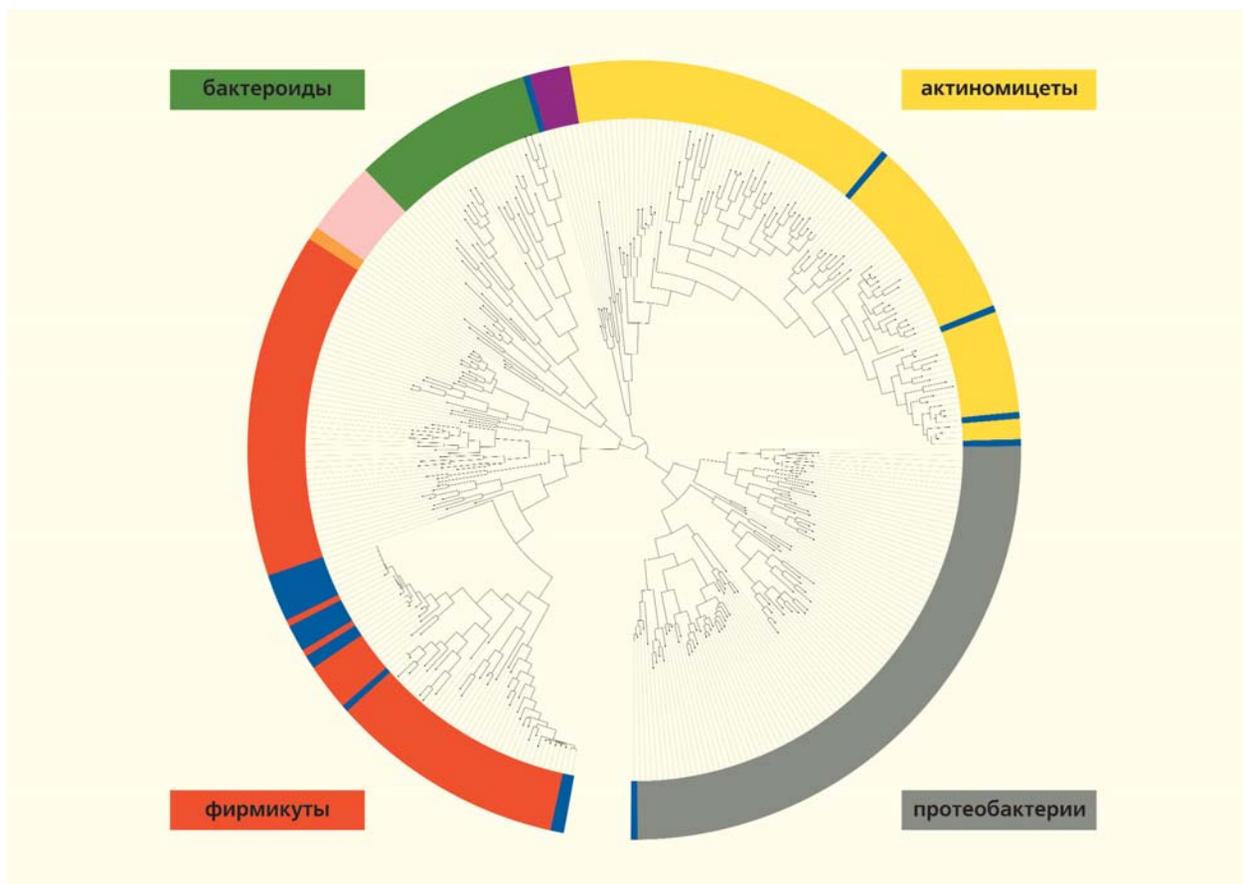
его подгонки к биологическому идеалу «человека прекрасного».

Один из первых и наиболее действенных способов невинного обмана природы — нанесение всевозможных средств косметики. Однако обман всегда останется обманом, и вряд ли стоит спорить, что настоящая красота здорового тела и лица лучше нарисованной. Но как достичь здоровья кожи, волос, слизистых покровов? Эта задача сложнее, чем кажется на первый взгляд, и решением ее занимаются косметологи. Лет 30—40 назад на этот вопрос они ответили бы, что достаточно избегать кожных заболеваний, загорать и употреблять витамины. О том, что наше здоровье и привлекательность зависит от бактерий, которые нам не просто нужны, а жизненно необходимы, мало кто задумывался. О бактериях мы привыкли думать лишь как о врагах для здоровья, источниках множества заболеваний, а не как о наших врачах, защитниках и поставщи-

ках провианта. Попытаемся же взглянуть на бактерии и человека в несколько ином ракурсе.

Начнем с запаха. В блестящем американском фильме «Запах женщины» слепой американский полковник (его играет Аль Пачино) по запаху определяет, насколько прекрасна женщина. В этом есть абсолютная правда. Наше обоняние столь тонкий инструмент, что даже в темноте позволяет оценить привлекательность партнера, при этом помимо феромонов, выделяемых нашим телом, мы способны улавливать запахи, возникающие в результате метаболизма бактерий. И если эти бактерии производят запахи неприятные, мы это обязательно отметим. Достаточно вспомнить поездку в переполненном вагоне метро, не говоря уж о нестиранных носках соседа по купе.

Запах изо рта — еще лучший пример. Никакие ухищрения (сигареты, жевательная резинка и т.д.) не скроют неприятный за-



Радиальная дендрограмма, отражающая генетическое родство штаммов бактерий, выделенных с поверхности кожи и принадлежащих к тысяче видов и 19 родам. Большинство (99%) из них относится к актиномицетам (выделено желтым), фирмикутам (красный цвет), протеобактериям (серый) и бактериоидам (зеленый). Геном всех штаммов бактерий полностью расшифрован в рамках проекта «Микробиома человека» <http://www.hmpdacc.org/>.

пах, а это значит, что поцелуев не будет. О запахах из других естественных отверстий скромно умолчим, но уверяю, что они тоже связаны с жизнедеятельностью бактерий. Вывод напрашивается сам собой: по критерию запахов выбор партнеров делается в соответствии с состоянием микрофлоры кожных покровов, ротовой полости и желудочно-кишечного тракта. А может, достаточно избавиться от «плохих» микробов и все будет нормально? Попробуем разобраться.

Известно, что мест компактного проживания микроорганизмов у человека немало. Больше всего их в кишечнике, ротовой полости, урогенитальных органах, на поверхности кожи, причем их в сотни раз больше, чем наших собственных клеток.

Другими словами, снаружи и изнутри мы покрыты барьерным слоем бактерий, которые за нас осуществляют первый непосредственный контакт с окружающим миром.

Разнообразие видов и родов бактерий, проживающих вместе с нами, поражает. Только в толстом кишечнике человека обитает несколько тысяч разных видов бактерий, а на кожных покровах — около тысячи. Большинство живущих на поверхности кожи бактерий относятся к фирмикутам, актинобактериям, протеобактериям и бактериоидам. Все они принадлежат преимущественно к восьми родам — *Moraxellaceae*, *Peptostreptococcaceae*, *Corynebacteriaceae*, *Neisseriaceae*, *Propionibacteriaceae*, *Nocardiaceae*, *Streptococcaceae*,

Staphylococcaceae, которые, уже в свою очередь, представлены различными видами. Например, известные всем медикам стафилококки — фирмикуты из рода *Staphylococcus*. На поверхности кожи обитают в основном четыре вида этих бактерий — *S.aureus*, *S.epidermidis*, *S.bominis*, *S.capitis*, *S.warneri*. Среди них выделяют разнообразные штаммы, отличающиеся друг от друга существенно сильнее, чем люди отличаются от мышей.

Разнообразие бактерий далеко не случайно: в результате длительного сосуществования с человеком у них строго распределены не только обязанности, но и место жительства. Существуют виды бактерий, специфичные только для кончика языка или евстахиевой трубы, а неко-

торые виды могут жить исключительно в желудке. Не надо забывать при этом, что наш организм населяют и другие жильцы, такие как грибы и вирусы, роль которых в общем микробиоценозе также очень важна.

Индивидуальная уникальность — важнейшее свойство микробиоты всех животных и человека в частности. Именно поэтому наш иммунный аппарат (совокупность врожденного и приобретенного иммунитета) воспринимает множественную по составу и количеству микрофлору не как набор чужеродных антигенов, а как собственные ткани и клетки.

Если говорить о бактериях с позиций антропоцентризма (якобы мы — их хозяева и вершина эволюции, что очень спорно), то они выполняют три основные функции: во-первых, не пускают чужаков, занимая все поверхности нашего организма (*функция барьера*); во-вторых, производят для нас то, что мы делать не умеем или не желаем (*функция синтеза*); в-третьих, поддерживают в активном состоянии комплекс систем нашей защиты, называемый иммунитетом (*функция иммуномодуляции*). Эти условно разделяемые функции микробиоты и определяют то, что называется нашим состоянием здоровья, причем пробой в каждой из них чреват большими неприятностями*.

Более подробно о свойствах микробиоты можно прочесть в отечественных или зарубежных изданиях [1–3]. Замечу только, что все три перечисленные ее функции наиболее хорошо доказаны для микрофлоры кишечника. Так, барьерную функцию микробиоты кишечника впервые описал на примере лактобацилл И.И. Мечников, который предложил первый препарат для коррекции микробиоты — лактобациллин. Несколько позднее были показаны защитные свойства кишечной палочки и бифи-

добактерий. Значение биосинтетических свойств нормальной микрофлоры изучено к настоящему времени гораздо слабее, однако хорошо доказано, что бактерии синтезируют для нас многие незаменимые витамины и расщепляют (гидролизуют) те вещества, к которым нет «ключиков» у наших пищеварительных ферментных систем.

Иммунотенулирующая функция микробов изучена пока недостаточно, однако ее существование не вызывает сомнений. Известно, что бактерии кишечника способны, с одной стороны, уничтожать (элиминировать) чужеродные антигены, а с другой — стимулировать врожденный иммунитет, в частности индуцируя выработку эндотелием кишечника интерлейкинов и антимикробных пептидов (дефензинов). Все сказанное полностью относится и к микрофлоре кожи: помимо выполнения ярко выраженной барьерной функции бактерии синтезируют витамины, необходимые для здорового состояния кожи, и стимулируют иммунитет. Важно и то, что бактерии производят целый комплекс регуляторных молекул, которые влияют как на пищевое, так и на социальное поведение человека.

Бактерии связаны с нашим метаболизмом столь тесно, что изменения в их количестве и составе грозят серьезными нарушениями обмена. К несчастью, причин сдвига микробного баланса (дисбиоза или дисбактериоза) немало. Его могут вызвать стрессы, нарушения в диете, антимикробная медикаментозная терапия, радиация и т.д. Казалось бы, кожа из-за частой травматизации и постоянного контакта с болезнетворными бактериями должна быть хорошо подготовлена к смене микроокружения. Тем не менее дисбиоз кожных покровов встречается довольно часто и не менее опасен, чем дисбиоз кишечника.

Совет «мойте руки перед едой» почти библейской давности не утратил своей актуальнос-

ти и сегодня. Однако чрезмерное увлечение борьбой с микробами на поверхности кожи, особенно с использованием бактерицидных веществ, становится причиной огромного числа аллергических заболеваний. В странах с усиленными мерами гигиены, таких как США и Великобритания, аллергозы кожи оказались в сотни раз более частыми, чем в странах третьего мира [4]. В настоящее время эти эпидемиологические данные объясняют с позиций так называемой гигиенической теории: полноценная иммунная система организма может сформироваться только в присутствии широкого спектра микробов [5]. Неслучайно первыми микроорганизмами новорожденных становятся стафилококки, энтерококки, стрептококки, кишечная палочка, а отнюдь не бифидобактерии или лактобациллы, появляющиеся несколько позднее. Именно поэтому недостатки в питании и уходе за кожей ребенка грозят его здоровью в будущем. Правда, отказ от принятых в современном обществе норм гигиены, стерилизации пищевых продуктов или пользования холодильными агрегатами вряд ли поможет решить проблемы.

Сейчас приобретает популярность новая категория продуктов и лечебных препаратов, в задачи которых входит восстановление микробного баланса организма. Такие продукты с живыми, полезными для человека бактериями были названы *пробиотиками* [6]. Они содержат преимущественно молочнокислые бактерии (лактобациллы, энтерококки, лактококки, термофильные стрептококки) или бифидобактерии. Иногда в качестве пробиотиков применяют совершенно другие виды бактерий (табл.).

Для нормализации функции микрофлоры организма используются и безмикробные вещества, способные улучшать работу микрофлоры кишечника. Такие вещества, в качестве которых наиболее часто используют непеп-

* Подробнее см.: *Суворов АН. Полезные микробы — кто они? // Природа. 2009. №7. С.21–30.*

Таблица

Примеры некоторых пробиотиков, применяемых для коррекции дисбиотических состояний

Род микроорганизмов	Штаммы пробиотиков	Название препаратов
Лактобациллы	<i>Lactobacillus plantarum</i> 8A-P3	Лактобактерин
	<i>L.acidophilus</i> Д75-76	Витафлор
	<i>L.reuteri</i> SD2112	Реутерин
	<i>L.rhamnosus</i> GG (ATCC 53103) + <i>B. lactis</i> BB-12	Бифиформ малыш
	<i>L.casei</i> DN_114001	Актимель
Бифидобактерии	<i>Bifidobacterium bifidum</i> 1	Бифидумбактерин
	<i>B.adolescentis</i> ВЛ-56	Бифидобак
Энтерококки	<i>Enterococcus faecium</i> L3	Ламинолакт
	<i>E.faecium</i> linex	Линекс
Кишечная палочка	<i>Escherichia coli</i> -M17	Колибактерин
Сенная палочка	<i>B.subtilis</i> шт. 534	Споробактерин
	<i>B.cereus</i> IP 5832	Бактисубтил
Дрожжи	<i>Saccharomyces boulardii</i>	Энтерол

ревариваемые сахара, называются *пребиотиками*. Комплексные препараты, состоящие из нескольких пробиотиков, называют *симбиотическими*, а включающие пре- и пробиотики — *синбиотиками*. Многие про- и синбиотики благотворно влияют не только на микрофлору кишечника, но и на микробиоценоз кожных покровов. И в этом нет ничего удивительного: достаточно вспомнить, что большинство аллергенов, вызывающих кожный зуд, экземы и другие патологии, поступают в организм с пищей. То, что состояние кожных покровов напрямую зависит от микробиоты кишечника, уже доказано [7, 8], а вот об эффективности пробиотиков в терапии кожных поражений известно мало.

Мы исследовали действие пробиотиков — биомасок, со-

державших *Enterococcus faecium* L3, — при лечении кожных аллергозов (микробной экземы и атопического дерматита) у детей. Участки с кожными изменениями обрабатывались масками в течение 10 сут, в результате чего у подавляющего большинства детей (у 14 из 15) наблюдалась положительная клиническая динамика. Во всех случаях произошло изменение состава микрофлоры кожи в областях поражения. Так, у 13 из 15 детей в пробах, взятых с этих участков кожи, изначально высеивался в высоких титрах золотистый стафилококк (*Staphylococcus aureus*), а после курса лечения он либо полностью исчезал, либо существенное уменьшался его титр. Вероятно, использование пробиотика, обладающего высокой степенью ан-

тагонизма к стафилококкам, привело к угнетению роста *S.aureus*, что позволило восстановить нормальную микрофлору кожи и устранить кожные проявления аллергии.

Преимущества пробиотиков по сравнению с антимикробными препаратами очевидны: они селективно действуют на патогенные бактерии и лишены побочных эффектов, которые неизбежны при использовании антибиотиков и антисептиков. Теперь можно ответить на вопрос, заданный в начале статьи: как достичь истинной красоты, которая лучше нарисованной? Ясно, что без нормальной микробиоты успех невозможен, поэтому важнейшим компонентом косметологических мероприятий должно стать грамотное применение пробиотиков. ■

Литература

1. Шендеров БА. Медицинская микробная экология и функциональное питание. Т.1. М., 1998.
2. Бондаренко В.М., Грачева Н.М. Препараты пробиотика, пребиотика и синбиотика в терапии и профилактике кишечных дисбактериозов // Фарматека. 2003. №7. С.56—63.
3. Tannock G. Probiotics and Prebiotics, Scientific Aspects. 2005.
4. Sandin A., Annus T., Björkstén B. et al. Prevalence of Self-Reported Food Allergy and IgE Antibodies to Food Allergens in Swedish and Estonian Schoolchildren // Eur. J. Clin. Nutr. 2005. V.59. №3. P.399—403.
5. Sheikh A., Strachan D.P. The Hygiene Theory: Fact or Fiction? // Curr. Opin. Otolaryngol. Head. Neck. Surg. 2004. V.12. №3. P.232—236.
6. Fuller R., Gibson G.R. Probiotics and Prebiotics: Microflora Management for Improved Gut Health // Clin. Microbiol. Infect. 1998. №4. P.477—480.
7. Hougee S., Vriesema A.J., Wijering S.C. et al. Oral Treatment with Probiotics Reduces Allergic Symptoms in Ovalbumin-Sensitized Mice: a Bacterial Strain Comparative Study // Int. Arch. Allergy. Immunol. 2010. V.151. №2. P.107—117.
8. Wickens K., Black P.N., Stanley T.V. A Differential Effect of 2 Probiotics in the Prevention of Eczema and Atopy: a Double-Blind, Randomized, Placebo-Controlled Trial // J. Allergy. Clin. Immunol. 2008. V.122. №4. P.788—794.



Население восточноевропейских степей в первом тысячелетии

„Везде голая печальная степь, лишенная убранства и тени лесов, усеянная костями несчастных странников; вместо городов и селений представлялись взору одни кладбища кочующих народов.“

М.А.Балабанова

Н.М.Карамзин

Первое тысячелетие в истории Европы насыщено событиями, связанными с поступательным движением варварских народов. Сначала волны миграционных потоков привели сюда ряд алано-сарматских, а затем и тюркских племен, которые сыграли значительную роль в становлении современных народов Восточной Европы и стали одним из компонентов этногенетических процессов этого региона.

С алано-сарматским культурно-этническим пространством связывают заключительные этапы сарматской культуры. Но если становление позднесарматских черт сейчас почти всеми учеными сводится к одним лишь миграциям, т.е. признается с позиций миграционизма, то оформление среднесарматского комплекса, без сомнения, дает эффект усреднения и симбиоза культурных элементов субстратного раннесарматского и пришедшего населения.

В эпоху раннего Средневековья (V—IX вв.) эта территория вновь становится объектом экспансии новых групп. Сначала гунны, сметая своих предшественников, весьма активно включаются в политические события Европы, затем другие пришлые группы участвуют в этнокультурных процессах, которые привели к образованию Хазарского каганата — государства со



Мария Афанасьевна Балабанова, кандидат исторических наук, антрополог, доцент Волгоградского государственного университета. Область научных интересов — антропология древнего и средневекового населения. Участник многочисленных археологических экспедиций.

сложным этническим составом, включающим не только тюркоязычные народы.

Системное изучение культурных и антропологических особенностей населения обозначенного региона и времени позволяет как констатировать факт переселений, так и определить морфологический облик мигрантных групп. В этой связи большую значимость приобретает исследование антропологического материала.

Тем не менее далеко не все миграционные потоки можно проследить на антропологическом материале, особенно если пришлое население оставило после себя лишь немного погребальных комплексов, в которых практически отсутствует антропологический материал, как, например, в случае с «гуннами». Постгуннская, или раннетюркская, эпоха также бедна костными остатками. Зато первая поло-

вина 1-го тысячелетия (I—IV вв.) и его конец (VII—X вв.) представлены выборками, которые позволяют судить о морфологическом облике населения. В настоящей работе делается попытка дифференцировать антропологический материал 1-го тысячелетия с целью выявить миграционные потоки в восточноевропейские степи.

Материал исследования — краниологическая коллекция, насчитывающая 651 череп из сарматских погребений I—IV вв. и 143 черепа из погребений раннего Средневековья (V—X вв.). Наиболее многочисленный материал был получен из могильников Кривая Лука, Старица, Кузин хутор, Абганерово, Перегрузное I, Джангар, Дюкер, Кермен Толга, Купцын Толга и др. Раннесредневековый материал происходит из могильников Верхняя Бузиновка, Ильевка, Хошеутово, Гнилице, Кировский,

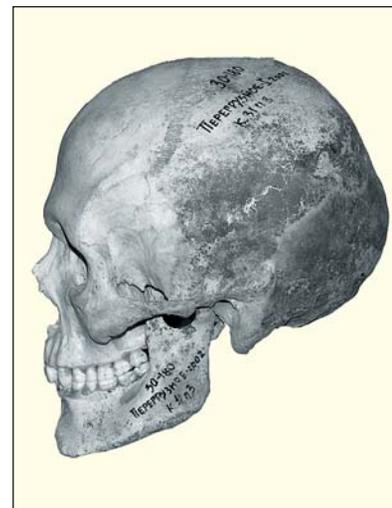
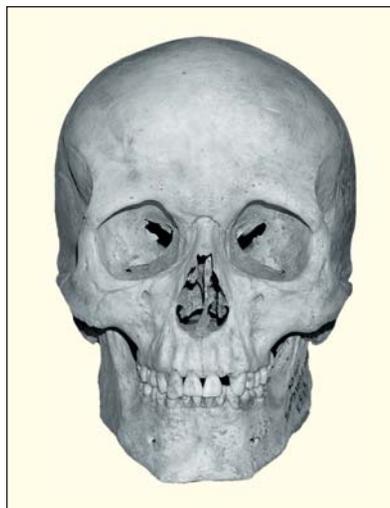
Матюхин Бугор и др. Кроме того, в сравнительный анализ включен серийный сарматский материал из публикаций, в том числе и раннесарматского времени [1—4]. Почти весь раннесредневековый материал опубликован [5, 6]. Для анализа использовались методы простой и многомерной статистики, принятые в антропологии.

Характеристика краниологических серий 1-го тысячелетия

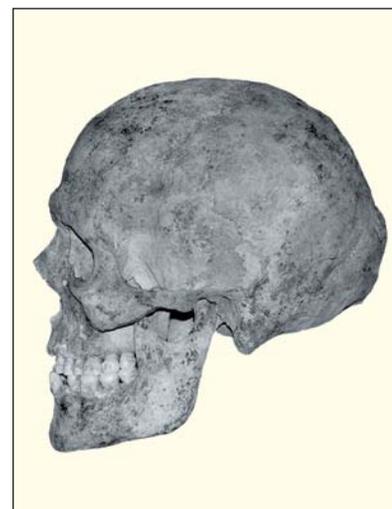
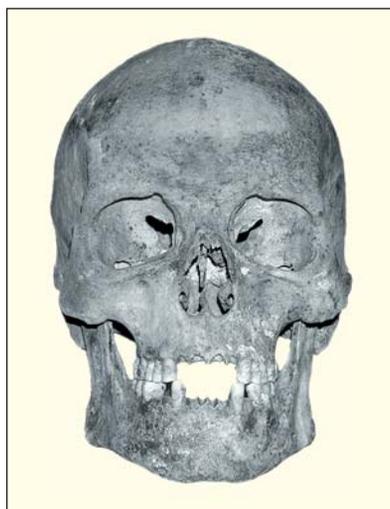
Чтобы выяснить динамику краниологических типов 1-го тысячелетия, следует вспомнить характеристику савромато-сарматского населения второй половины 1-го тысячелетия до н.э.

Единообразие типа на всей территории расселения от Приуралья до Северного Причерноморья привело к тому, что в антропологии появился даже термин «сарматский тип», под которым понимался тип широкоголовых европеоидов с небольшим уплощением горизонтального профиля на уровне глазниц.

К рубежу эр (I в.) вышеописанный краниотип (морфологический тип, который диагностируется по особенностям строения черепа) претерпевает изменения в сторону мезоморфности, характеризующийся сочетанием признаков, большая часть которых находится в среднемировых значениях. Это хорошо укладывается в общепринятую археологическую концепцию о характере среднесарматского культурного комплекса, носителями которого, видимо, были пришлые группы с иными краниологическими сочетаниями, нежели раннесарматские. Особенности внутригрупповой и межгрупповой изменчивости позволяют предположить активные процессы смешения субстратного (местного, первоначально обитавшего, населения) широкоголового и суперстратного (пришедшего на уже обита-



Мужской череп (25—27 лет) из погребения 3 кургана 31 могильника Перегрузное I (II в. до н.э. — рубеж эр).



Мужской череп (25—35 лет) из кургана 3 могильника Аксай-V (II—IV вв.).

емую территорию) длинноголового типов. Антропологические «перехлесты», наблюдаемые в хронологических сериях сарматов, также свидетельствуют о сохранении черт старого населения и включении новых групп [3, 4]. Так, например, серии ранних и средних сарматов из могильников Бережновка II, Калиновка, Первомайский, хутор Новый и др. обладают чрезвычайным сходством, что свидетельствует о сохранении краниологических типов на протяжении нескольких сот лет, а также о наличии в этих могильниках группы

погребений, сочетающих признаки и раннесарматской, и среднесарматской культур. Видимо, выработка культурных стереотипов требовала определенного времени, что отразилось и на краниологических материалах. Эти группы более полиморфны (содержат в себе ряд различающихся морфологических форм), чем серии ранних и средних сарматов [4. С.111].

Определенное сходство вырисовывается и при сравнении серий средних и поздних сарматов из могильников Кузин хутор, Старица и др.



Раскопки в Нижнем Поволжье. Лагерь археологов в долине р.Иловатки.

Здесь и далее фото автора



Зачистка бровки кургана.

В могильнике Кузин хутор весь археологический комплекс представлен погребениями среднесарматского и позднесарматского времени. Все три мужские серии, две недеформированные и одна со следами искусственной деформации, имеют одни и те же сочетания, диагностирующие их как длинноголовых европеоидов.

Таким образом, сопоставления сарматских групп показывают сходство, с одной стороны, некоторых локальных групп ранних и средних, а с другой — средних и поздних сарматов [4. С.111, 114]. Постепенное увеличение количества долихокраничных вариантов как по суммарным, так и по локальным группам от раннесарматского времени к позднесарматскому дает еще один повод утверждать о приходе в восточноевропейские степи крупной кочевой группы-

ровки иного происхождения, нежели раннесарматская. Изменение краниологических типов от раннесарматского времени к позднесарматскому с накоплением типа длинноголовых европеоидов хорошо демонстрируются как статистически, так и типологически. Так, при популяционном подходе сравнение суммарных серий по t -критерию Стьюдента (название статистических тестов, имеющих распределение Стьюдента) у ранних и средних сарматов дает достоверно значимые различия по восьми признакам у мужчин и по пяти признакам у женщин, а у ранних и поздних сарматов — уже по пятнадцати признакам у мужчин и по трем у женщин. Суммарные серии средних и поздних сарматов различаются по одиннадцати признакам у мужчин и по трем у женщин [4. С.109, 112, 115]. Типологическое распределение долихокраниальных черепов (черепной указатель — отношение максимальной ширины мозгового короба к ее длине — меньше 75.1) по группам следующее: раннесарматская серия — около 19% (11%)*, среднесарматская — около 27% (19%), позднесарматская деформированная серия — около 60% (32%), недеформированная — около 54% (19%).

Такая же зависимость наблюдается при разбивке серии на локальные группы.

Постоянное возрастание долихокрании, причем в большей степени среди мужской части населения, дает возможность предположить, что миграции были в основном мужские. При этом на среднесарматском этапе это были малочисленные группы, которые внедрялись в субстратное раннесарматское общество относительно мирным путем, изменяя культуру и внося внутригрупповую изменчивость. По крайней мере, уровень боевого травматизма к среднесарматскому этапу не



Река Иловатка, здесь проходили раскопки 2003 г.

повышается, а количество женщин и детей резко сокращается под курганными насыпями по сравнению с предшествующей эпохой [7, 8].

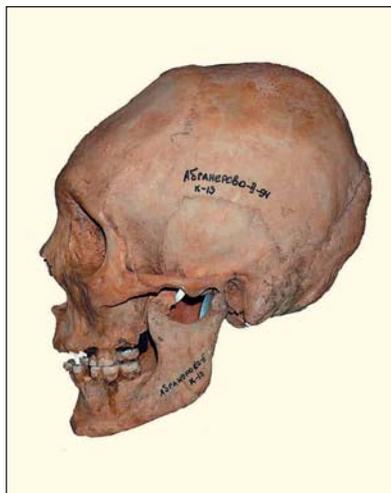
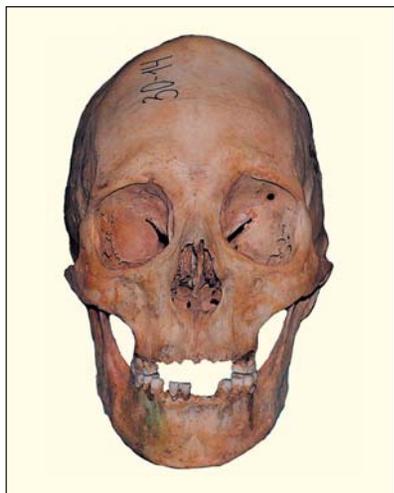
Длинноголовые европеоиды с резко профилированным лицевым скелетом присутствуют и в структуре группы, практикующей диагональное положение умершего в могиле, их там более 20%. Возрождение этого обряда в I—III вв. археологи связывают с пришлыми группами. Существует концепция, что пришельцами были ранние аланы. Это согласуется как с данными письменных источников, так и с их антропологическим типом. Письменные источники называют аланов новым этнополитическим образованием первых веков нашей эры, а в антропологии ранних аланов традиционно определяют как длинноголовых европеоидов. По-видимому, мигранты-мужчины — носители диагонального обряда положения умершего в могилу — были воинами. По крайней мере, их захоронения богаты предметами вооружения, что дает повод многим археологам определять их статус как воинский.

Приток длинноголовых европеоидов усилился во второй

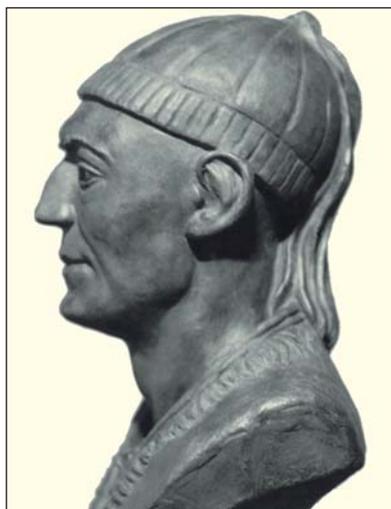
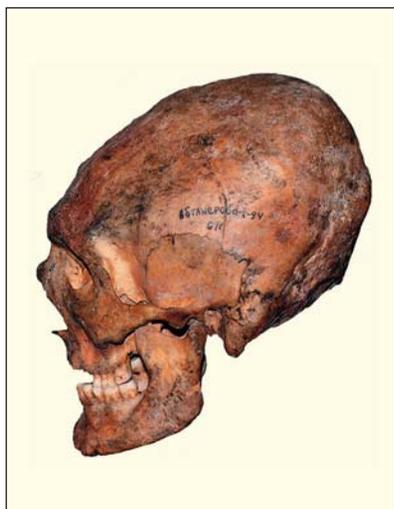
половине II — IV вв., поэтому они преобладают во всех презентабельных сериях и на всей сарматской территории, Приуралье, Заволжье, Волго-Донском междуречье, Астраханском Правобережье, Северном Кавказе, Нижнем Подонье и, видимо, в Северном Причерноморье. Этот краниологический тип чаще присутствует на мужских черепах, чем на женских [4. С.112, 115]. Кроме краниотипа пришлые группы существенно отличались от своих предшественников по многим другим антропологическим параметрам. Они были более высокорослыми и массивными**. Во всех позднесарматских сериях наблюдаются половозрастные «перекосы»: мужчин в несколько раз больше, чем женщин, а детей единицы [8]. Такой состав позднесарматского общества позволяет считать его очень мобильным, а образ жизни — ориентированным не только на кочевое хозяйство, но и на военное дело. Видимо, большая часть мужчин (а может быть, и все — разумеется, в молодом и зрелом возрасте) были профессиональными

* В скобках приведены частоты по женским сериям.

** Неопубликованные данные по материалам Нижнего Поволжья.



Череп женщины (35—45 лет) со смешанным монголоидно-европеоидным комплексом из кургана 13 могильника Абганерово II (2-я половина III — IV в.).



Профильная фотография и пластическая реконструкция черепа мужчины (35—45 лет) из кургана 6 могильника Абганерово II (2-я половина III — IV в.). Автор пластической реконструкции Т.С.Балуева.

воинами. Об этом свидетельствуют следы чрезмерных физических нагрузок на основные суставы, комплекс всадничества, повышенный боевой травматизм (более 30%), много рубленых и колотых ран и т.д. [7].

Позднесарматские племена принесли с собой и обычай преднамеренной искусственной деформации головы (целенаправленных действий, направленных на прижизненное изменение ее формы с помощью специальных приспособлений). Ча-

стота встречаемости деформированных черепов около 70%. Тот факт, что в женской части сарматского общества краниотип мало меняется на протяжении тысячи лет, может также косвенно свидетельствовать о том, что в миграциях преобладали мужчины [3]. Та немногочисленная группа пришлых женщин была более неоднородной: среди них кроме длинноголовых европеоидов имелись и европеоидно-монголоидные метисы. Таких черепов в серии дефор-

мированных женских черепов около 13%; а в недеформированных — около 3%.

Монголоидные черты были в большей степени присущи, очевидно, последующим группам мигрантов — гуннам, которые пришли на смену сарматам. Антропологический материал гуннского времени из могильников Восточной Европы отсутствует. Об их монголоидном облике есть сведения в письменных источниках (например, у Филосторгия).

Погребений постгуннского времени на территории степей Восточной Европы мало, а антропологического материала еще меньше. Весь имеющийся материал раннего Средневековья был поделен на две группы: раннюю (V — середина VII в.) и позднюю (вторая половина VII — X в.).

Анализ половозрастной стратификации средневекового населения показал, что и ранняя, и поздняя группы сходятся по показателям детской смертности (которая занижена и не отражает палеопопуляционную картину) и по соотношению полов (деформация в сторону преобладания мужчин с тенденцией к нормализации в группе VII—X вв.). Обе серии дают близкие показатели среднего возраста дожития как с учетом детей, так и без их учета: 32 года и 36.2 года в ранней группе и соответственно 30.7 и 35.3 года в поздней [5].

Таким образом, половозрастные перекосы, обнаруженные на позднесарматском материале, имеют место и в раннем Средневековье и, видимо, отражают похожие принципы оформления подкурганых выкопок. Вместе с тем анализ особенностей краниотипа обеих хронологических групп раннесредневекового населения позволяет отметить практически полное отсутствие их связи с предшественниками, с населением позднесарматского времени.

Раннесредневековая выборка (V — середина VII в.), как

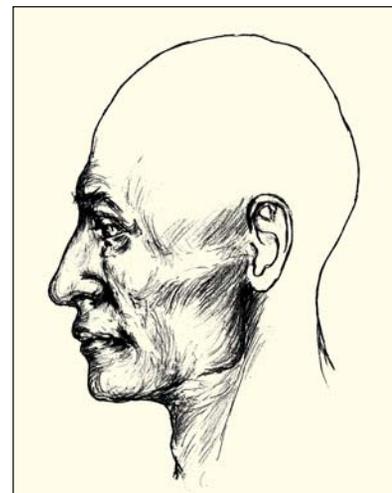
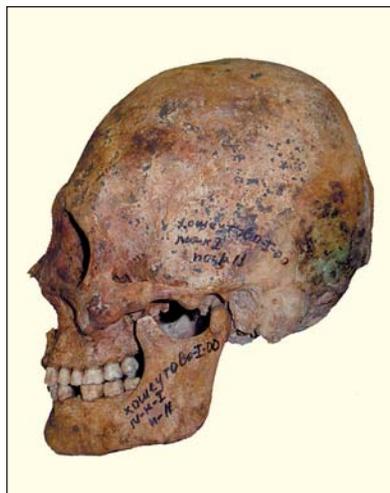
и позднесарматская, состоит из двух частей: деформированной и недеформированной, что свидетельствует о сохранении в раннем средневековье традиции искусственной деформации головы. Вместе с тем есть веские причины не связывать этот обычай с поздними сарматами, а считать его данью моде: наибольшее количество серий с деформированными черепами по разным народам Европы и Азии дает материал I—VII вв.

Обычаю искусственной деформации головы, в том числе и у раннесредневекового населения Европы, посвящен 5-й выпуск OPUS(a) за 2006 г. [9].

В исследуемой серии семь мужских и четыре женских черепов со следами преднамеренной искусственной деформации. Тип деформации определяется как смешанный лобно-затылочный кольцевой (могильники: Иловатка и Политотдельское, Хошеутово; материал из курганов близ Танаиса, женский череп из могильника Матюхин Бугор) и лобно-теменной (Калиновка).

На черепе из Иловатки ширина пояса давления деформирующей ленты (по данным Н.М.Глазковой и В.П.Чтецова) определяется в 2—3 см. На черепе из Хошеутова она шире — не менее 4.5—5 см. В процессе деформации головы у этого мужчины использовали не только круговую повязку, но и дощечки. Кстати, аналогичный тип деформации отмечен на черепе из синхронного погребения 12, кургана 1 могильника Малаи, раскопки 1985 г. К сожалению, цифровых измерений этого черепа нет, но его фотографию мне любезно показала автор раскопок Н.Ю.Лимберис, за что я ей очень благодарна.

Несмотря на сходство в технике деформирования головы у раннесредневекового и позднесарматского населения, очевидны различия по физическому типу, которые, видимо, связаны с разными генетическими программами в формах черепной коробки. Мозговая коробка



Профильная фотография и графическая реконструкция черепа мужчины (25—35 лет) из погребения 11 могильника Хошеутово (конец V — середина VI в.). Автор графической реконструкции Г.В.Лебединская.

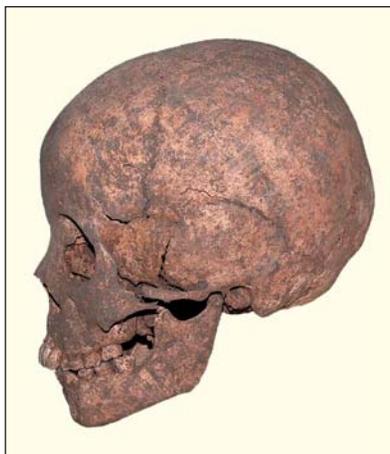
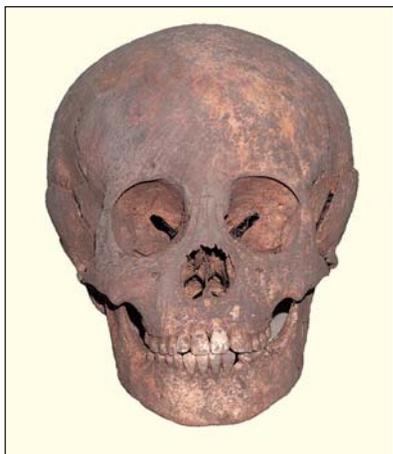
у представителей средневекового населения значительно короче и брахикранной пропорции, а по облику это смешанные монголоидно-европеоидные метисы [5. С.74—78; 6]. Степень выраженности монголоидных черт разная. Она сильнее на одних черепах (Иловатка, Рогожино и др.) и слабее на других (Хошеутово, Подгорненский V, курган 5, погребение 1 и череп из раскопа V, кв. А9-А10, погребение 1 могильника Правобережного Цимлянского городища и др.) [5, 6]. Итак, несмотря на то, что черепов этого времени мало, четко выделяется монголоидный расовый комплекс. Очевидно, усиление монголоидных черт связано с приходом новой волны мигрантов с востока, которая по времени совпадает с началом гегемонии тюркоязычных народов в степях Восточной Европы. При межгрупповых сопоставлениях раннесредневековые группы Нижнего Поволжья и Нижнего Подонья наиболее сходны между собой и с тюркскими средневековыми кочевниками из Сибири, с Тянь-Шаня и из Казахстана [4. С.99; 5. С.63, 64]. Поэтому и наличие монголоидной примеси в это время становится вполне закономерным явлением.

Хорошо выраженная монголоидная примесь на черепах сочетается с непреднамеренным уплощением затылочной области головы по типу бешика (вследствие длительного лежания младенца в колыбели). Колыбель этого типа — тоже азиатский этнографический признак. В исследуемых группах уплощение по типу бешика имеется как в ранней группе, так и на трети черепов поздней.

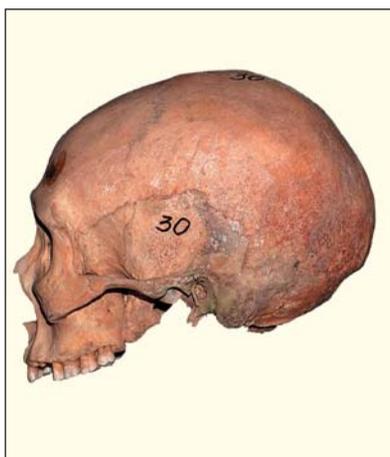
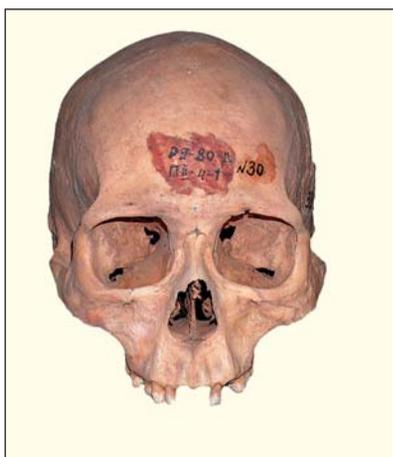
Становление Хазарского каганата связано со сложными этническими, политическими и культурными процессами. Поэтому формирование населения Хазарского каганата также было сложным и для него характерна неоднородность этнического и расового состава, которая отражена в письменных, археологических и антропологических источниках.

Письменные источники неоднозначны при характеристике населения Хазарского каганата. В одних его определяют как носителей монголоидной расы, подразумевая этнических хазар, в других — европеоидной. Третья группа источников свидетельствует об их многокомпонентности.

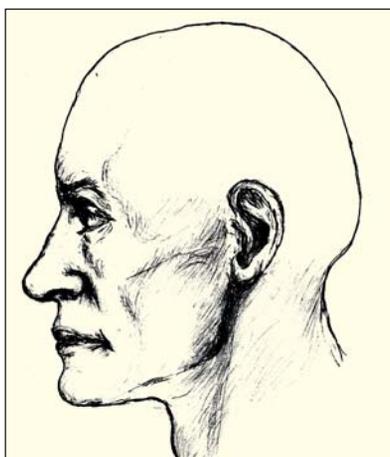
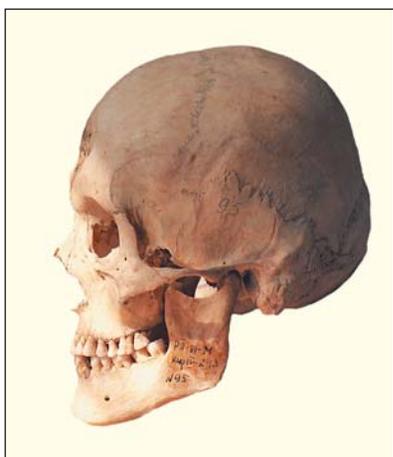
Имеющийся антропологический материал по хазарскому



Череп подростка (9—10 лет) с монголоидным расовым комплексом из погребения 77 могильника Гнилице (2-я половина VIII — IX в.).



Череп женщины (30—35 лет) со смешанным монголоидно-европеоидным расовым комплексом из погребения 1 кургана 4 могильника Потайной II (VIII в.).



Профильная фотография и графическая реконструкция черепа мужчины (35—40 лет) из погребения 13 кургана 2 могильника Кировский IV с бешиковой деформацией (конец VIII — начало IX в.). Автор графической реконструкции Г.В.Лебединская.

времени дает представление о чрезвычайной типологической и расовой неоднородности населения.

Особенности антропологического состава населения свидетельствуют, что за весь период хазарской государственности на территории Нижнего Поволжья и нижнего Подонья активно протекало биологическое смешение: генетическое (двух отличающихся групп организмов) и механическое (без значительного притока генов). В среднем как мужская, так и женская группы черепов хазарского времени характеризуются смешанным монголоидно-европеоидным комплексом. Форма черепной коробки определяется как брахикранный. При этом некоторые качества черепов можно считать морфологическими доминантами данной группы населения. Это, во-первых, сильное проявление монголоидных черт и широкое грушевидное отверстие (на черепе наружное носовое отверстие), иногда сочетающееся с альвеолярным прогнатизмом (выступлением верхней челюсти в вертикальной плоскости) [5, 6].

Отчетливый внутригрупповой полиморфизм прослеживается прежде всего по строению мозговой коробки. В группе имеется длинноголовый и широкоголовый варианты. По высоте свода черепа также делятся: с высоким и с очень низким сводом. Зато морфология лицевого отдела более однородна. Лицо чаще широкое и плоское с умеренно или слабо выступающим к линии профиля носом на низком или средневысоком переносье. Итак, монголоидный комплекс лицевого скелета сочетается с двумя вариантами мозговой коробки: длинноголовым и широкоголовым. Следует также заметить, что серии из подкурганых насыпей и из грунтовых могильников морфологически очень сходны. И у тех и у других фиксируется смешанный европеоидно-монголоид-

ный тип, причем на отдельных черепаках монголоидные черты проступают намного отчетливее, чем европеоидные.

Сопоставление раннесредневековых и позднесарматских групп каноническим методом с последующей обработкой расстояний близости по Махаланобису кластерным методом показывает существенные различия между позднесарматским населением и курганными группами населения хазарского времени и сходство с группами салтово-маяцкой культуры и некоторыми (аланскими?) средневековыми группами Северного Кавказа.

Итак, население хазарского времени степной зоны Восточной Европы по происхождению было крайне сложным и формировалось из пришельцев, носителей разных монголоидных ти-

пов и, возможно, оставшегося позднесарматского населения. Хотя позднесарматский пласт в данный момент очень трудно вычленишь, но, возможно, длинноголовость у населения хазарского времени, особенно группы из погребений 2-го типа и серии лесостепной зоны салтово-маяцкой культуры, — позднесарматское наследие.

* * *

Можно подвести основные итоги краниологического анализа населения степной зоны Восточной Европы в 1-м тысячелетии нашей эры [10]. Прежде всего, имеющийся многочисленный краниологический материал (около 1300 черепов, включая II—I вв. до н.э.) позволяет проследить внутригрупповую и межгрупповую изменчи-

вость хронокультурных групп и связать ее с миграциями. В соответствии с этим получается, что в степной зоне Восточной Европы на протяжении 1-го тысячелетия н.э. четко фиксируется смена трех антропологических пластов. Первый, тип широкоголовых европеоидов, свойственный савромато-сарматскому населению (V в. до н.э. — рубеж эр), постепенно сменяется в I—II вв. типом длинноголовых южных европеоидов, который можно определить как второй пласт, преобладающий у позднесарматского населения. Третий же, без сомнения, связан с приходом на эту территорию не одной волны центрально-азиатских мигрантов тюркского происхождения, сочетающих монголоидно-европеоидные черты. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 10-06-00159а.

Литература

1. Гинзбург В.В. Этногенетические связи населения Сталинградского Заволжья: Антропологические материалы Калиновского могильника // МИА. М.; Л., 1959. № 60. Т.1. С.524—594.
2. Фирштейн Б.В. Сарматы Нижнего Поволжья в антропологическом освещении // Том Т.А., Фирштейн Б.В. Антропологические данные к вопросу о великом переселении народов. Авары и сарматы. Л., 1970.
3. Батиева Е.Ф. Динамика демографических и краниологических характеристик нижнедонских популяций раннего железного века // Современное состояние и пути развития юга России. Мат. рег. науч. конф. «Системные исследования современного состояния и пути развития Юга России (природа, общество, человек). Ростов-на-Дону, 2007. С.123—130
4. Балабанова М.А. Антропология древнего населения Южного Приуралья и Нижнего Поволжья. Ранний железный век. М., 2000.
5. Батиева Е.Ф. Антропология населения Нижнего Подонья в хазарское время // Донская археология. Ростов-на-Дону, 2005. №3—4.
6. Балабанова М.А. Антропология населения Нижнего Поволжья (конец V — 1-я половина IX в.) // Степи Европы в эпоху Средневековья. Донецк, 2005. Т.4. С.55—72.
7. Балабанова М.А., Перерва Е.В. Идентификация типов оружия по боевым травмам у сарматов // Вооружение сарматов: региональная типология и хронология: Докл. к VI международной конференции «Проблемы сарматской археологии и истории». Челябинск, 2007.
8. Балабанова М.А. Хронологические особенности половозрастной структуры сарматских групп // Вестник Волгоградского государственного университета. История. Регионоведение. Международные отношения. Серия 4. Волгоград, 2009.
9. Искусственная деформация головы человека в прошлом Евразии // OPUS: Междисциплинарные исследования в археологии. Вып.5. М., 2006.
10. Пежемский Д.В. Морфология длинных костей скелета и конституциональные особенности поздних сарматов по материалам могильника Покровка 10 // Малашев В.Ю., Яблонский Л.Т. Степное население Южного Приуралья в позднесарматское время. М., 2008.
11. Глазкова Н.М., Чтецов В.П. Палеоантропологические материалы Нижневожского отряда Сталинградской экспедиции // МИА. М.; Л., 1960. №78.

Рихард Гольдшмидт — генетик и эволюционист XX века

М.Д.Голубовский

Судьба работ отдельных исследователей в развитии науки весьма изменчива. Есть уникальные личности, чьи конкретные достижения подобны долголетним башням в панораме науки. Есть личности, чьи интересные работы и взгляды остаются при их жизни незамеченными, и, кто знает, возможно, навсегда. Есть исследователи, которые идут во главе современников, указывая пути новых открытий и достижений и предупреждая о бесплодных пустынях. И есть ученые, которые возводят строительные леса, подмости, по которым восходят другие и вносят свой вклад в конструкцию. В один прекрасный день подмости убирают, а конструкция остается. «Гольдшмидт оказывал влияние на многое: он был и строителем, который сам внес весьма заметный вклад в некоторые устойчивые и постоянные элементы конструкции, и в то же время наставником и дизайнером контуров будущего» [1], — так писал о своем учителе известный генетик Курт Штерн.

Подтверждением тому служит история признания взглядов Гольдшмидта, который нарочито резко противопоставил свои представления о путях и механизмах эволюции преобладавшим в те годы неодарвинским концептам и столь же



Михаил Давидович Голубовский, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского филиала Института истории естествознания и техники им.С.И.Вавилова РАН. Занимается проблемами общей генетики и генетики человека, теорией эволюции и историей науки. Автор монографии: «Век генетики: Эволюция идей и понятий» (СПб., 2000). Постоянный автор «Природы».

резко оппонировал моргановской гипотезе о мутациях как изменениях отдельных генных локусов. Все это он изложил в книге «Материальные основы эволюции», которая вышла в 1940 г. [2].

Жизненная канва и вехи творчества.

Рихард Гольдшмидт родился 12 апреля 1878 г. во Франкфурте-на-Майне (Германия). Его семья принадлежала к относительно состоятельному буржуазному сословию с этнокультурными еврейскими традициями. У Гольдшмидта рано проявилась тяга к знаниям, языкам и к серьезному чтению. Окончив классическую гимназию со свободным знанием латинского, греческого, французского, английского и итальянского, он по настоянию родителей поступил в Гейдельбергский университет для обучения медицине. Однако спустя два года Гольдшмидт уехал учиться в Мюнхен к знаменитому зоологу Р.Гертвигу.

В Мюнхене Гольдшмидт проработал до 1914 г. Тогда он изучал у аскарид сравнительную эмбриологию и гистологию нервной системы и выяснил, что она состоит из фиксированного числа клеток (162 у самцов и 160 у самок). Описав топографию сочленения всех этих клеток в ходе развития, Гольдшмидт показал, что каждый из нейронов может быть обособлен и потому аскарида может служить

идеальной моделью для анализа нейронного контроля поведения. Книга Гольдшмидта «Аскарида» получила широкую известность; переведенная на многие языки (на русский — в 1935 г.), она привлекла в биологию многих исследователей.

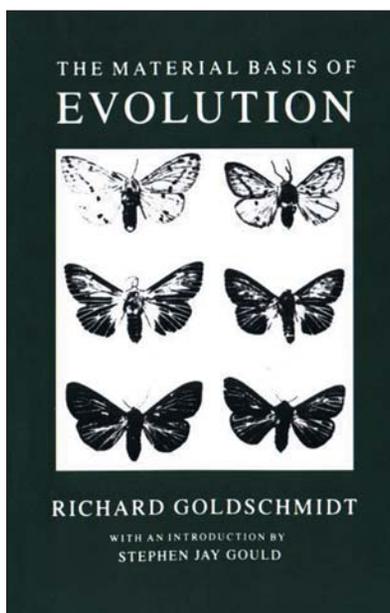
Интерес к генетике проявился у Гольдшмидта под влиянием вышедшей в 1909 г. книги датского биолога В.Иогансена «Элементы точного учения об изменчивости и наследственности», а также работы голландского ботаника Г. де Фриза по мутациям у энотеры. Уже в 1911 г. Гольдшмидт опубликовал учебник по генетике, который спустя два года вышел в Петербурге под названием «Основы учения о наследственности». В эту книгу вошли все накопленные в первое десятилетие XX в. данные о наследственности и изменчивости у растений и животных. Учебник выдержал пять изданий и оставался самой полной сводкой вплоть до середины 1930-х годов.

В 1911 г. в Берлине образуется знаменитый Исследовательский центр кайзера Вильгельма, а в его рамках — Институт биологии в Берлин-Далеме, который возглавил блистательный исследователь Т.Бовери. Он пригласил в свой институт четырех биологов — У.Шпемана, М.Гартмана, О.Варбурга и Р.Гольдшмидта, который начиная с 1914 г. стал изучать также детерминацию пола и генетические основы географической изменчивости у непарного шелкопряда *Lymantria dispar*. Стимулом к выбору объекта послужило открытие энтомологом М.Штандфусом массового нарушения половых признаков при скрещивании японской и европейской рас бабочки. Для выяснения причин этого феномена Гольдшмидт регулярно выезжает в Японию для сбора материала. Читает там лекции, инициирует генетические исследования. В 1914 г. там его застает Первая мировая война.

Начинается одиссея странствий Гольдшмидта, длившаяся более пяти лет [3]. Попав в США, он благодаря своему авторитету получает временную позицию



Рихард Гольдшмидт в своей лаборатории. Берлин. 1931 г.



Обложка книги Гольдшмидта «Материальные основы эволюции». 2-е изд. С предисловием С.Гулда.

в Йельском университете, работает в Гарвардском университете и на морской станции Вудс-Хол в штате Массачусетс [3], где знакомится со многими американскими генетиками, в частности с будущим классиком эволюционной биологии и генетики С.Райтом. В 1918 г., когда Америка вступила в войну в коалиции против Германии, Гольдшмидт попадает в лагерь для интернированных, освобождается он лишь после капитуляции Германии.

По возвращении в Берлин в 1919 г. Гольдшмидт организует обширные эколого-генетические исследования непарного шелкопряда (рис.1). Через три года он публикует сводку по генетике пола (ее вскоре переводят на русский язык), а также серию статей с обоснованием принципов действия генов в развитии. Он приходит к альтернативному взгляду на природу генов, о чем докладывает на VI Международном генетическом конгрессе в Итаке (штат Нью-Йорк) в 1932 г.

Приход к власти нацистов в 1933 г. и преследования евреев вновь приводят Гольдшмидта в США. Получить там позицию для эмигранта с мировым именем, но со столь вызывающими взглядами было непросто. Лишь через год после прибытия он становится профессором на кафедре зоологии в Калифорнийском университете (Беркли), где и работает вплоть до своей кончины в 1958 г. После Германии жизнь в Беркли Гольдшмидт называет подлинным счастьем [3]. Там он начинает серию работ по мутационному процессу и генетике гомеозисных мутаций у дрозофилы. В 1938 г. выходит его сводка «Физиологическая генетика», а в 1940-м — еретическая книга «Материальные основы эволюции» [2]. В 1951 г. на симпозиуме в Колд Спринг Харборе Гольдшмидт удостоивается чести сделать ведущий доклад о теории гена и новом понимании связи ген—хромосома. В 1956 г. выходит адресованная лишь подготовленному читателю его итоговая книга по теоретической генетике, и поныне не утратившая научного интереса.

Интерсексы у бабочек, действие генов в развитии и экологическая генетика

Успех в решении выбранных задач в биологии, в частности в генетике, сильно зависит от правильного выбора объекта. Как заметил известный биолог-цитолог В.Я.Александров, «для исследователя важно отыскать болтливые объекты, плохо хранящие тайны». Таких примеров много.

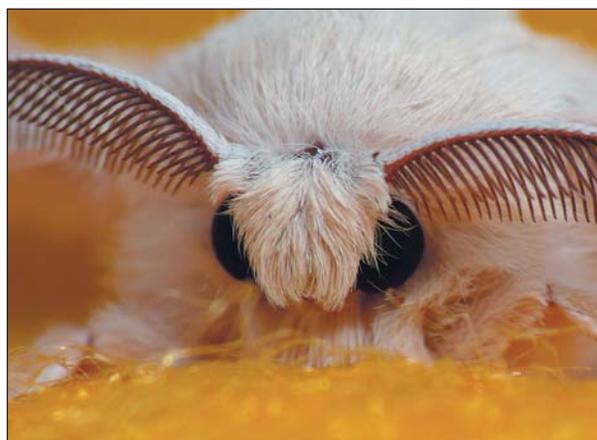
Г.Мендель, желая экспериментально проверить сложившиеся в его мозгу принципы наследования признаков в потомстве гибридов, сознательно выбрал горох как растение со строгим самоопылением. Два года он «чистил» материал, отбирая линии, отличающиеся устойчивыми парами альтернативных признаков. Менделю повезло, потому что у гороха (как выяснилось лишь полвека спустя) очень большие хромосомы и большие карты сцепления, благодаря чему выбранные семь пар признаков вели себя при скрещиваниях как несцепленные и независимо наследуемые [4].

Г. де Фриз, пытаясь найти пути и способы возникновения наследственной изменчивости, ее размах и формы у близких видов, для своих опытов выбрал энотеру. Это растение, занесенное в Европу

из Америки, быстро распространилось как садовая культура и сорняк. Выбор оказался удачным: у ряда видов энотеры хромосомы сцеплены в транслокационные комплексы, передающиеся как целое и склонные к повышенной нестабильности. Благодаря такой особенности у энотеры впервые обнаружили хромосомные и геномные мутации — анеуплоиды (трисомики) и мутанты-полиплоиды.

В 1974 г. молекулярный биолог С.Бреннер (не без косвенного влияния пионерской работы Гольдшмидта!) ввел в генетику новый перспективный объект — круглого червя *Caenorhabditis elegans*. Свою Нобелевскую лекцию в 2002 г. он выразительно назвал «Природа и ее дары Науке», заметив, что в биологии правильный выбор объекта столь же важен, как правильно заданные вопросы и адекватные методы исследования.

Гольдшмидт же для изучения принципов детерминации пола и генетики развития выбрал бабочек непарного шелкопряда. У этого вида резко выражен половой диморфизм по окраске и размерам: самки в два раза крупнее самцов, крылья у самок белые с темными полосами, а у самцов коричневые (рис.3). Штандфус, изучая географическую изменчивость у бабочек, заметил, что при скре-



Бабочки непарного шелкопряда *Lymantria dispar*, на которых Гольдшмидт изучал принципы детерминации пола. Самцы более мелкие, крылья коричневые (вверху); самки более крупные с белыми и бело-крапчатыми крыльями.

щивании европейской и японской рас в первом поколении самки атипичные по окраске, со смещенной половой дифференцировкой, а самцы нормальные. Такой парадокс и привлек внимание Гольдшмидта [5]. Его осенило, что разные японские расы могут отличаться по степени индукции аномального пол-зависимого эффекта. Наблюдая за изменениями фенотипа гибридных самок с самого начала развития, Гольдшмидт определил, что изменения касаются всего фенотипа, и ввел новый термин — «интерсексуальность». Частоты и степень возникновения интерсексов отличались у гибридов разных рас.

Анализ скрещиваний показал, что у гибридов бабочек самки гетерогаметичны, а самцы гомогаметичны. Гольдшмидт предположил существование двух факторов — мужского М в половой хромосоме и женского F в аутосомах, так что генотип самцов — FMM, а самок — FM. Разные географические расы отличались по силе действия этих факторов. Пол определялся их относительным балансом, так что, если $1M < F$, происходит сдвиг в сторону самок, но, поскольку $2M > F$, развитие идет в сторону самцов. В зависимости от соотношения факторов F и M у гибридов в потомстве разных географических рас возникает слабая, промежуточная или сильная интерсексуальность, вплоть до полной реверсии пола. Эта концепция баланса пол-определяющих факторов была близка к балансовой теории пола, предложенной в то же время Дж.Бриджесом в лаборатории Т.Моргана.

Другой важный вывод из его работ состоял в том, что смещение признаков половой дифференцировки происходит не постепенно, а скачкообразно в определенные критические периоды развития гибридов. Факторы половой дифференцировки начинают активироваться в определенное время в той или иной определенной ткани. В итоге ученый заключил: гены отличаются по силе, времени и месту их действия в ходе развития. Одновременно к сходному выводу пришел известный эволюционист Дж.Хаксли, анализируя исследование окраски бокоплава.

Вплоть до начала 1980-х между генетикой и эмбриологией существовал определенный разрыв. Генетики не могли установить, каким образом неизменный комплекс генов вызывает направленный онтогенез и дифференциацию тканей и органов. Скепсис эмбриологов определялся тремя обстоятельствами. Во-первых, менделевская генетика интересовалась главным образом наследственной передачей признаков и организацией наследственного материала, нежели ходом онтогенеза. Во-вторых, ранние генетики представляли ген как некую неизменную частицу, передаваемую через гаметы, а эмбриологи имели дело с эпигенезом или новообразованиями. В-третьих, молчаливо допускалось, что все клетки получают одинаковые копии генов, и тогда оставалось непонятно, что ограничивает морфогенетические потенции.

Гипотезу Вейсмана о неравномерном распределении тканевых детерминантов справедливо не приняли. Морган, который до занятий генетикой был крупным эмбриологом и зоологом, наметил три возможных сценария выхода из парадокса: начальные стадии развития есть следствие одинакового действия всех генов в различных областях яйца; гены вступают в действие по очереди, вызывая изменения в протоплазме, за счет чего происходит взаимодействие с новым комплексом генов; характер действия всех генов зависит от свойств цитоплазмы.

Возникшая из опытов Гольдшмидта по генетике определения пола (1920—1930-е годы) концепция физиологической генетики была первой попыткой связать генетику и физиологию развития в одно целое. В ней эмбриолог и эмбриогенетик П.Г.Светлов отметил важный вывод о трех фазах химической дифференциации ооциты [6]. Первая — начало синапсиса хромосом, когда продукты части генов «выходят» из ядра и производят в цитоплазме ферментативные реакции, приводящие к возникновению формо- или органообразующих молекул. Они распределяются по разным частям ооциты. Динамика количественного выхода из ядра ферментов и динамика локализации молекул-организаторов отличается у разных рас и видов. Вторая фаза хемодифференциации начинается после оплодотворения в зиготе, а третья — в период гастрюляции. Светлов отмечает также смелый вывод Гольдшмидта о постепенном включении генов: *«Скорости реакций, происходящих вследствие действия генов, различны, и соотношение их закономерно, поэтому развитие представляет собой систему координированных скоростей реакций»* [5].

Эти положения Гольдшмидта вполне соответствуют нынешним представлениям. В оплодотворенных яйцеклетках выделяют три информационные системы: ДНК ядерного генома; информационные макромолекулы, распределенные по отдельным участкам цитоплазмы; цитоскелет, регулирующий местоположение локальных молекулярных событий в цитоплазме.

В 1920 г. Гольдшмидт, обсуждая книгу Д.Томпсона «Рост и форма», обратил внимание, что морфологические различия между видами можно объяснить простыми математическими законами изменения относительного роста и сделал пророческое предположение: *«Высоко специализированный дифференциальный рост может быть иницирован образованием специфических гормонов (детерминирующих веществ) в определенное время; можно вообразить множество эволюционных процессов, которые обусловлены небольшими количественными изменениями базисных генов, приводящими к сдвигам в упорядоченных во времени координациях»* [2].

Уже в 1920-х годах Гольдшмидт понял, что действие генов, контролирующих развитие, состоит

в изменении относительных скоростей разных стадий дифференциации. Обнаружив разные по силе действия пол-определяющие процессы, он связал этот факт с количеством активного генетического материала. Это привело его к идее, что определенные мутации способны количественно влиять на ранние стадии развития путем изменения их скоростей относительно других этапов дифференциации. Если такая мутация выживает, она влечет за собой эволюционно важное отклонение в ходе нормального развития.

В течение 20 лет Гольдшмидт как зоолог-эволюционист детально исследовал характер генетических различий у географических рас бабочек по ряду жизненно важных признаков (длительности личиночного развития, морфологических вариаций, длины диапаузы, скорости роста) и их зависимости от температур. Большинство найденных им различий имело адаптивный характер. Здесь выводы Гольдшмидта совпали с другими аналогичными исследованиями, в особенности с работами шведского ботаника Г.Турессона, изучавшего эколого-географическую изменчивость и характер ее наследственной детерминации у горных и равнинных рас растений.

Гены и хромосомы: противостояние Гольдшмидта и сообщества генетиков

Историк науки и культуролог П.Фейерабэнд выдвинул принцип плюрализма и пролиферации гипотез как норму в науке. Несовместимость гипотез вовсе не означает их слабость, ибо благодаря контрастам и альтернативным допущениям появляются новые стимулы для поиска более целостных концептов. В генетике есть представление о норме реакции генотипа, т.е. о различном проявлении определенных генов в зависимости от разных условий. Норма в процессе познания формулируется *«всем множеством частично пересекающихся, фактуально адекватных, но взаимно несовместимых теорий»*.

Любопытно проследить динамику менявшихся со временем взглядов Гольдшмидта на природу наследственных факторов и на характер эволюционного процесса.

До начала 1930-х — общее согласие с моргановской концепцией о генах как дискретных локусах хромосомы и о точковых мутациях как внутригенных изменениях, ведущих к множественному аллелизму.

С начала 1930-х годов — количественный подход к структуре и функции генов: наследуемые морфофункциональные изменения могут зависеть от наследуемых вариаций активности одного генного фактора, не затрагивая его структуру. Гены в этом смысле подобны ферментам или гормонам, активность которых зависит от их количества, и в то же время обладают удивительной спо-

собностью автокатализа. Варианты (аллели) одних и тех же генов отличаются и по силе своего действия, и по времени/месту активности на разных стадиях онтогенеза.

Этот смелый для своего времени вывод Гольдшмидта оказался оправданным. Действительно, множество наследственных изменений, связываемых с определенным локусом, не касаются самой структуры гена, а происходят в сложно организованной регуляторной части или даже в других частях хромосомы. Кроме того, в ходе развития возможны разные способы динамической или эпигенетической регуляции генной активности, которые заведомо не затрагивают его структуру на уровне оснований ДНК [4].

В конце 1930-х годов под влиянием работ Г.Меллера и А.А.Прокофьевой-Бельговской по эффекту положения у дрозофилы, а потом и на основе собственных исследований Гольдшмидт принимает альтернативную модель хромосомы — не как нити с нанизанными на ней генами локусами, а, скорее, как музыкальной струны, обладающей целостностью и дискретностью. *«Если я трону струну скрипки в определенной точке, которая отстоит на дюйм от основания струны, то она издаст тон С. Но это вовсе не значит, что струна имеет какое-то +^c тело в той точке, где она была прижата»*, — это высказывание взято из статьи Гольдшмидта 1946 г., где он, используя изящную метафору, проясняет возможную альтернативу концепции дискретных генов в пользу представления о хромосомном континууме.

Таким образом, начиная с 1920-х годов Гольдшмидт отождествлял гены с ферментами, а разные скорости реакций и количества образующих веществ связывал с количеством генов-ферментов в ооплазме яйцеклетки и затем в разных тканях и органах-мишенях. Именно это смелое предположение привело Гольдшмидта к конфликту с хромосомной теорией наследственности. Лекцию на эту тему, которую он прочитал в 1932 г. на морской биологической станции в Вудс-Холе, встретили настороженно и скептически.

Морган называл рассуждения Гольдшмидта скорее химерическими, нежели химическими, поскольку они подрывали одно из основных положений хромосомной теории, т.е. равное представительство всех генов в клетках, их жесткую связь с локусами хромосом, строгую конвариантную редупликацию и невозможность свободного количественного варьирования генов.

Антиномия Морган—Гольдшмидт разрешилась на новом витке развития генетики в 1940—1960-х годах. В данном контексте следует назвать:

- концепцию Дж.Бидла и Э.Татума «один ген — один фермент» (1940);
- открытие информационного принципа в действии гена в цепи ДНК—РНК—белок: число

генов в разных тканях и органах обычно постоянно, но зато легко варьирует количество их информационных РНК-копий, интенсивность транскрипции РНК и интенсивность трансляции (1953—1961);

— концепцию генной регуляции Жакоба и Моно, открытие особых генов-регуляторов, белковые продукты которых связываются с ДНК и включают и выключают блоки генов в разные периоды онтогенеза в зависимости от потребностей клетки (1961—1963).

Эти открытия в принципе соответствуют представлениям Гольдшмидта о том, как гены регулируют онтогенез.

В середине 1930-х Меллер совместно с Прокофьевой-Бельговской на политенных хромосомах дрозофилы показали, что многие мутации связаны с разрывами и перестройками вблизи определенного локуса. При этом иногда переключение гетерохроматиновых или инертных районов хромосом в область определенных локусов вызывает инактивацию одного или сразу нескольких генов. Это одно из проявлений феномена эффекта положения, установленного ранее и другими авторами. Узнав об этих работах Меллера, с которым его связывали дружеские отношения, Гольдшмидт пишет письмо, демонстрирующее его темперамент и научный стиль: *«Только что я прочел вашу замечательную статью. Но я был слегка разочарован, что вы столь осторожничайте с концепцией гена. На самом деле я ожидал (зная вашу парижскую статью, но не зная еще статьи с Прокофьевой), что вы первым прыгнете через ограду и безоговорочно отвергнете концепцию гена. Конечно, я знаю, что темпераменты людей различны и что я менее осторожен, чем следует. Но во время перехода от одной точки зрения к другой — а сейчас как раз наступил период отбросить теорию гена, которая находится в конвульсиях, — я предпочитаю, чтобы мой ум был на один шаг впереди опытов (так обычно действуют физики, но биологи считают это преступлением)»* [7].

Конечно, большинство генетиков были правы в их нежелании напрочь отвергнуть концепцию гена, предпочитая шаг за шагом постигать более высокие непредсказуемые уровни организации хромосомы. Тон письма Гольдшмидта объясняет, почему многих генетиков США, где родилась классическая хромосомная теория наследственности, раздражало заявление Гольдшмидта, что «концепция гена мертва».

Теперь очевидно, что активация и инактивация генов, временно-тканевая регуляция их действия основаны именно на упорядоченных изменениях более высоких уровней организации генетического материала, нежели нить ДНК [8]. Современные данные указывают на реальность и важность структурных и функциональных свойств хромосомы как целого. Установлены четыре уровня упаковки нити ДНК с белками в нуклеопротеидные

структуры, которые в световом микроскопе видны как «хромосомы». Характер упаковки, степень спирализации нуклеопротеидного комплекса регулируются определенной системой. Имеются специальные локусы хромосом, которые служат местами посадки ДНК-связывающих белков. Такая связь локально меняет укладку хромосомной нити и влияет на транскрипцию генов на расстоянии сотен и тысяч нуклеотидных пар. Локусы-энхансеры усиливают активность соседних генов, а локусы-сайленсеры их ослабляют.

Хромосомы высших организмов подразделены на структурно-функциональные участки, или домены, которые в виде петель (100—200 тыс. н.п.) прикреплены к ядерному скелету. Обнаружены десятки ДНК-связывающих белков, образующих пространственно сложные комплексы. Эти белки присоединяются к специальным участкам хромосом, регулируют спирализацию и деспирализацию домена и тем самым степень транскрипционной активности окрестных генов.

Достаточно какому-либо гену в случае хромосомной перестройки оказаться рядом с гетерохроматином или сайтом, к которому присоединяется белок-репрессор, и активность гена снижается. Таков молекулярный контур «эффекта положения», которому Гольдшмидт придавал столь важное значение в своей концепции хромосомы как целого. Перестройки хромосом, по его представлениям, — самый главный кандидат эволюционно значимых наследственных изменений.

Макромутации, системные мутации и макроэволюция

Впервые разграничение микро- и макроэволюции ввел Ю.А.Филипченко [9]. Эволюция низших систематических единиц — одно, а эволюция родовых признаков — совсем другое. Для истолкования микроэволюции достаточно отбора, мутаций и рекомбинации. А о макроэволюции, по мнению Филипченко, мы пока ничего не знаем. Он исходил из глубинного принципа, что эволюция мира живых организмов, как всякой системы, происходит по общим канонам, *«управляющим развитием всякого целого, каково бы оно ни было»*. Целое развивается автогенетически, за счет внутренних причин. Развитие любого целого, *«будет ли такой системой зародыш, весь мир организмов, Земля как небесное тело, вся Солнечная система»* [9] определяют три рода факторов: самостоятельные, заключенные в самой системе (например, развитие яйцеклетки); зависимые частично от системы, частично от среды; внешние причины, лежащие вне системы. Подобное подразделение впервые ввел немецкий эмбриолог В.Ру. В идее автогенеза нет ничего мистического. Напротив, мало кому придет в голову искать основные причины развития хотя бы Солнечной системы вне ее самой, хо-

тя и при этом были, вероятно, посторонние причины второго порядка, лежащие извне.

Филипченко пришел к убеждению о специфичности факторов и механизмов макроэволюции. Общие, родовые, признаки закладываются в онтогенезе раньше видовых, они меньше подвержены изменчивости, и их генетический контроль должен быть иным, отличным от менделирующих генов. На основе собственных исследований по генетике количественных признаков и структуры колоаса у пшениц он заключил, что «родовые» признаки определяются не дискретными генами, а «плазмозом» — *«общей структурой белков протоплазмы, взятых в целом»*. Сферу макроэволюции, по Филипченко, составляют: особый материальный субстрат (упорядоченная организация яйцеклетки либо особого рода гены дифференцировки, отличные по характеру действия от обычных менделевских) и особые неदारвиновские механизмы эволюции признаков высших систематических категорий. Оба эти положения в определенной степени нашли подтверждение в современной генетике.

Гольдшмидт, развивая идеи Филипченко, ввел представление о системных мутациях и макромутациях. Первые он связывал с хромосомными перестройками, вроде тех, что вызывают эффект положения. Хромосома — целостная система, нарушения ее «полей» приводят к резким изменениям эмбрионального развития. Системная мутация, по Гольдшмидту, — это один или несколько актов, которые переводят работу генетической системы с одного режима на другой, влияя сразу на многие стороны онтогенеза и создавая новую видовую или родовую форму. *«Эволюция означает переход одной достаточно стабильной органической системы в другую, но также стабильную систему... Зародышевая плазма держит под контролем тип данного вида, регулируя процесс развития индивида... в соответствии с некоей постоянной программой... Эволюция, следовательно, означает создание измененного процесса развития, регулируемого измененной плазмой»*. Таким образом, Гольдшмидт уже в 1940 г. брал за основу понятия «система», «программа», которые вошли в обиход генетиков лишь спустя 25 лет, после работ Ф.Жакоба и Ж.Моно.

Онтогенетик Л.И.Корочкин детально аргументирует, что *«стройная концепция макроэволюции»* Гольдшмидта вполне созвучна современному пониманию связи онтогенетики с теорией эволюции [8]. Эта концепция включает следующие постулаты.

— Макроэволюция не может быть понята на основе гипотезы о накоплении случайных точковых мутаций. Она сопровождается реорганизацией хромосом и генома.

— Перестройки хромосом способны повлечь за собой фенотипический эффект.

— Этот эффект обусловлен реорганизацией систем межклеточных взаимодействий в процессе

онтогенеза и способен вызвать появление форм, резко отклоняющихся от видовой нормы, так называемых «перспективных монстров». Они могут быть преадаптированы к определенной нише и способны дать начало новым видам.

— Системная реорганизация онтогенеза реализуется либо через эффекты генов-модификаторов, либо на основе макромутаций, резко меняющих (в случае животных) ключевые этапы онтогенеза и эндокринно-гормональный статус (гомеостазные мутации, акромегалия, гигантизм, карликовость, безволосость и т.д.).

Метафоры иногда сильно способствуют пониманию, принятию и популяризации идей. В случае Гольдшмидта все было наоборот. Высказывалось сожаление, что *«красочный и емкий термин “перспективные монстры” породил резко отрицательное отношение к основному тезису Гольдшмидта о ведущей эволюционной мутации»* [5].

Вплоть до начала 1930-х годов Гольдшмидт полагал, что эволюция происходит главным образом путем накопления микромутаций и что, кроме этого, возможны мутации, влияющие на раннее эмбриональное развитие и вызывающие большие эволюционные изменения. Однако уже в 1932—1933 гг., обдумывая результаты своих исследований по географической изменчивости шелкопряда, он резко разграничил микро- и макроэволюцию, связав последнюю с действием особых «системных мутаций».

В главе «Эволюция и потенциалы развития» Гольдшмидт афористически поясняет, почему для истолкования макроэволюции необходимы прежде всего изменения, затрагивающие онтогенез: *«...Эволюция означает переход из одной стабильной системы в другую стабильную систему развития. Генетическая основа этого изменения — лишь одна сторона проблемы... Специфичность зародышевой плазмы состоит в ее способности породить систему реакций, онтогенез индивида... Эволюция, таким образом, означает образование определенного процесса развития, контролируемого изменениями зародышевой плазмы, и образование новой структуры зародышевой плазмы»* [2].

На множестве примеров Гольдшмидт показывает, что программа развития есть нечто целостное, она не сводится к взаимодействиям генов или геномному балансу. Сюда он относил и явление регенерации, *«внутреннее свойство и тенденцию эмбриональных клеток активно передвигаться и объединяться с другими клетками для образования новой ткани»* [1].

В поддержку идей Гольдшмидта зоолог-эволюционист Н.Н.Воронцов привел серию данных классической и молекулярной систематики. Один из наиболее ярких примеров — фиксация макромутаций, вызывающих онкогенный эффект у многих грызунов. У африканского хомяка *Mystromus*,



Теосинте, предполагаемый предок кукурузы. На врезке — початок теосинте.

азиатских роющих грызунов цокоров и других грызунов (африканских землекопов рода *Cryptomys*) Воронцов нашел в желудке ворсинчатый эпителий, полностью копирующий злокачественные новообразования при папилломатозе. Макромутация безволосости закрепилась как видовой признак у ряда видов из разных семейств млекопитающих [10].

Томский цитогенетик В.Н.Стегний, изучая географическую и экологическую изменчивость близких видов малярийных комаров, обнаружил, что хромосомы в ядрах генеративных клеток (яйцеклетки и питающих клеток) прикреплены к ядерной мембране в особых точках, образуя ядерную архитектуру. Характер расположения мембранно-хромосомных связей строго видоспецифичен. При полиморфизме по некоторым инверсиям в пределах вида, точки прикрепления хромосом к мембране ядра не меняют видовой рисунок. Так что по одной особи можно определить ее видовой статус. Мутационный переход с одной архитектуры на другую и может рассматриваться как гольдшмидтовская системная мутация [11].

Приведу удивительный пример макромутации у растений, в генетическом анализе которой мне довелось участвовать. Это доминантная мутация кукурузы «корнграсс» (*Corngrass*, *Cg*), или, в переводе, «кукурузная трава». Ее гетерозиготные носители *Cg/+* походят на травянистые растения предкового вида кукурузы — теосинте (рис.5). Число

стеблей у мутантов резко увеличено, укорочены расстояния между узлами стеблей, листья сильно удлиненны. Резко изменены репродуктивные органы: вместо соцветия-метелки образуются колоски, а женское соцветие-початок донельзя уменьшено. Подобное мутантное растение случайно обнаружил один энтомолог в кукурузном поле и принял его за загрязнение посева. Американский ботаник В.Синглтон, в 1951 г. впервые описавший эту мутацию, отметил, что облик растения изменен так, что даже специалист с трудом отнесет его к кукурузе (рис.6). Он справедливо назвал возникший вариант макромутацией по Гольдшмидту.

В 1962 г. генетик В.Н.Лысков, работавший в то время в Молдавии, обнаружил «кукурузную траву» в потомстве γ -облученной нормальной линии кукурузы. Мутантное растение при самоопылении порождало в ряду поколений целый спектр форм — от травянистых, типичных для вида теосинте, до почти нормальных. Был составлен подробный атлас этих форм, но характер их наследования оставался совершенно неясным. Степень проявления макромутации сильно варьировала, ее наследование не подчинялось привычным менделевским правилам (рис.7). После ряда лет длительного генетического анализа нами с генетиком Н.В.Кривым удалось установить определенные закономерности в этом хаосе [12]. Мы выяснили, что возникшая под действием облучения макромутация «корнграсса» произошла в другом



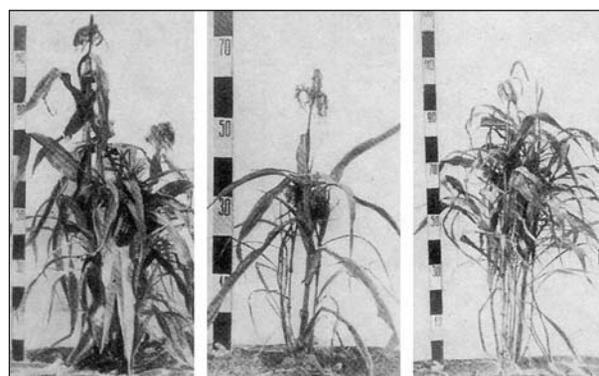
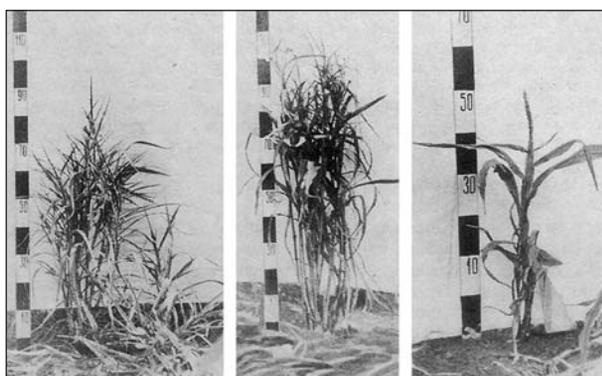
Кукурузное растение. На врезке — початок кукурузы.

гене *Cg2* и оказалась весьма нестабильна: в генеративных и соматических клетках происходили частые переходы к нормальным по фенотипу формам, а последние регулярно возвращались к исходной макромутации *Cg2*. Кроме того, проявление мутации и степень ее выраженности сильно зависели от генетической среды (генов-модификаторов).

Характер наследования *Cg2* был сходен с поведением нестабильных мутаций генов окраски растения и семян, изученных Б.Мак-Клинтон.

В самом начале 1950-х годов она впервые связала генную нестабильность с внедрением в район расположения данного гена одного из мобильных элементов. К середине 1980-х нестабильные мутации обнаружили у разных организмов, и почти все они были связаны с внедрением и последующими перемещениями того или иного мобильного элемента.

В случае с геном *Cg2* нам впервые пришлось изучать нестабильное поведение не рядовой мутации, вызывающей локальные изменения фор-



Разные проявления макромутации, превращающей кукурузу в многостебельное узколиственное растение с измененными соцветиями.

Фото Н.В.Кривова

мы или окраски органа (с ними в основном все работали), а макромутации, как бы переключающей ход всего развития с программы, свойственной одному виду, на программу его вида-предка. Было установлено, что мутации в обе стороны $Cg2 \leftrightarrow \langle + \rangle$ происходили и в генеративных, и в соматических клетках. В итоге возникали особомозаики, когда на фоне мутантного растения появлялись один или несколько полностью нормальных побегов. Или же, напротив, на фоне нормального по облику растения возникали ответвления типа «корнграсс». Удобство кукурузы для генетического анализа — возможность проводить и самоопыление, и перекрестное опыление отдельных побегов. Анализ потомства мозаичных растений показал: во-первых, мозаицизм вызван не какими-либо отклонениями в ходе развития, а именно мутационными переходами в гене $Cg2$. Во-вторых, на основе анализа был сделан важный вывод: у растений-мозаиков в ходе развития происходит выбор программы — быть побегу и всем его структурам мутантными или нормальными по фенотипу. Причем этот выбор судьбы определяется количественным соотношением клеток побега с генотипами $Cg2/+$ и $+/+$. Если доля клеток $Cg2/+$ выше 50%, фенотип побега с высокой вероятностью будет выглядеть как мутантный, если ниже, фенотип становится нормальным или близким к нему.

В 2007 г. американские генетики установили молекулярную природу гена $Cg1$ и характер его действия при развитии в норме и в случае мутаций [13]. У кукурузы в норме ген $Cg1$ кодирует синтез относительно короткой микроРНК (202 пары оснований). Она связывается с факторами транскрипции разных генов, ответственными за переключение развития с ювенильной фазы на взрослую. Продукт гена этой РНК обнаруживается в точках роста меристемы, инициальных клетках листьев и зародышевых клетках. У растений-носителей доминантной мутации $Cg1$ синтез регуляторной микроРНК резко повышен, что приводит к дисбалансу и задержке развития на ювенильной фазе (неотения). В итоге кукуруза развивается по программе теосинте. Авторы связывают эффект макромутации «корнграсс» с феноменом гетерохронии, когда происходит рассогласование во времени скорости развития того или иного органа. Отмечая важность этого явления в образовании новых видов, они ссылаются на работы выдающегося ботаника А.Л.Тахтаджяна, установившего, что неотения — частое явление в эволюции цветущих растений.

Именно Гольдшмидт одним из первых сделал акцент на подобного рода наследственные изменения, назвав их макромутациями. Остается добавить, что макромутация гена $Cg1$ оказалась по своей природе также инсерционной. В район промотора гена $Cg1$ встроился ретроэлемент *Stoner*, что и привело к усилению транскрипции

гена-хозяина и сверхвысокому уровню его продукта — регуляторной микроРНК. В случае $Cg2$ конкретная природа мобильного элемента, вызвавшего нестабильность, еще не установлена.

Стиль Гольдшмидта и институциональные аспекты неприятия его идей

Концепция Гольдшмидта, изложенная им в книге, вышедшей в 1940 г. в США, всерьез не обсуждалась и агрессивно отвергалась «с порога». Его время пришло спустя 40 лет: книгу переиздали в издательстве Йельского университета, где Гольдшмидт впервые в 1939 г. читал свои лекции. Палеонтолог-эволюционист С.Гулд приводит характерное свидетельство одного из американских биологов, относящееся к 1950—1960-м годам: «В университетских аудиториях имя Гольдшмидта звучало как род биологической шутки, и мы, будучи студентами, смеялись и покорно ухмылялись, чтобы показать, что мы невинновы в такого рода невежестве и ереси». Другой профессор вспоминал, что он в 60-е годы просто выбросил книжку Гольдшмидта, не читая, а затем не смог ее найти даже в библиотеке. В этой связи Гулд вспоминает роман Оруэлла «1984», где сходная фамилия «врага народа» Гольдштейн — была объектом ежедневных «двухминуток ненависти» [14].

Обсуждая вопрос, почему современники не восприняли эволюционные взгляды Гольдшмидта, Воронцов приводит два соображения: во-первых, гипотеза звучала слишком фантастично для своего времени, и, во-вторых, критика синтетической теории эволюции, столь бурно развивавшейся в США, со стороны эмигранта, зоолога немецкой школы, отторгалась по психологическим причинам [14].

Однако в определенной идейной изоляции находился не только Гольдшмидт. В таком же положении оказалась в начале 50-х годов Мак-Клинтон, выдвинувшая концепцию о подвижных контролируемых элементах, способных при встраивании в разные локусы регулировать их активность и вызывать перестройки хромосом. Поскольку материальный субстрат мобильных элементов был неизвестен, а их способность к прыжкам оставалась необъяснимой и мистической, общий скепсис к ее идеям сохранялся около 25 лет, несмотря на внешнее почитание. Взгляды Мак-Клинтон и Гольдшмидта в определенной степени пересекались. Она *«восхищалась его критической способностью и сохраняла сходный скептицизм по отношению к взглядам ее коллег, особенно в области эволюции»*. А Гольдшмидта в ее работе привлекал парадоксальный вывод: мутационные переходы могут быть вызваны не изменением внутри самого гена, а интеграцией в район его расположения другого элемента хромосомы. Транспозиция — один из видов перестройки.

В 1951 г. на симпозиуме «Теория гена» в Колд Спринг Харборе первым докладчиком был Гольдшмидт, вторым — Л.Стадлер (он отстаивал взгляды, что радиационные мутации генов есть результат микроделений), а третьим — Мак-Клинтон. Все три неортодоксальных генетика в той или иной степени оппонировали принятым взглядам и указывали на слабые места хромосомной теории наследственности. Тогда, в наступавшую эпоху молекулярной биологии, эту критику оставили без внимания как несущественную. Интерес генетиков переместился к расшифровке генетического кода и анализу действия гена на молекулярном уровне.

Агрессивность к взглядам Гольдшмидта в немалой степени усиливалась и стилем его высказываний. Порой он нарочито резко противопоставлял свои взгляды на пути и механизмы макроэволюции неodarвиновским концептам. «Я определенно разворошил осиное гнездо. Неодарвинисты реагировали яростно. В эти годы я считался не только сумасшедшим, но почти криминальным» [2]. Однако, когда гнездо ос разворошено, вряд ли стоит обижаться на их ответные укусы.

Я полагаю, что основная причина долгого неприятия идей Гольдшмидта состоит в регулярно повторяющемся в истории науки феномене, который условно можно назвать как «соблазн неполноты знания». Неполный концепт, разрешаю-

щий одну из проблем или ее часть, постепенно принимается большинством, пропагандируется социально активными авторитетами и затем приобретает статус полного знания, догмы. На институциональном уровне этот статус охраняется как миф. Концепты, нарушающие целостность мифа, подвергаются остракизму. Этот процесс происходит инвариантно в разное время и в разных социумах [4].

* * *

Итак, сегодня уже нет сомнений в том, что Рихард Гольдшмидт оказал сильное стимулирующее влияние на концептуальный ландшафт эволюционной биологии и генетики XX в. Он предложил оригинальную концепцию о хромосоме как сложной целостной морфофункциональной структуре и ввел представление об особом рода системных наследственных изменениях, затрагивающих всю программу развития и несводимых к изменениям отдельных локусов. Выдвинул идею об эволюции как о результате наследственных изменений, которые прежде всего затрагивают ход онтогенеза, протекающий по программе, специфичной для каждого вида. Наконец, Гольдшмидт выделил понятие макроэволюции как несводимое к процессам на уровне генетики популяций или микроэволюции [1]. Внушительный список концептуальных новаций! ■

Литература

1. Stern C. Richard Benedict Goldschmidt (1878—1958): a Biographical Memoir // *Controversial Geneticist and Creative biologist*, Birkhauser, 1980. P.69—99.
2. *Goldschmidt R. The Material Basis of Evolution*. N.Y.; L., 1940. (Reprinted edition. Introduction by St. Gould. New Haven, 1982.)
3. *Goldschmidt R. In and out of the Ivory Tower: The Autobiography of Richard.B.Goldschmidt*. Seattle, 1960.
4. Голубовский М.Д. Век генетики. Эволюция идей и понятий. СПб., 2000.
5. Рэфф Р., Кофмен Т. Эмбрионы, гены, эволюция. М., 1986.
6. Светлов П.Г. Физиология (механика) развития. Л., 1978. Т.1.
7. Dietrich M.R. Goldschmidt: Hopeful Monster and Other Heresies // *Nature Rev. Genetics*. 2003. V.4. №1. P.68—74.
8. Корочкин Л.И. Введение в генетику развития. М., 1999.
9. Филипченко Ю.А. Эволюционная идея в биологии. М., 1977.
10. Воронцов Н.Н. Развитие эволюционных идей в биологии. М., 1999.
11. Стегний В.Н. Эволюционное значение архитектоники хромосом как формы эпигенетического контроля онто- и филогенеза эукариот // *Генетика*. 2006. Т.42. №9. P.1215—1224.
12. Кривов Н.В., Голубовский М.Д., Лысков В.Н. Нестабильность макромутации «корнграсс» у кукурузы: модель и эксперимент // *Генетика*. 1993. Т.29. №1. С.99—112.
13. Chuch G., Cigan A.M., Saetern Haig S. the Heterochronous Maize Mutation Corngrass 1 Results from Overexpression of a Tandem microRNA // *Nature Genetics*. 2007. V.39. №4. P.544—549.
14. Gould S.J. The Uses of Heresy: an Introduction to Richard Goldschmidt's «The material basis of evolution» // *Goldschmidt R. The Material Basis of Evolution*. New Haven, 1982. P.XIII—XLIII.

Метановые газгидраты

Л.В.Тарасов,
кандидат физико-математических наук
Москва

Что такое газовые гидраты?

Существуют химические соединения, в которых молекулы одного вещества (его можно условно назвать «хозяином») образуют своеобразный ажурный каркас, в полостях которого находятся молекулы другого вещества («гостя»). Между молекулами «хозяина» и «гостя» действуют слабые ван-дер-ваальсовы силы, которые легко разрываются при нагревании соединения. Такие химические соединения называют клатратами — от латинского *clathratus*, означающего «защищенный решеткой».

К клатратам относятся, в частности, так называемые газовые гидраты. Здесь хозяин — кристаллическая решетка льда, а роль гостя играют молекулы того или иного газа — например метана CH_4 , этана C_2H_6 , сероводорода H_2S , хлора Cl_2 , диоксида углерода CO_2 и др. [1, 2]. Особый интерес вызывают газовые гидраты с метаном.

В структуре газгидрата молекулы H_2O образуют ледяной каркас в форме додекаэдра (правильного двенадцатигранника), внутри которого находится молекула метана. В додекаэдре угол между соседними ребрами составляет 108° , что близко к углу 105° между атомами кислорода и водорода в молекуле воды. Такие додекаэдры могут формировать пространственную решетку, схематически представленную на рис.1.

В общем виде состав газовых гидратов описывается формулой $\text{M} \cdot n\text{H}_2\text{O}$, где M — молекула газа-«гостя», а n — число молекул H_2O , приходящихся на одну включенную молекулу газа. В случае метановых гидратов $n = 5.75$, и формула имеет вид: $\text{CH}_4 \cdot 5.75\text{H}_2\text{O}$.

Внешне метановый гидрат напоминает спрессованный снег. Однако снег этот необычный. Он сохраняется лишь при пониженных температурах и повышенных давлениях. На рис.2 приведена фазовая кривая для гидрата метана. Область его существования находится ниже данной кривой. При переходе в область над ней газгидрат распадается на воду и метан. «Метановый снег» хорошо горит. Недаром его называют «горючим снегом» [3]. После сгорания остается лужица воды.

На фазовой кривой видно, что метановый гидрат может существовать и при положительных температурах, но при давлении выше 25 атм.

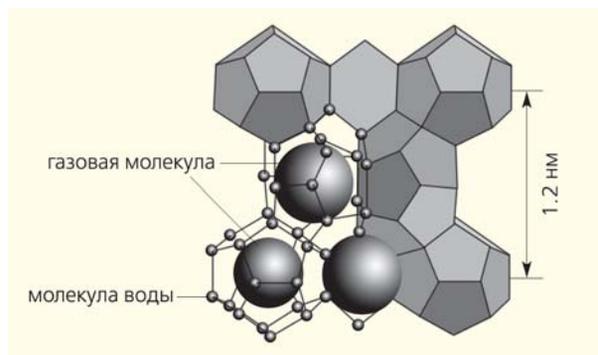


Рис.1. Схематическая пространственная решетка, образованная додекаэдрами молекул воды.

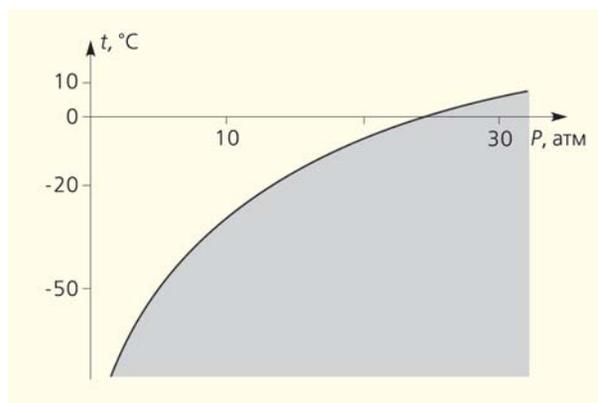


Рис.2. Фазовая кривая для гидрата метана. Область его существования выделена цветом.

Газовые гидраты в лаборатории и в природе

Первым исследователем, наблюдавшим в лабораторных условиях образование газовых гидратов, был английский химик Дж.Пристли (1733—1804). Он получил гидрат сернистого газа. Начало систематических исследований по химии газовых гидратов датируют обычно 1811 г., когда английский химик и физик Г.Дэви (1778—1829) сообщил о получении гидрата хлора в опытах по пропусканию хлора через воду, охлажденную до 0°C . В 1829 г. М.Фарадей приблизительно определил состав гидрата хлора и приписал ему формулу $\text{Cl}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. В 1840 г. немецкий химик Ф.Вёлер



Рис.3. Карта распространения скоплений метановых газгидратов.

(1800—1882) получил гидрат сероводорода и установил его состав: $\text{H}_2\text{S} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Клатратная природа газовых гидратов стала понята лишь спустя более века — после проведенных в середине 20-го столетия рентгено- и нейтроноструктурных исследований.

В 1940-х годах рядом российских ученых была предложена гипотеза о наличии в районах вечной мерзлоты природных газовых, главным образом метановых, гидратов. Особенно активно поддерживал эту гипотезу видный российский геолог И.Н.Стрижов (1872—1953). В те же годы возможность образования в вечной мерзлоте метановых гидратов предсказали академики А.А.Трофимук (1911—1999) и Н.В.Черский (1905—1994), открывшие ранее неизвестное свойство природных газов находиться при определенном соотношении давления и температуры в виде клатратов.

Метановые гидраты образуют месторождения не только в районах вечной мерзлоты, но и в осадках на дне морей и океанов [4]. Более того, именно там, на глубинах от 300—400 м, сосредоточены их основные запасы. Согласно современным оценкам, на шельфах (подводных окраинах материков) сосредоточено до 98% природных метановых гидратов нашей планеты, и лишь 2% приходится на долю суши с вечной мерзлотой. В придонных осадках каркасной основой гидратов служит, по сути дела, не обычный лед, а вода, которая под действием высокого давления (свыше 30 атм, что соответствует глубинам более 300 м) находится фактически в твердом состоянии, т.е. имеет молекулярную

структуру, весьма близкую к кристаллической структуре льда.

Впервые подводные метановые гидраты подняли со дна Черного моря в 1972 г. За последующую четверть века разведано большое количество месторождений газгидратов (рис.3). Они располагаются в прибрежной полосе морей и океанов. На суше в районах вечной мерзлоты гидраты обнаружены в России, Канаде, на Аляске. В 2007 г. образцы метановых гидратов подняли со дна Байкала.

Общие запасы природных метановых гидратов оценить трудно, во всяком случае содержание метана в них составляет не менее 10^{15} — 10^{16} м³. Это более чем на порядок превосходит все разведанные сегодня запасы горючего природного газа.

Топливо будущего?

При разложении одного кубометра газгидрата выделяется большое количество свободного метана. В пересчете на нормальные условия объем выделившегося газа составляет 164 м³. Если при этом учесть, что общее содержание метана в гидратах значительно превышает разведанные ресурсы природного горючего газа и нефти вместе взятых, то можно согласиться с распространенным сегодня мнением: в долгосрочной перспективе природные метановые гидраты могут стать топливом будущего. В пользу такого прогноза говорит также тот факт, что метановые гидраты залегают на морском дне вблизи материков и могут

оказаться доступными для всех стран, имеющих выход к морю.

Созданы и уже в течение ряда лет функционируют национальные газгидратные программы в Японии, США, Индии, Канаде. Активизируются исследования по разработке промышленных технологий добычи метановых гидратов с морских шельфов в Китае и Южной Корее. Появился и растет интерес к шельфовым месторождениям в Австралии, Великобритании, Германии, Италии, Малайзии, Норвегии, Турции, на Украине, во Франции и в Чили. Конгресс США выделил значительные средства на решение амбициозной задачи: сделать США в XXI в. мировым лидером в разведке и создании технологий освоения природных газовых гидратов. В «Российскую стратегическую энергетическую программу» включен раздел о нетрадиционных источниках природного газа, где существенная роль отведена ресурсам газа в гидратном состоянии.

Исследователи пришли к выводу, что газ должен переводиться из гидратного состояния в свободное непосредственно в месте залегания. Это можно осуществлять снижением давления, повышением температуры или введением в пласт растворов солей или спиртов.

В России (вблизи Норильска), а также в Канаде и на Аляске в США уже созданы первые установки по добыче гидрата метана из слоя вечной мерзлоты. В ряде стран сооружаются платформы с подводными установками для добычи газгидратов с морского дна. В качестве примера на рис.4 показана такая платформа, созданная недавно в Южной Корее.

Бомба замедленного действия?

Было бы, однако, неправильно рассматривать гидраты как безусловное благо для человечества. Бурение газовых и нефтяных скважин, строители газопроводов склонны рассматривать газовые гидраты как нежелательный фактор, с которым приходится бороться. Гидраты образуются внутри скважин и газопроводов, отлагаются на внутренних стенках труб. Чтобы это предотвратить, в газовые потоки вводят так называемые ингибиторы, например раствор CaCl_2 или метиловый спирт. Ингибиторы частично связывают воду и повышают давление, необходимое для гидратообразования при данной температуре, или же снижают температуру при данном давлении. Для предотвращения гидратообразования применяют также осушку газов [5].

Вместе с тем существует несравненно более серьезная опасность со стороны метановых гидратов. Она связана с глобальным потеплением [6]. Как известно, некоторые атмосферные газы активно поглощают инфракрасное излучение, испускаемое земной поверхностью, вследствие чего



Рис.4. Платформа с установкой, созданная в Южной Корее, для добычи метановых газгидратов с морского дна [3].

происходит нагревание земной атмосферы — парниковый эффект. Основные парниковые газы — углекислый газ, пары воды и метан. Активность метана в 20 раз выше, нежели углекислого газа, но, к счастью, концентрация в атмосфере в 400—500 раз ниже.

Сегодня глобальное потепление связано в основном с увеличением в атмосфере концентрации углекислого газа, обусловленным хозяйственной деятельностью человека. Парниковый эффект от метана составлял в середине прошлого века всего 6% по отношению к эффекту от углекислого газа. Однако сегодня он составляет уже 10%, а через 20 лет составит, по-видимому, не менее 20—25%.

Возрастание концентрации метана в атмосфере обусловлено тем, что в условиях глобального потепления происходит неконтролируемое разложение метановых гидратов в зонах вечной мерзлоты и на континентальных арктических шельфах [7]. По выражению некоторых журналистов, «потепление превращает Арктику в глобальную метановую бомбу».

Глобальное потепление, вызванное возрастанием антропогенных выбросов в атмосферу углекислого газа, инициирует высвобождение метана из гидратных месторождений. А это, в свою очередь, приводит к усилению парникового эффекта и, значит, к еще большему потеплению. Таким образом, возникает опасность развития самоускоряющегося процесса, грозящего нам существенным изменением климата на планете и глобальной катастрофой.

На первый взгляд, контролируемая добыча метановых гидратов с подводных шельфов сама по себе не внушает опасений, коль скоро добытый метан не поступает в атмосферу. Однако существует серьезная опасность того, что добыча гидра-

тов будет нарушать природную устойчивость континентальных и островных подводных склонов. А это может приводить к подводным оползням и обвалам, появлению подводных грязевых вулканов и, как следствие, к неконтролируемому выбросу метана в атмосферу. А чего можно ожидать, если начнется массовая добыча подводных метановых гидратов? Может быть, при этом человечество «выпустит джина из бутылки»?

Как известно, у всякой медали две стороны. С одной стороны, метановые гидраты действительно могут стать топливом будущего, а с другой — могут оказаться бомбой замедленного действия. Осваивая новейшие технологии, связанные с практическим использованием газовых гидратов, люди должны помнить об этом и проводить исследования с учетом как плюсов, так и возможных минусов. ■

Литература

1. Газовые гидраты / Под ред. В.А.Истомина // Российский химический журнал. 2003. Т.XLVII. №3.
2. Дядин Ю.А., Гуцин А.Л. Газовые гидраты. М., 1998.
3. Кэрролл Дж. Гидраты природного газа. М., 2007.
4. Леин А.Ю., Иванов М.В. Биогеохимический цикл метана в океане // Природа. 2010. №3. С.12—21.
5. Макогон Ю.Ф. Газовые гидраты, предупреждение их образования и использование. М., 1985.
6. Бялко А.В. Палеоклимат: дополнения к теории Миланковича // Природа. 2009. №12. С.18—28.
7. Shakhova N., Semiletov I., Salyuk A. et al. // Science. 2010. V.327. №5. P.1246—1250.

Бенгельский апвеллинг в четвертичное время

О.Б.Дмитренко, Н.С.Оськина,
кандидаты геолого-минералогических наук
Н.П.Лукашина,
доктор геолого-минералогических наук
Институт океанологии им.П.П.Шишова РАН
Москва

Долгое время исследователи основное внимание уделяли палеоокеанологическому изучению Северного полушария, в частности Северной Атлантики [1], где было установлено периодическое чередование теплых и холодных периодов; особенно контрастным оно было в последний миллион лет, когда происходила смена ледниковых и межледниковых эпох. Дальнейшее изучение четвертичного периода (последние 2 млн лет) показало, что аналогичные изменения палеотемператур шли и в Южном полушарии [2, 3]. До начала этапа глубоководного бурения четвертичные осадки (плейстоценовые и голоценовые) вскрывались ударными трубками, длина которых позволяла получать в основном верхнечетвертичные отложения. Благодаря бурению глубоководных скважин были вскрыты полные четвертичные разрезы,

включающие осадки и нижнего плейстоцена. Сохранившиеся остатки микроорганизмов, населявших в прошлом океан, дают возможность восстановить обстановку их жизни, а также понять, в каких придонных условиях происходило их захоронение. Важное значение для существования и расселения микроорганизмов имеют температура, соленость, поверхностные и глубинные течения, а для сохранения в осадках их скелетов — глубина захоронения и придонные течения. Предметом нашего исследования были раковины планктонных (живущих в толще воды) и бентосных (живущих у дна) фораминифер — одноклеточных животных (1—2 мм) и фрагменты сфер одноклеточных водорослей известкового нанопланктона — ультрамикроскопических кокколитов (5—12 мкм). Выбранный для исследования четвертичный разрез был интересен тем, что протекающие в данном регионе гидрологические процессы резко отлича-

ются от других районов Мирового океана наличием апвеллинга.

Занимая небольшие по площади акватории океанов, апвеллинги привлекают пристальное внимание исследователей как наиболее продуктивные регионы с пониженной на 4–6°C, по сравнению с характерной для данного географического пояса, температурой поверхностной воды. Осуществляющийся при апвеллинге подъем с глубины к поверхности океанических вод, обогащенных растворенными питательными веществами, ведет к обильному развитию планктона, вследствие чего в осадках происходит усиленное накопление органического вещества, кремнезема, фосфатов, а также растет скорость седиментации. Как правило, апвеллинги возникают под влиянием пассатов, вызывающих вдольбереговые течения, направленные к экватору и отклоняющиеся на запад. В эпоху оледенений как в атмосфере, так и в океане возросли градиенты температур в меридиональном направлении, что должно было усиливать мощность апвеллингов.

Среди наиболее протяженных зон апвеллинга выделяются районы вдоль западного побережья Африки. В районе Китового хребта, где отмечена максимальная продуктивность вод, апвеллинг связан с динамикой холодного Бенгельского течения, которое в настоящее время определяет подъем к поверхности антарктической промежуточной воды. История этого течения отражена в материалах, полученных по результатам изучения

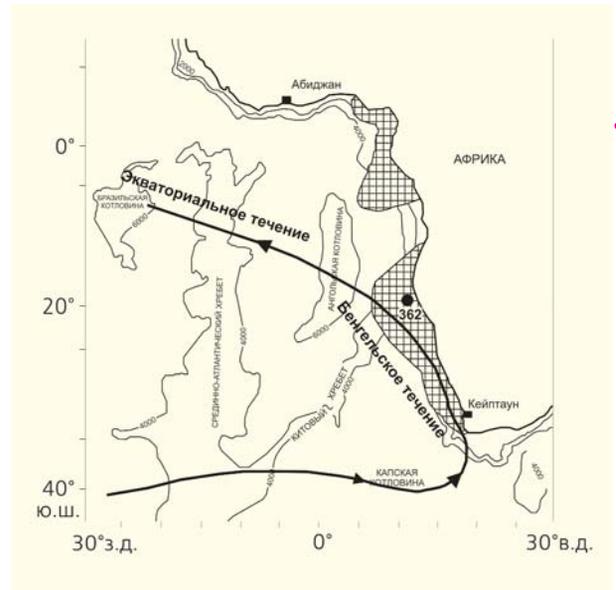
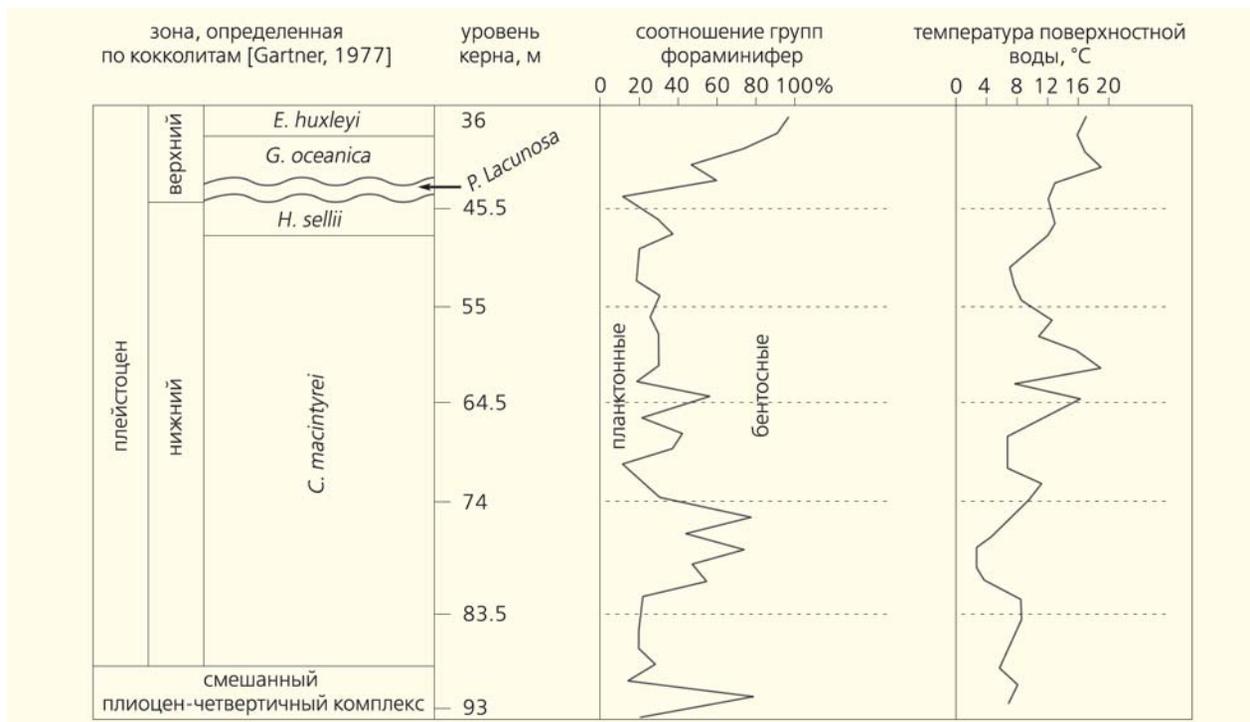
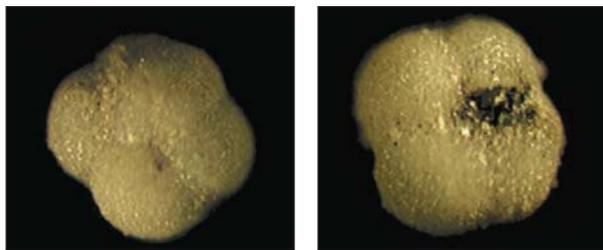


Схема расположения скважины DSDP362 в Южной Атлантике (зоны апвеллинга заштрихованы).

кернов, поднятых буровыми судами «Гломар Челленджер» (40-й рейс) и «Джоидес Резолюшн» (75-й рейс). Из них следует, что апвеллинги существовали в Атлантическом океане уже 10 млн лет назад. В настоящее время среднегодовая температура в районе Бенгельского апвеллинга на 8–9°C



Соотношение планктонных и бентосных фораминифер и восстановленные по планктонным фораминиферам температуры поверхностной воды в четвертичное время (разрез скважины 362).



Раковина планктонной фораминиферы *Neoglobobulimina pachyderma* sp. со спинной (слева) и брюшной стороны.

ниже современной среднеширотной, а в позднем плейстоцене, во время максимума оледенения, эта разница возрасла до 11–12°C [2, 3].

Скважина 362, пробуренная по программе DSDP (Deep Sea Drilling Program) в 40-м рейсе «Гломар Челленджера», расположена на плато Абутомент в отрогах Китового хребта при переходе к континентальному склону Южной Африки (19°45'45"ю.ш., 10°31'95"з.д.). Глубина заложения скважины 1325 м. Ею вскрыт мощный разрез плиоцен-четвертичных осадков, которые представляют собой илы, содержащие раковины планктонных и бентосных фораминифер, а также нанофоссилии. Их изучение дало возможность прояснить историю развития апвеллинга: определить изменения поверхностной температуры воды, реконструировать палеопродуктивность района, динамику Бенгельского течения в четвертичное время.

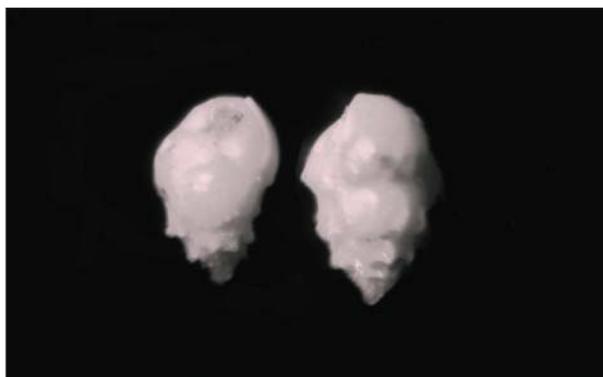
По нанофоссилиям были детально стратифицированы осадки и выделено пять стратиграфических подразделений нижнего, верхнего плейстоцена и голоцена. Реконструированные по планктонным фораминиферам палеотемпературы колеблются от 17–19°C сверху разреза скважины до 2–3°C — внизу. Наиболее богатые по видовому разнообразию комплексы планктонных фораминифер (21–23 вида) характерны для верхнего плейстоцена. Они представлены как тепловодными видами, принадлежащими экваториально-тропической, тропической и субтропической группам, так и холодноводными, относящимися к уме-

ренной и полярной группам. Доминируют умеренные виды; соответствующие им температуры поверхностной воды достигают 17–19°C.

Вниз по разрезу отмечены резкие изменения в разнообразии и структуре комплексов планктонных фораминифер, а восстановленные по ним палеотемпературы показывают тенденцию к постепенному снижению. Раннечетвертичные комплексы сильно отличались от современных и позднечетвертичных: они включали всего четыре-пять видов, среди которых численность полярного вида *Neoglobobulimina pachyderma* sp. достигала 97%, при этом полностью отсутствовали субтропические, тропические и экваториально-тропические представители. В настоящее время такие комплексы встречаются в высоких широтах Арктики и в приантарктических районах, но ведь полигон исследований расположен на 19–20°ю.ш., в пределах тропического пояса! Чем могло быть вызвано появление в нижнечетвертичных осадках этого района столь аномально холодноводных комплексов? Оказалось, что реконструированная для того времени температура воды составляла всего 2–5°C. Ныне такие низкие температуры в районе скважины встречаются на гораздо большей глубине.

Нижние границы водных масс в Южной Атлантике на широте скважины (20°ю.ш.) расположены на глубинах: поверхностной воды — 150 м, пограничного слоя — 300 м, промежуточной — 1300 м, глубинной — 3800 м, еще ниже располагается антарктическая придонная вода [4]. По данным того же автора, температура воды в этом районе составляет на глубинах: 200 м — 14.1°C, 150 м — 16.5°C, 350–400 м — 9°C, 500 м — 7.6°C, 700–750 м — 5°C, 900 м — 4°C, 2300 м — 3°C, 4000 м — 2°C [5]. Следовательно, реконструированная низкая температура свидетельствует о том, что в раннечетвертичное время вода поднималась с больших глубин — возможно, с глубины более 1 км.

Результаты изучения бентосных фораминифер подтверждают это предположение. Если в верхне-четвертичных осадках в комплексах бентосных фораминифер доминирует род *Bulimina*, то в ниж-



Бентосные фораминиферы: *Bulimina marginata* (слева) и *Uvigerina peregrina*.



Кокколиты (слева направо): *Calcidiscus macintyreii*, *Helicosphaera carteri*, *Coccolithus pelagicus*.

нечетвертичных преобладает род *Uvigerina*. Резкая смена доминирования объясняется сменой придонных условий и более западным, чем в настоящее время, положением Бенгельского течения. По всему разрезу доминируют бентосные фораминиферы, толерантные к дефициту кислорода, однако в нижнем плейстоцене преобладают увигерины, а в верхнем — булимины, что говорит об изменении условий осадконакопления на границе раннего и позднего плейстоцена. По данным [1], булимины — это мелководные виды, тогда как увигерины более глубоководны. В ледниковые периоды позднего плейстоцена *U.peregrina* была больше распространена в осадках Атлантического океана (на глубинах от 1200 до 4200 м в западной части и от 1200 до 3400 м — в восточной), чем в межледниковые [7]. Связано это было с сокращением формирования североатлантической глубинной воды и ее замещением высокопродуктивной промежуточной водой с низким содержанием кислорода. Эта вода была похожа на современную антарктическую циркумполярную промежуточную воду, которая распространена на глубинах ниже 2000 м [8].

Преобладание булимин в верхней части разреза совпадает с увеличением концентрации планктонных и бентосных фораминифер. Вероятно,

в конце нижнего плейстоцена холодное Бенгельское течение стало сдвигаться к востоку, приближаясь в верхнем плейстоцене к своему нынешнему положению. Исходя из того, что в осадках нижнего плейстоцена увеличивается доля крупных кокколитов и бентосных фораминифер (в соотношении планктонные / бентосные фораминиферы), можно говорить о притоке более холодных глубинных вод, которые растворяют менее устойчивые раковины планктонных фораминифер, или же о поступлении в осадок большего количества органического вещества, что связано с повышенной продуктивностью Бенгельского апвеллинга.

Таким образом, исследование микрофоссилий позволяет предполагать непрерывное существование Бенгельского апвеллинга на всем протяжении плейстоцена с тенденцией снижения его активности и сокращения площади. Наличие аномальных комплексов планктонных и бентосных фораминифер позволило зафиксировать весьма своеобразные для раннего плейстоцена, необыкновенно холодноводные, условия, не встреченные ни в одном другом районе. Такие условия свидетельствуют о циркуляции вод, резко отличной от современной, о более глубинном и интенсивном подъеме вод к поверхности и более западном положении Бенгельского течения. ■

Литература

1. Лукашина Н.П. Палеоокеанология Северной Атлантики в позднем мезозое и кайнозое и возникновение современной термогалинной океанской циркуляции по данным изучения фораминифер. М., 2008.
2. Оськина Н.С. Неоген-четвертичная палеоокеанология Атлантического океана (по планктонным фораминиферам). Дисс. ... канд. геол.-мин. наук. М., 1987.
3. Оськина Н.С. Изменения значения температуры поверхностной воды Мирового океана в позднем плейстоцене // Океанология. 2005. №5. С.776—779.
4. Степанов В.Н. Мировой океан. М., 1974.
5. Степанов В.Н. Океаносфера. М., 1983.
6. Giraudeau J. Planktonic Foraminiferal Assemblages in Surface Sediments from the Southwest African Continental Margin // Marine Geology. 1992. V.110. P.47—62.
7. Streeter S.S., Shackleton N.J. Paleocirculation of the Deep North Atlantic — Glacial-Interglacial Contrasts // Quat. Res. 1973. V.3. P.131—141.
8. Petersen L.C., Lobman G.P. Major Change in Atlantic Deep and Bottom Waters 700 000 Years Ago: Benthonic Foraminiferal Evidence from the South Atlantic // Quat. Res. 1982. V.17. P.26—38.

Астроблемовидные озера — загадка московского региона

М.П.Жидков, В.Вад.Бронгулеев,

кандидаты географических наук

А.Г.Макаренко

Институт географии РАН

Москва

Вести из экзотической

Некоторое время назад при работе с детальными топографическими картами Московской обл. мы обратили внимание на необычное для Русской равнины озеро, лежащее в 10 км к юго-востоку от станции Раменское. Оно находится на вершине очень пологой возвышенности, имеет округлую форму и окружено невысоким валом, т.е. похоже на маленький пологий вулканический конус с кратером или на метеоритный кратер. Наше первое предположение было таково: это старый песчаный карьер, окруженный отвалами, или старинный копаный пруд. Однако после того как мы обнаружили это озеро на картах XVIII в., где оно называется Белым (а сейчас Красным), сомнения в его естественном происхождении отпали. В самом деле, 200 с лишним лет назад выкопать такой крупный водоем было делом затруднительным. Деревня, расположенная на его берегах, именно на окружающем его валу, сохранила свое старое название Белозериха. Как такое озеро могло образоваться? Заинтригованные, мы поехали на оз.Красное, благо оно недалеко от Москвы, и убедились, что окружающий его вал действительно существует, имеет естественное происхождение и внешне сходен с валом метеоритного кратера.

После знакомства с соответствующей литературой оказалось, что происхождение

оз.Красного, как и большинства глубоких озерных котловин Московского региона, не всегда понятно. Кроме пойменных и реликтовых термокарстовых, на этой территории выделяют еще три генетические группы озер — моренно-ледниковые, водно-ледниковые зандровых равнин и карстовые. Многочисленные небольшие округлые озерные и болотные котловины Мещеры, скорее всего, имеют термокарстовое происхождение.

Сходство котловины оз.Красного с метеоритным кратером заставило нас обратить внимание и на эти объекты. Геоморфологические исследования метеоритных кратеров немногочисленны, однако геологические, астрономические и физические аспекты их образования изучены детально [1]. По некоторым оценкам [2] на территории России и сопредельных стран должно существовать не менее 1 тыс. астроблем диаметром свыше 1 км и возрастом не более 1 млн лет. Соответственно, кратеров меньшего диаметра должно быть еще больше. По данным лаборатории метеоритики Института геохимии и аналитической химии им.В.И.Вернадского (ГЕОХИ) РАН [3], в нашей стране известно лишь 18 сохранившихся в рельефе или в геологической структуре достоверных и предполагаемых метеоритных кратеров, причем самых разных размеров и возрастов. Другими словами, подавляющее большинство таких интересных и важных объектов, как метеоритные кратеры, до сих пор не выявлено и не изучено.

Озеро Красное

Естественно, мы решили провести геоморфологическое обследование оз.Красного, а также выяснить, имеются ли другие сходные с ним котловины. В Московской обл. известно озеро, метеоритное происхождение которого в определенной мере обосновано — это оз.Смердячье в Шатурском р-не, почти правильной круглой формы, диаметром 350 м, глубиной 31 м [3]. Его окаймляет вал высотой до 1.5 м. Диаметр котловины по гребню вала 500 м. К окружающей озеру равнине вал снижается очень полого, а к озеру обращен более крутым склоном. На берегах водоема найдены минералы, которые, по данным специалистов ГЕОХИ, имеют импактное (взрывное) происхождение, что и свидетельствует о вероятном его метеоритном происхождении [3, 4].

Озеро Красное во многом похоже на оз.Смердячье. Оно имеет изометричную, слегка сердцевидную форму, вытянуто с севера на юг на 340 м, с запада на восток — на 320 м. Зеркало воды находится примерно на уровне окружающей равнины. Озеро со всех сторон окружено пологим, но четко выраженным валообразным поднятием максимальной высотой до 5 м и шириной до 250 м. Внешние склоны вала, обращенные к окружающей рав-

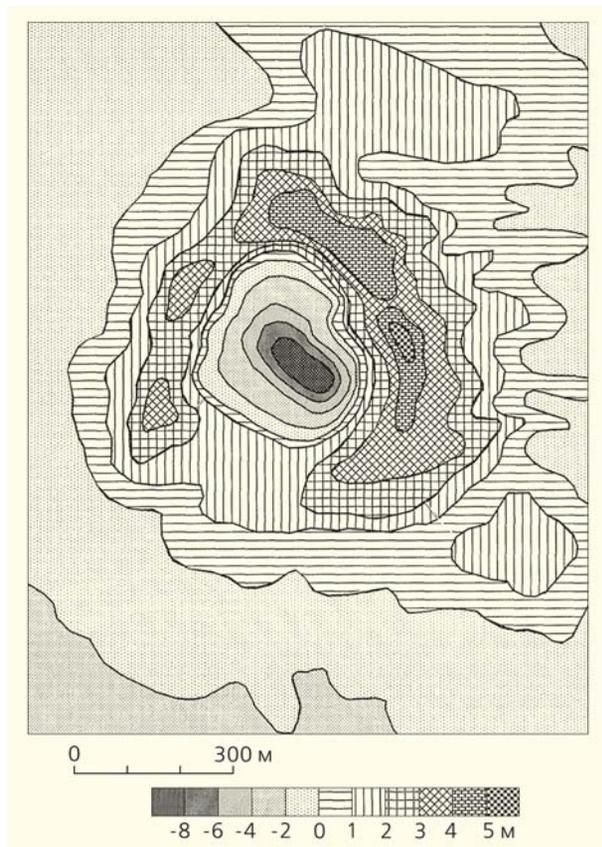


Схема рельефа котловины и валов оз.Красного (шкала высот относительно уреза озера).

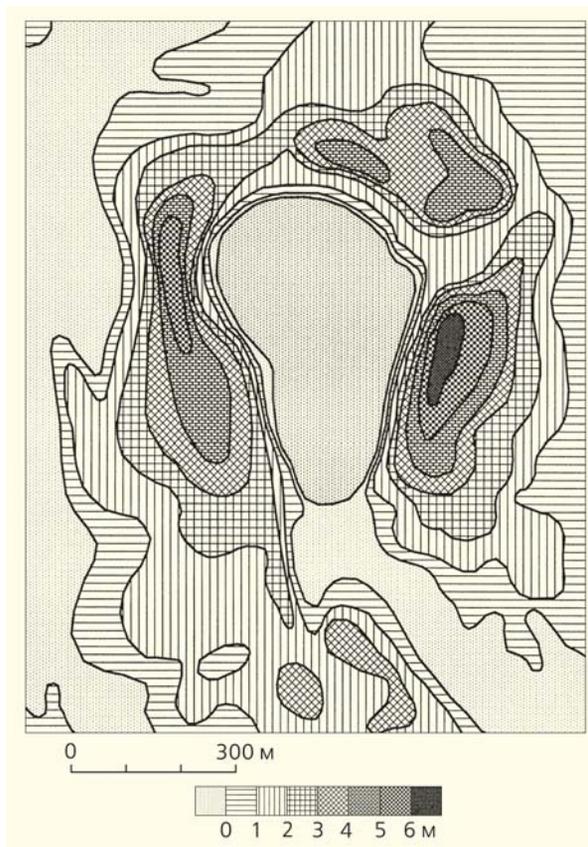


Схема рельефа валов котловины оз.Данилище (шкала высот относительно уреза озера).

нине, очень пологие, внутреннее — гораздо круче. На юге вал почти разорван, а западная его часть менее выражена, чем восточная. За периферией вала, на равнине, расположено около десятка небольших бессточных западин, занятых озерами. Глубина оз.Красного, по нашим промерам, достигает 10 м.

Сопоставим морфологию котловины оз.Красного с типичными параметрами метеоритного кратера близкого размера. Известно, что отношение глубины кратера (от гребня вала до дна котловины) к его диаметру составляет 0.10—0.12 [3]. Отдельные выбросы брекчий могут располагаться вне кратера на удалении двух радиусов, но основная масса лежит вблизи его, на удалении до одного радиуса. Взрыв метеорита в однородной породе образует круглый кратер — такую форму имеет большая часть

астроблем. Кратеры более сложной формы возникают в результате падения метеорита под острым углом к поверхности, а также под влиянием особенностей строения рельефа местности и ее тектоники. Например, знаменитый кратер Аризона (США) по своим очертаниям в плане напоминает квадрат, что связано с ранее существовавшей здесь системой трещин в отложениях. Присутствие воды в породах может существенно повлиять как на морфологию кратера, так и на характер ударного метаморфизма, уменьшив объем оплавленного материала.

Как мы уже отмечали, котловина оз.Красного не строго круглой формы. Диаметр по гребню вала составляет 450—500 м. Глубина метеоритного кратера такого диаметра должна бы составлять примерно 50 м, а измеренная в настоящее время

не превышает 15 м. Высота вала метеоритного кратера должна бы доходить почти до 20 м, а достигает только 5 м. И только ширина вала озера (около 250 м) соответствует ширине предполагаемого метеоритного кратера. Указанные различия, однако, не могут опровергнуть гипотезы метеоритного происхождения, потому что вал мог быть существенно эродирован, даже за очень короткое время, а котловина в значительной мере заполнена молодыми отложениями, мощность которых неизвестна. Котловина образовалась в несцементированных песках, преимущественно слагающих окружающую террасовую равнину и вал. Пески очень легко размываются и переносятся ветром, возможно поэтому вал западной окраины котловины ниже восточной (западный перенос в умеренных широтах). Значи-



Озеро Красное.

Здесь и далее фото М.П.Жидкова

тельная часть этого же песка могла оказаться и в озерной котловине.

Максимальная глубина экскавации пород (с которой они были выброшены взрывом) гораздо меньше, чем максимальная глубина кратера, за счет вдавливания пород под действием того же взрыва. Предполагаемая глубина котловины кратера оз.Красного от исходной поверхности должна составлять 30 м (50 м общей минус 20 м высоты вала). Соответственно глубина экскавации пород должна быть меньше 30 м; возможно, именно поэтому мы не встречаем на поверхности вала следов юрских глин, которые здесь могут залегать на глубине 20 или более метров.

Наиболее надежное доказательство метеоритного происхождения кратера — метеоритное вещество в его субстрате или импактные (образовавшиеся при взрыве) минералы. Из мелких шурфов с поверхности вала оз.Красного был собран

магнитный материал. Химический анализ показал присутствие в нем обычного в целом набора оксидов и микроэлементов. Характерное для железных метеоритов повышенное содержание никеля и ряда других элементов не найдено. Для обнаружения следов каменного метеорита необходим специальный минералогический анализ образцов, который пока не сделан.

Рассматривались и другие версии происхождения котловины оз.Красного и его вала. Карстовый провал, окруженный валом, трудно себе представить. Ледниковое происхождение тоже отпадало, поскольку котловина образовалась на аллювиальной террасе Москвы-реки, заведомо более молодой, чем последний ледниковый покров этого района. Однако обращает на себя внимание положение озера в краевой зоне московского оледенения и в перигляциальной зоне валдайского. В поздневалдайскую эпоху фаза наибольшего похолодания приходилась

на интервал 23—17 тыс. лет назад, когда во внеледниковой части Восточно-Европейской равнины существовала многолетняя мерзлота, а условия были сходны с теми, что наблюдаются ныне на северо-востоке Сибири и на Аляске. Именно с такой перигляциальной обстановкой можно связать происхождение большинства озерных котловин московского региона. Реликтовые криогенные формы рельефа центральной части Восточно-Европейской равнины типичны для низменных районов, где в ледниковые эпохи имела место значительная льдистость пород. Здесь встречаются единичные слабовыраженные кольцеобразные валы диаметром 75 м и более — вероятные остатки многолетних бугров пучения, называемых булгуньями или пинго — крутосклонных бугров с ледяным ядром [5]. Мещерская низменность (левобережье Москвы-реки и Оки), в пределах которой расположено озеро, как раз и является областью развития ре-

ликтовой криогенной морфоскульптуры, к которой относятся и известные здесь крупные термокарстовые западины и озера.

Если допустить принадлежность котловины оз.Красного к реликтовым криогенным формам рельефа, она может быть отнесена, скорее всего, к типу разрушенных пинго. При развитии бугра пучения происходит частичное перемещение материала из центральных его частей к периферии. Это происходит за счет сползания и смыва материала, прикрывающего ледяное ядро, а также некоторого выжимания пород в стороны при формировании ледяного ядра. Заключительная стадия разрушения пинго — появление округлого мелководного озера (или заторфованной впадины), окруженного валом. Такие формы типичны для зоны современной мерзлоты, но много их выявлено и в районах, принадлежавших ранее перигляциальным областям. Например, в Арденнах (Бельгия, Франция, Люксембург) известно более 100 подобных озер, большинство из которых начало деградировать около 10 тыс. лет назад.

Существование оз.Красного буквально на вершине холма заставляет предполагать, что его уровень поддерживается источником подземных вод, связанным с какими-то особенностями строения коренных пород. В позднеледниковое время в криогенных условиях этот источник мог формировать крупный инъекционный бугор, реликтом которого и стал окружающий озеро вал. Размеры котловины несколько превышают обычные для пинго (100—400 м), хотя среди последних встречаются и вполне сопоставимые по масштабам. Например, в бассейне р.Кручины в центральном Забайкалье описано озеро, возникшее в результате разрушения гидролакколита и имеющее сходные с оз.Красным характеристики: округлую форму (диаметр 200—250 м), глубину 8,5 м, конусовидную озерную ванну.

Время образования котловины оз.Красного можно определить лишь приблизительно. Она расположена на II надпойменной террасе р. Москвы, на высоте около 20 м над урезом реки. Возраст террасы оценивается в 90—130 тыс. лет. Погребенные почвы на периферии вала, которые позволили бы определить возраст и природные условия времени его образования, не были встречены до глубины 80—100 см. Однако и при гораздо более детальном исследовании кратера Илуметсе в Эстонии они не были обнаружены — предполагается, что они были разрушены во время удара метеорита [6]. В случае криогенного происхождения озера, связанного с мерзлотными процессами, время его образования может находиться в интервале 23—17 тыс. лет назад.

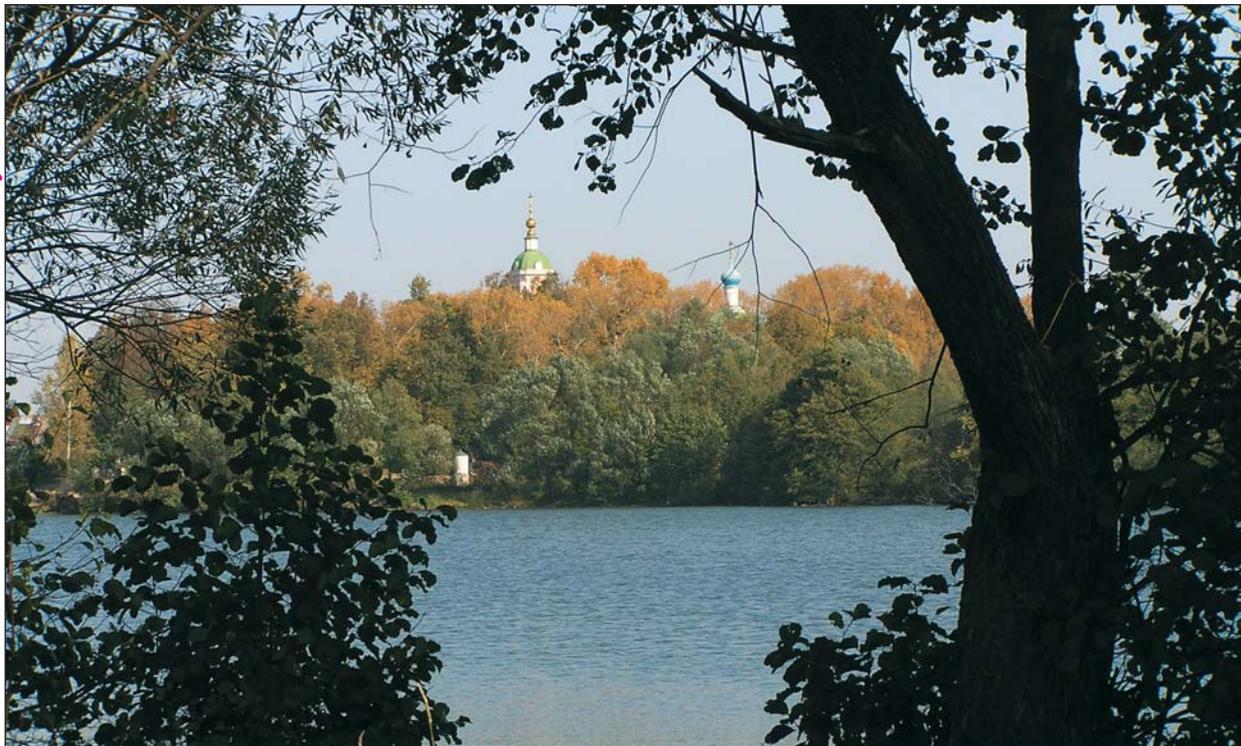
Решение задачи о происхождении оз.Красного стало казаться еще более интересным и актуальным, когда в результате анализа картографических материалов, космических изображений и нескольких полевых маршрутов мы обнаружили в московском регионе более двух десятков кратероподобных озерных котловин, обрамленных валами. К этому времени работы по исследованию таких озерных котловин были включены в тематику лаборатории геоморфологии Института географии РАН, а группа энтузиастов, исследующих эти озера, расширилась до 10 человек. Заметим, что в Мещере насчитывается более 2 тыс. озер и лишь очень небольшая их часть имеет котловины специфической формы, которые за сходство с метеоритными кратерами были определены нами как особый морфологический тип — астроблемовидные озерные котловины.

В последние годы разными исследователями было высказано предположение, что в центре европейской части России метеоритное происхождение имеют несколько водоемов. В Московской обл. — озера Смердяче,

Лемешинское и Карповское (Власовское) [3, 4, 7]. В Калужской обл. — метеоритная котловина оз.Озерки [8]. В Ярославской обл. выделяют три котловины, обрамленные валами и частично занятые водами Рыбинского водохранилища, так называемые структуры Тимохино, Осиновка и Язино, относимые к метеоритным кратерам [9]. В Горьковской обл. возможными метеоритными кратерами считают легендарное озеро Светлояр и оз.Нестиар [10]. На берегах озер Светлояр, Лемешинского и Карповского недавно были обнаружены импактные минералы [7, 10], что дает серьезные основания для того, чтобы считать эти котловины метеоритными. Необходимо заметить, что многие авторитетные геологи [11] относят большинство кратеро-видных форм, как сохранившихся на поверхности Земли, так и погребенных, к структурам эндогенного генезиса (образованным тектоническими процессами в земной коре). Даже котловина оз.Эльгыгытгын (на Чукотке), имеющая все характерные для метеоритного кратера черты и довольно хорошо сохранившаяся в рельефе, рассматривается одними исследователями как астроблема, а другими — как эндогенная структура, причем аргументация и тех и других вполне убедительна.

Озера Данилище и Озерки

Несколько озер с астроблемовидными котловинами, обнаруженных нами в московском регионе после знакомства с оз.Красным, удалось посетить и обследовать. Озеро **Данилище** на картах XVIII в. называется Данилищево. Оно находится в 7 км к северу от станции Павловский Посад. Озеро расположено на левобережье р.Клязьмы, в 3,5 км от русла, на высоте 16,5 м над урезом, на III террасе (возраст 130—180 тыс. лет), сложенной верхнечетвертичными песками с гравием и галькой мощностью



Озеро Данилище.

до 5 м. Под ними залегают валунные суглинки и супеси днепровского оледенения мощностью около 10 м. Еще ниже — нижнемеловые пески и верхнеюрские черные глины. Мощность юрских глин составляет около 10 м, нижнемеловых песков — столько же. Глубже 20–30 м залегают известняки.

Озеро вытянуто в субмеридиональном направлении на 570 м при ширине до 400 м. Максимальная глубина, по нашим промерам, 17,4 м. Озерная депрессия окружена четко выраженным валом (шириной до 250 м, максимальная высота над озером и над окружающей равниной 9 м). На севере вал несколько снижается (до 4–5 м), на юге прорезан заболоченной долиной (100–150 м шириной), по которой временами происходит сток из озера, а на северо-востоке — овражком впадающего в него ручья. Несколько бессточных котловин, занятых небольшими озерками, расположено по периферии вала, который сложен песчаным матери-

лом, на его поверхности часто встречаются россыпи щебня и мелких валунчиков. На самой высокой восточной части вала, вблизи гребня, под слоем почвы найдены крупные комья глинистой морены, характерной для московского оледенения, и чистого желтого песка.

Рукотворное происхождение озерной котловины и вала отпадает, как и в случае оз. Красного. В северо-восточной части вала расположены церковь Рождества Христова и кладбище. По берегам впадающего в озеро ручья на валу находятся следы селищ XI–XIII и XIV–XVII вв. с остатками «Данилищевой слободки», упоминаемой в духовной грамоте Ивана Калиты (около 1339 г.). На кладбище возле церкви есть несколько плоских грубообработанных валунных надгробий, вероятно, конца XIV–XV вв. Это дополнительное доказательство естественного происхождения котловины озера и валов (помимо самой их формы и размеров). Водоем отмечен на картах XVIII в.

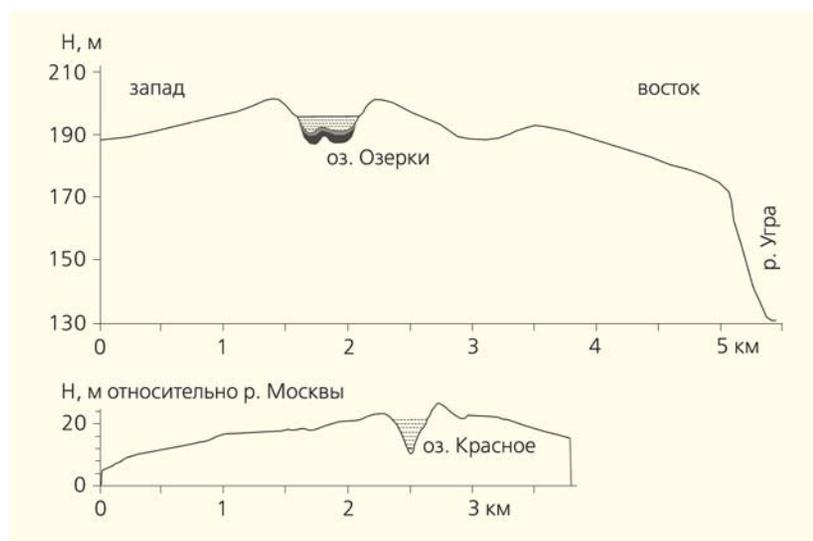
Очевидно, что это не остатки карьеров XX в., столь распространенных в окрестностях Павловского Посада.

Нами были отобраны и частично проанализированы образцы материала валов оз. Данилище. Как и на оз. Красном, в образцах следов железного метеорита не обнаружено.

На севере Калужской обл. к астроблемовидным относятся котловины озер Озерки и Бездон. Озеро **Озерки** находится примерно в 11 км к востоку от г. Юхнова, на территории национального парка «Угра». Оно было известно нам по работам геофизиков Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, а оз. Бездон упоминалось в их публикациях как близкое по размерам к оз. Озерки. Последнее привлекло их внимание необычной кратероподобной формой своей котловины. После детального геофизического обследования озера И. Н. Модин и его коллеги высказали предположение, что оно могло возникнуть в резуль-

тате падения метеорита [8]. По нашим данным, некоторые особенности морфологии и геологического строения подтверждают такую гипотезу, другие противоречат ей.

Озеро Озерки расположено на правом, коренном, берегу р. Угры, на абсолютных высотах около 200 м, или почти 70 м над урезом реки. Обрамляющий вал выражен менее определенно и представлен серией невысоких (до 5–10 м) холмов поперечником до 200–400 м, осложняющих моренную возвышенность и окружающих с запада и северо-востока котловину озера. К водоему они обращены крутыми склонами, а к периферии плавно снижаются. К югу и юго-востоку над озером поднимается почти плоская в этом месте поверхность моренной возвышенности. Водоем округлый, диаметром 450–550 м и глубиной до 6,5 м. Приблизительный диаметр котловины по гребню вала 700–800 м. Рек и ручьев, впадающих в озеро, нет. Дно его, по данным геофизических исследований, проведенных сотрудниками геологического факультета МГУ, высти-



Профили через озера Озерки и Красное. На профиле оз. Озерки показаны озерные отложения: дно выстилает слой сапропелевых илов мощностью около метра (светло-серый цвет), ниже залегают консолидированные осадки — предположительно обводненные пески с небольшой примесью глинистого материала (темно-серый цвет) [8].

ляет слой сапропелевых илов мощностью около 1 м, ниже которых до глубин 10–14 м от уреза воды залегают консолидированные осадки — предположительно обводненные пески с небольшой примесью глинистого материала. Общая макси-

мальная мощность озерных отложений достигает примерно 7–8 м [8], т.е. возможная глубина котловины от гребня вала до дна (без отложений) менее 20 м. На дне озера и в рельефе коренных пород выделяется центральное поднятие, что встречается у ме-



Округлая котловина оз. Озерки напоминает метеоритный кратер.

теоритных кратеров, хотя оно имеет не очень типичное для них положение и очертания. Примерно в полукилометре к северо-западу от оз.Озерки, уже за внешним скатом вала, есть небольшая заболоченная округлая котловина, окруженная валообразным поднятием. Вторая астроблемовидная котловина неподалеку от первой делает картину сходной с известными метеоритными кратерами (Эльгыгытгын на Чукотке, Мораско в Польше, Каали в Эстонии и др.), где основной кратер сопровождается одним или несколькими меньших размеров.

По гипотезе А.Н.Маккавеева [12] оз.Озерки и небольшая соседняя котловина могут быть отнесены к карстово-суффозионным формам, поскольку геофизические исследования показывают, что под этими озерами коренные породы представлены раздробленными известняками. В сочетании с данными о проницаемости дна и наличием

бессточных западин в окрестностях это говорит в пользу карстовой гипотезы происхождения котловины. Однако положение на водораздельной возвышенности и моренный субстрат (плотные глинистые породы) не благоприятствуют образованию карстовых провалов. Наличие холмов, хотя и не образующих четко выраженного вала, но окружающих котловину, также не объясняется карстовой гипотезой.

К реликтовым криогенным формам рассматриваемые котловины тоже сложно отнести. Озеро Озерки и соседняя с ним обвалованная котловина находятся в зоне распространения моренных ландшафтов, где криогенные формы практически не встречаются, потому что моренные отложения характеризуются слабой водонасыщенностью. Кроме того, размеры даже малой котловины втрое больше обычных размеров реликтовых разрушившихся пинго.

Поездка на озеро Бездон

Другое озеро с астроблемовидной котловиной в Калужской области — **Бездон**. Поездка на это озеро, в которой приняли участие сотрудники лаборатории геоморфологии (В.А.Караваяев, А.Н.Маккавеев и М.П.Жидков, во главе с заведующей лабораторией Э.А.Лихачевой), оказалась очень полезной и интересной. Это довольно большой и глубокий водоем с прозрачной водой. Таких мало не только в Калужской обл., но и вообще в центре Европейской России. Озеро и его окрестности красивы и ухожены. Оно расположено на северо-западе области, вблизи границы со Смоленской обл., на заболоченной озерно-ледниковой равнине, ограниченной на юге Спас-Деминской грядой, образованной конечными моренами одной из стадий деградации московского оледенения. Из водоема берет начало один из истоков р.Большой Вороны — пра-

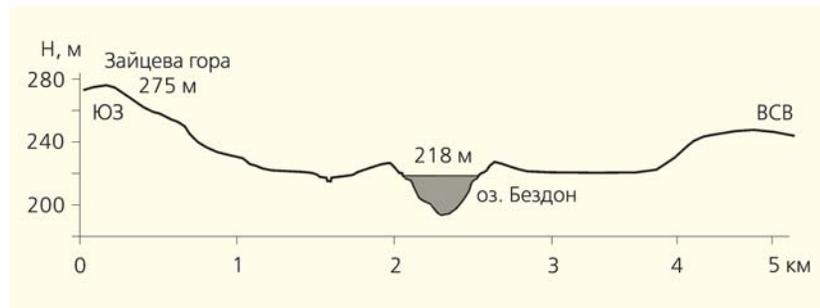


Озеро Бездон.

вого притока р.Угры. Никаких водотоков, впадающих в озеро, нет. Длина его более 850 м, ширина 450 м. На карте, где изображен только рельеф, оз.Бездон выглядит как лунный кратер. Высота вала над озером до 7.5 м на западном берегу и до 10 м на восточном, ширина 200—250 м, а общая глубина котловины от гребня вала до дна озера превышает 40 м. К водоему обращен крутой склон вала, а к периферии — пологий, почти незаметно переходящий в прилегающие равнины, над которыми вал озера поднимается чуть меньше, чем над ним самим.

С помощью эхолота и навигатора нами была построена батиметрическая схема оз.Бездон. Она отражает основные особенности строения его котловины. Согласно нашим замерам, максимальная его глубина достигает 31 м, но возможны и большие глубины. Дно водоема погружается с севера на юг. В озере выделяются несколько котловин. Одна, глубиной 19 м, находится в северной части. В южной, более глубокой части, расположены две котловины с глубинами до 31 м. Эта часть озера обрамлена и более высоким и четко выраженным валом; на севере он сильно, почти до 2 м, снижается и практически сливается с заболоченной равниной, окружающей водоем.

Четвертичные отложения озерно-ледниковой равнины, на которой сформировалась котловина, залегают на меловых кварцево-глауконитовых песках альбского и сеноманского ярусов (мощностью 10—20 м), которые подстилаются алексинско-тарусскими терригенно-карбонатными породами нижнего карбона, содержащими напорные воды на глубине примерно 34 м ниже уреза оз.Бездон, т.е. вблизи его дна. Поэтому можно предположить, что напорные воды этого горизонта поступают в озеро. Подтверждением служат характер рельефа дна (несколько глубоких локальных впадин) и вытекающий из озера ручей



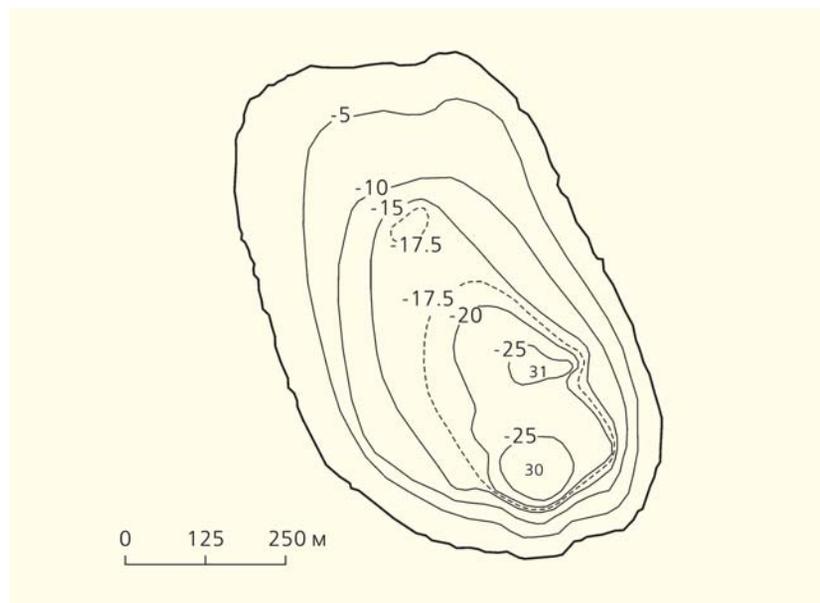
Профиль через котловину оз.Бездон. Котловина оз.Бездон вместе с окружающим валом вложена в более древнюю озерно-ледниковую равнину, обрамленную моренными холмами.

при полном отсутствии впадающих в него водотоков, а также незначительность ограниченно-валом водосборного бассейна самого озера, лишь ненамного превосходящего площадь водного зеркала. Но ведь известно, что уже на юге Московской обл. водоем без притока извне будет иметь отрицательный баланс, т.е. довольно скоро пересохнет.

Вал с поверхности сложен песками. С помощью небольшого ручного бура мы изучили строение вала западного берега озера. На гребне вала, в 80 м от берега, на высоте 7.5 м над урезом под полутораметровой тол-

щей песков, алевролитов и супеси начинаются буро-коричневые суглинки с галькой — предположительно морена московского оледенения. Это может свидетельствовать о ледниковом происхождении котловины и вала. В ледниковые эпохи среднего и позднего плейстоцена в районе оз.Бездон господствовали суровые перигляциальные условия. Это дает возможность рассматривать его котловину и как реликтовую криогенную форму.

Из четырех гипотез о происхождении оз.Бездон — метеоритной, карстовой, криогенной и ледниковой — ни одна пока не



Батиметрическая схема оз.Бездон. В целом глубина увеличивается к югу. В северной части выделяется котловина глубиной до 19 м, в южной — две котловины глубинами до 30 и 31 м.

Таблица

Морфометрические характеристики некоторых астроблемовидных озерных котловин московского региона (в том числе и севера Калужской области)

Название озера	Размеры водного зеркала, м	Размеры котловины по гребню вала, м	Глубина, м	Высота вала над окружающими равнинами, м	Глубина котловины от гребня вала до дна, м	Урез, м	Высота окружающей равнины, м
Красное	320–340	450–500	10	2–5	15	127	125–126
Данилище	400–570	550–750	17	1–9	26	136	135–137
Бездон	450–850	900–1400	31	1–10	41	218	220–226
Озерки	450–500	800–900	6.5	0–5	11.5	197	190–210

Котловины с четко выраженными валами приурочены к флювиогляциальным и озерным равнинам. В других условиях астроблемовидных котловин практически не обнаружено. Исключение — оз. Озерки, которое сформировалось в области распространения моренных отложений. Поскольку уровень дна озер Бездон, Озерки и Данилище находится вблизи кровли карстующихся каменноугольных пород, в формировании ряда котловин вероятно участие криогенных и карстовых процессов. В то же время есть основания утверждать, что

карстовых провалов, соответствующих размерам озерных котловин, в кровле известняков под ними нет.

Таким образом, хотя метеоритная гипотеза хорошо объясняет происхождение и морфологию рассматриваемых озерных котловин, объективных доказательств она пока не имеет. Что касается вполне земных причин образования подобных котловин, то наиболее вероятной представляется гипотеза их криогенного происхождения, хотя средние размеры пинго несколько меньше. Участие ледниковых процессов в формирова-

нии некоторых котловин тоже нельзя полностью отбросить. В развитии некоторых из них могут принимать участие и карстовые процессы. Очевидно, что пока природа формирования глубоких озерных котловин, находящихся буквально рядом с нами, остается неясной. Озера с астроблемовидными котловинами относятся к немногочисленным и своеобразным природным объектам, которые мы, по сути, только начинаем изучать. Возможно, некоторые из них — действительно метеоритные кратеры, что делает их изучение еще более интересным. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 09-05-00156.

Литература

1. Мелош Г. Образование ударных кратеров: геологический процесс. М., 1994.
2. Фельдман В.И. // Соросовский образовательный журнал. 1999. №9. С.67–74.
3. http://www.meteorites.ru/menu/encyclopedia/ruscraters_ful/html
4. *Vadjukov D.D., Ivanov M.A., Korochantsev A.V.* // Lunar Planet. Sci. V.XXXIV. 2002. №1566.
5. Величко А.А., Морозова Т.Д., Нечаев В.П., Порожнякова О.М. Палеокриогенез, почвенный покров и земледелие. М., 1996.
6. Александровский А.Л. Почвы на песчаных и двучленных породах метеоритных кратеров Илуметса // Процессы почвообразования и эволюция почв. М., 1985. С.103–112.
7. *Енгальчев С.Ю.* Группа молодых метеоритных кратеров на востоке Московской области // Тезисы докладов международной конференции «100 лет Тунгусскому феномену: прошлое, настоящее, будущее». Москва, 26–28 июня 2008 г. М., 2008. С.180.
8. *Бобачев А.А., Большаков Д.Е., Еременко А.В.* // Разведка и охрана недр. №3. 2001. С.21–34.
9. *Kiselev A.K.* The Meteoritic Nature of the Calderas of the Lakes Svetlojar and Nestiar // 40th Symposium ESLAB, First International Conference on Impact Cratering in the Solar System, 2–8 May 2006.
10. *Енгальчев С.Ю.* Об открытии новых метеоритных кратеров в Ярославской области (Россия) // Тезисы докладов международной конференции «100 лет Тунгусскому феномену: прошлое, настоящее, будущее». Москва, 26–28 июня 2008 г. М., 2008. С.182.
11. *Ваганов В.И., Иванкин П.Ф., Кропоткин П.И. и др.* Взрывные кольцевые структуры щитов и платформ. М., 1985.
12. *Маккавеев А.Н.* Геоморфологическое строение территории озера Озерки // Природа и история Поугорья. Вып.5. Калуга, 2009. С.19–23.
13. *Анненская Г.Н., Мамай И.И., Цесельчук Ю.Н.* Ландшафты рязанской Мещеры и возможности их освоения. М., 1983.

Дубонос, любитель фруктовых косточек

В.И.Булавинцев,
кандидат биологических наук
Москва

На даче в саду росла черешня. К концу июня плоды на ней стали краснеть. Еще неделя-другая, и можно черешню обирать. Но вот незадача — повадился вор плоды красть: косточки берет, а мякоть на землю под дерево роняет. Там она и киснет. Дерево большое, высокое. Ясно, что птица мародерничает, но какая? Скворцы, сойки, дрозды и многие мелкие воробьиные не прочь полакомиться черешней, но им мякоть нужна,

а не косточки. А вот дубоносу они в самый раз. У него клюв для косточек приспособлен, не зря его дубоносом прозвали.

Выследить птицу труда не составило. Посидел пару часов на балконе второго этажа, напротив которого черешня росла, — ворюшка и явился, не заставил себя долго ждать. Хорош он: плотно скроен, размером со скворца, но потолще, хвост короче, голова крупнее. Ну и, конечно, клюв выдающийся: широкий, короткий, мощный, цвета вороненой стали.

Повадками дубонос на маленького попугая похож. Шея на вид короткая, но, если нужно, может вытянуться так, что птица, висющая на манер попугая вниз головой, до нужной ветки с плодами дотянуться может. Ученые выяснили, что строение клюва, черепа и мускулатуры головы дубоноса как нельзя лучше приспособлены для раскалывания крепких косточек. Щелкать косточки вишни, черешни, черемухи для него дело привычное.

Дубоносы — это группа родов семейства вьюрковых, пти-

© Булавинцев В.И., 2010



Дотянулся до приглянувшегося плода.

Здесь и далее фото автора



Разделяется сорванный плод.

цы южные. Но и у нас, в средней полосе России, гнездится изредка один вид — обыкновенный дубонос (*Coccothraustes coccothraustes*). Бывает, даже в московских парках селится. Но наиболее обычны и многочисленны дубоносы в южной Европе, в странах Средиземноморья.

Гнездится дубонос как в дикой природе, так и по соседству с человеком. Лишь бы плодовых деревьев было вдоволь. Но птица все же сторожкая, увидеть ее не просто. В листве густой искусно прячется, открытых мест избегает. К гнезду, с кормом, пробирается скрытно, крадучись.

Яйца насиживает только самка — в течение двух недель. Столько же родители докармливают слетков вне гнезда, добывая для них мелких беспозвоночных животных. Взрослые птицы — вегетарианцы, но не брезгают и червями да разными насекомыми.

По осени, объединившись в стайки, дубоносы совершают набеги на фруктовые сады, за что их крепко не любят садо-



Косточка добыта.

воды. Но польза от этих птиц тоже бывает немалая: с весны и до середины лета уничтожают они вредителей фруктовых деревьев. Учитывать бы это надо людям, но на деле частенько доходит до стрельбы по любителям косточек. Дубоносы всего

лишь положенное им пропитание добывают, а человек свое добро бережет. У каждого своя правда... А птиц жалко. Не для того природа десятки и сотни тысяч лет свои творенья оттачивала, чтобы мы, люди, по ним свинцом пуляли. ■

ДОКУЧАЕВСКАЯ ШКОЛА

Автобиографические рассказы Б.Б.Полынова

Эти неопубликованные рассказы известного почвовед, академика Бориса Борисовича Полынова (1877–1952) мы недавно получили от его ученицы, доктора географических наук, профессора Марии Альфредовны Глазовской. Долгие годы она заведовала кафедрой географии почв и геохимии ландшафтов географического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова и до сих пор по мере сил не перестает заниматься наукой и педагогической деятельностью. В 1975 г. Глазовская опубликовала в «Природе» (№11. С.59–77) статью «Мой учитель – Б.Б.Полынов». Ее украшением стали многочисленные иллюстрации, которые сохранились в нашем архиве (мы частично воспроизводим их в новой публикации). Мария Альфредовна сопровождает рассказы Полынова небольшой заметкой.



Б.Б.Полынов. 1940-е годы.

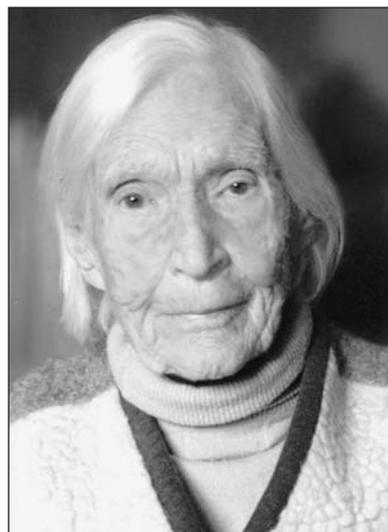
В марте 2010 г., разбирая дома архив моих полевых дневников, старых рукописей, отзывов, рецензий, я нашла старый толстый конверт; в нем находились сложенные вдвое пожелтевшие, местами трухлявые, машинописные листы. Это, к величайшей моей радости, оказался текст «Рассказов Полынова», утерянный мной, как казалось, безнадежно. Он пролежал в архиве около 60 лет!

Как единственная теперь живая свидетельница и участница тех событий, я могу рассказать о появлении этой рукописи и ее дальнейшей судьбе. Стенография рассказов Б.Б.Полынова была сделана в период 1947–1948 гг. Текст после правки Бориса Борисовича был отпечатан в нескольких экземплярах, и мы, его ближайшие друзья — А.И.Перельман, Е.И.Парфенова, А.И.Троицкий и я, получили его копию. Борис Борисович скончался в 1952 г., и мы сосредоточились на издании его научных трудов и писании ряда очерков о жизни и научной деятельности ученого. О возможной публикации «Рассказов» в тот период мы не думали.

Теперь, после находки, мой первый вопрос был: не устарел ли текст рассказов? Мои опасения оказались напрасными. При их чтении кажется, что они написаны совсем недавно, и, полагаю, они представляют несомненный интерес для широкого круга читателей журнала «Природа».

Имя академика Полынова широко известно, но никто до сего времени не знал его литературных произведений. «Докучаевская школа» — так Полынов очень удачно назвал совокупность своих литературных очерков-рассказов, иллюстрирующих глубокое прогностическое значение науки о почвах.

В объеме одной статьи Полынову удалось на ярких примерах показать влияние человека на природу на разных этапах развития общества — его культуры, философии и морали.



М.А.Глазовская. 2010 г.
Фото Е.Б.Зеньковской

М.А.Глазовская

Академик Б.Б.Полынов

История этих рассказов

По вечерам в кругу друзей я рассказывал иногда об интересных путешествиях, наблюдениях, встречах, которых было много в моей длинной и пестрой жизни.

Некоторые из этих рассказов казались моим друзьям занимательными, другие — поучительными. Мне говорили, что наблюдения науки, которая раньше представлялась всем узкоспециальной, почти прикладной, выросли в моих рассказах до больших обобщений общекультурного значения.

Не знаю, так ли это. Конечно, я, как и все ученые, страстно люблю ту науку, которой занимаюсь. И я, разумеется, не думаю, что это моя любовь заставляет анализы почв говорить мне об истории жизни и труда, об истории Земли и разнообразных ландшафтов, которые на этой Земле были когда-то, есть и теперь и будут через несколько веков после нас.

Но если это любовь, так что ж, тем лучше! Говорят, любовь — это талант. И если наша любовь сделала талантливей такую науку, как почвоведение, вряд ли поколениям, которые будут ею заниматься после нас, удастся сделать ее снова бездарной.

Несомненно, был период, когда эта наука выглядела и бескрылой, и бездарной. Большой и талантливый русский ученый Василий Васильевич Докучаев дал этой науке крылья. Возди революции, помогавшие всему тому, что было новым в русской научной мысли, помогли и новой, окрыленной науке окрепнуть, набрать высоту, приобрести мировое влияние. И если сейчас мы рассказываем о завоеваниях своей науки несколько романтично, — нам это простительно вполне.

Вероятно, не только я, но и каждый из ученых докучаевской школы рассказал бы о своей жизни и работе и поэтично, и с пафосом. Но тут вмешался случай. В день моего 70-летия одна из поэтесс, жена моего покойного брата Татьяна Львовна Щепкина-Куперник сказала мне:

— Вы так проникновенно говорите о вашей науке, что могли бы разрогать камни, как Бэда-проповедник.

И у моих друзей возникла мысль, что факты научной биографии возможно сделать фактами искусства, художественной литературы.

Так было решено записать и опубликовать мои рассказы.

Не знаю, может быть, все то, что казалось занимательным и поучительным в кругу друзей и семьи, покажется не столь значительным далекому читателю, равнодушному к нашей науке. Вина в этом будет уже не моя. Если поэты и поэтессы берутся за науку в интересах своих читателей — они должны даже и каменным сердцам преподнести ее так, чтобы те были разроганы.

Тайны песков

Легко можно вообразить самочувствие медика-студента, который получил диплом и принимает первого пациента.

— Представьте, он болел не по учебнику, — вот анекдотическая жалоба каждого молодого врача.

Я в качестве студента-дипломанта тоже был в большом затруднении перед своим пациентом. Начав работать в Черниговском земстве, где производилось обследование почв с кадастровой целью — для оценки земель, — я чувствовал себя чрезвычайно смущенным. На каждом шагу мне встречалось что-нибудь непонятное. И в особенности непонятно было происхождение песков. Они появлялись в некоторых уездах Черниговской губернии внезапно и также внезапно исчезали. В их составе часто попадалось что-нибудь такое, о чем ничто не напоминало в окружающей природе. Я очень жалел, что у нас в институте слабо была поставлена геология. Всего два часа в неделю и только на первом курсе. Без знания геологии я не мог теперь разобраться в сложных изменениях почв.

Мои ошибки и недоумения возрастали с каждой неделей. И создалось очень неприятное положение. Выход пришел неожиданно; началась война с Японией, и меня призвали на фронт. Разгадку происхождения черниговских песков я на японском фронте не нашел. Но во время войны у моей жены скопилась довольно значительная сумма денег, так как тогда по закону сохраняли призванным из запаса их гражданское содержание, кроме выплаты армейского.

По окончании войны я решил оставить работу и заняться изучением геологии. Мы поехали с женой в Мюнхен. Два семестра я изучал там группу геологических наук. Возвратившись из Мюнхена, я еще некоторое время усовершенствовал свои знания, посещая вольнослушателем лекции в Петербургском университете. Потом держал государственной экзамен по геологической специальности и получил диплом первой степени.

Теперь уже загадочный песок должен был открыть мне свои тайны.

Как раз в это время мне предложили место ассистента в Донском политехническом институте. На Дону в это время предпринималась работа по



Младший офицер Б.Б.Полынов, вызванный с фронта Русско-японской войны в Петербург для работы в Центральной научно-технической лаборатории военного ведомства.

облесению донских песков. Я знал об этом. И хотя, по сравнению с Черниговским земством, я институте терял две трети своего оклада, все же я решил поехать на Дон.

«Для науки можно пожертвовать всем», — сказал мой отчим. И, пожалуй, он был единственным, кто не отговаривал меня от этого шага.

Донские пески произвели на меня сильнейшее впечатление. Эти унылые ландшафты дюн, иногда простирившихся до горизонта бесконечными гольми барханами, волновали мое воображение, как волнует всякая тайна.

«Всегда ли здесь были эти пески?» — спрашивал я себя.

Исследуя под микроскопом пески, лежавшие близ Голубинской станицы, я все чаще удивлялся странному их составу. В них были измельченные остатки березовой коры. Откуда могла взяться березовая кора здесь, где на десятки верст кругом не было ни одной березы?

Много раз я ходил осматривать барханы, простирющиеся от Голубинской станицы. И однажды заблудился среди них. Солнца в тот день не было. Однообразный цвет неба и песка не мог указать мне направления. А всякие следы ветер заметал так быстро, что через несколько шагов я

уже не видел, где шел. Не знаю, как бы я выбрался из этих бесконечных барханов, если бы случайно не наткнулся на объездчика, который ехал верхом.

«Что скрыто под этими барханами?» — думал я, с чувством облегчения выбираясь из них.

Исследования мои продолжались. И наконец вся картина ясно раскрылась передо мной. Я отыскал среди песков погребенные следы некоторых водоемов. Небольшие озера хранили на своих берегах следы исчезнувших березовых рощ, некогда занимавших это пространства. Когда-то эта местность была тенистой, свежей, живописной, полной зеленой листвы, пения птиц. Потом все погибло под надвигающимися песками. Но от микроскопа не могли скрыться пылинки березовой коры. И теперь уже было ясно, по каким причинам она очутилась в этих песках.

Так зародилось одно из положений, которые я потом защищал в своей магистерской диссертации «О донских песках, их почвах и ландшафтах».

Я доказывал, что несоответствие между данными анализа почв и ландшафтом дает нам основание предполагать существование иных ландшафтов, которые некогда были здесь и оставили свои реликты.

Моя диссертация имела исключительный успех. Защищал я ее в Петербургском университете при крупных ученых-оппонентах. И с тех пор унылый ландшафт песков говорит моему сердцу очень многое.

Глина, из которой сделан мир

Во время Первой мировой войны мне снова пришлось сменить кафедру на лафет. Я был призван и почти всю войну провел в конноартиллерийском дивизионе. Жизнь шла довольно однообразно — лошади, люди, орудия, лес, окопы.

Перемена в смысле обратного хода пришла ко мне неожиданно. Наш дивизион стоял в карпатских лесах. В тылу был маленький курортный городок Камбелан. Туда можно было съездить не чаще раза в неделю. Офицеры, конечно, скучали. Каждый день они теребили на картах условные флажки, которые слишком долго стояли на одном месте, или — увы! — отступали в глубь страны на восток.

Один из моих приятелей, молодой офицер Михаил Павлов, как-то, расфилософствовавшись, сказал мне:

— На мой взгляд, русский народ совершенно не выносит тех царей, которые проигрывают войны. Вы заметили? Тотчас после сдачи Порт-Артура — раздался подозрительный треск под треном. Мне кажется, уже начинает трещать и сейчас...

Я засмеялся и сказал, что пока никакого треска не слышу.

— Это вас очаровывают своей приветливостью старухи-галичанки и румынские старики, —

недовольно сказал Павлов. — А те, кто тонут в Пинских болотах, безусловно, слышат, как этот трон трещит.

День был какой-то пасмурный, и я рано лег спать. Проснулся я потому, что кто-то около окна громко и весело говорил:

— Да-да-да. Получен вызов. Бориса Борисовича Полынова откомандировали в Петроград.

Действительно, меня вызывали для работы в Центральной научно-технической лаборатории военного ведомства. Некоторые завидовали этому. Особенно Павлов, который полагал, что мне посчастливится воочию увидеть ту ситуацию, при которой рухнет российское самодержавие.

Мне было грустно расставаться с ними со всеми. Я сжился за годы войны со своим дивизионом. Привык и к солдатам, и к офицерам. И особенно привык к язвительному и насмешливому уму Миши Павлова — современного Печорина, который всегда угадывал то, что будет. Впоследствии я встречался с ним. Он вел крупную научную работу и погиб в бою во время Отечественной войны.

По приезде в Петроград я по всей форме отпартовал о своем прибытии директору лаборатории. Генерал Забутский удивленно взглянул на мои руки, вытянутые по швам, и сказал с усмешкой:

— Ваш рапорт, доцент Полынов, и ваша поза здесь неуместны.

В самом деле, в лаборатории, несмотря на множество военных, была обстановка научных работников. И сам генерал Забутский по натуре был совершенно штатским человеком. Кстати, он чрезвычайно был обеспокоен тем, что в лаборатории начали работать женщины, и всегда со страхом обходил тот отдел, где сидели первые машинистки.

Я тотчас узнал, что своим откомандированием с фронта обязан профессору Ферсману. До этого я с ним встречался мало. Однажды я говорил с ним по поводу открытого в почвах минерала палыгорскита, похожего на тряпку, который был описан Ферсманом в какой-то статье. Но в лаборатории мы с ним очень сблизились. Мы занимались тогда поисками минеральных красок, пригодных для целей маскировки. Я вспомнил о зеленой глине, которую местные жители употребляют в Петергофском уезде, окрашивая ею дома и предметы. Изучение этой зеленой глауконитовой глины показало, что, опрыскивая ею окопные сооружения, можно через несколько часов совершенно замаскировать их под цвет растительности. Эффект был очень яркий. И крупные ученые, которые посещали наши совещания по поводу краско-маскировочной работы, отнеслись к ней одобритительно. Бывали у нас в лаборатории тогда и Вернадский, и Курнаков, и Чугуев. Общение с ними очень способствовало развитию молодых работников, группа которых была привлечена Ферсманом.



Профессор А.Е.Ферсман — руководитель работ по применению в маскировочных целях природных красящих глин.

Ферсман был необычайно живой человек. Он всем интересовался. Всюду поспевал. За всем следил. На меня он оказал очень сильное влияние.

Однажды, придя к нему домой, я пожаловался на свои сомнения. У меня уже оформились в то время свои научные представления, и я был не согласен с общепринятым мнением, но высказывать свои идеи боялся, так как они казались мне слишком смелыми.

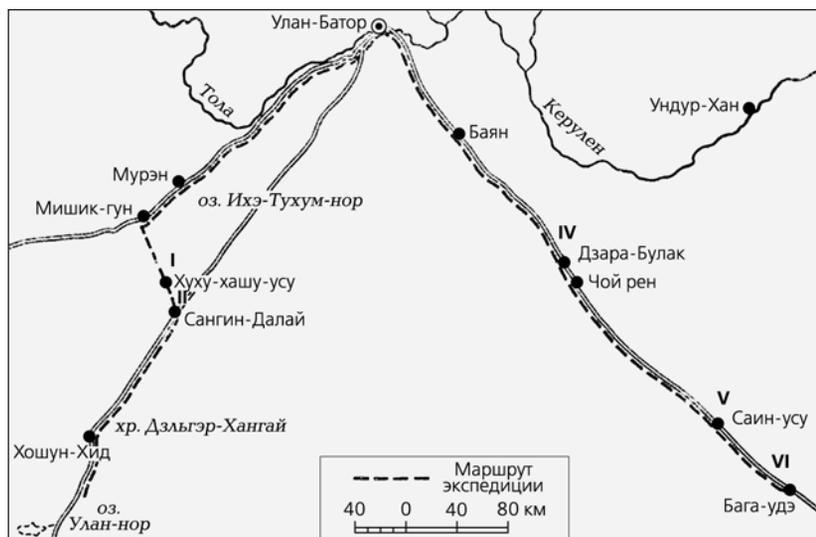
— Если вы пришли к какому-нибудь убеждению и уверены в нем твердо, — надо его высказывать, не считаясь ни с каким общепринятым мнением, — сказал Ферсман ободряюще.

— Я не согласен о тем общепринятым мнением, что почвоведение не что иное, как отрасль агрономии, — сказал я и признался Ферсману, что придаю большое значение вопросам почвообразования и считаю, что изучение их в значительной степени вскрывает всю геологическую историю Земли.

Мы долго говорили по этому поводу. Ободренный поддержкой Ферсмана, я рассказывал ему о своих наблюдениях, о донских песках и следах исчезнувших рощ. На столе у нас лежала зеленая глина. В пылу спора я мял ее, придавая ей форму земного шара, тайну которого я хотел открыть, отвергнув общепринятые мнения.



Б.Б.Полынов в Монгольской экспедиции (1925—1926).



Маршрут экспедиции Б.Б.Полынова в Монголии. I—VI — пункты исследований типичных ландшафтов.

Как мало мы тогда думали о ее маскировочных свойствах и о скрипящем, как тонущий корабль, троне! Нас занимала в тот февральский вечер только правота нашей мысли, которую должен поддержать молодой век.

Сейчас, когда я читаю статьи молодых ученых-почвоведов об их научных догадках, мне кажется, что в их руках та же мягкая и податливая модель земного шара, которая была тогда у меня. Никто уже не оспаривает теперь, что изучение почв открывает нам геологическую историю Земли. Но самый процесс их образования! Вот что занимает научную молодежь!

Доказано, что происхождение многих минералов зависит от деятельности организмов. Молодые ученые изучают растительность и находят в ее химическом составе алюминий.

Но алюминий — это главная составная часть глин. Как произошли глины? Не так ли, что растения веками умирали и подвергались тлению, и то, что оставалось от этого тления, входило в сочетание с другими элементами и, наконец, создало тот материал, из которого, по преданию, Бог сделал человека.

Увы! Наука когда-нибудь докажет вполне точно, что этот материал никак не мог очутиться в руках Создателя мира, ибо мир тогда был слишком молод, чтобы уже создать глины.

О пользе верховой езды

В жизни ученого есть моменты, сближающие его с полководцем. К таким моментам относится разработка стратегических планов, по которым нужно направить искания — и свои, и своих единомышленников, и учеников. И в науке есть хо-

рошо защищенные крепости научных тайн, которые атакуешь день за днем, год за годом. Для ученых привычна суровая жизнь походов. И они знают обязательность жертв. И у них бывает ни с чем несравнимая радость побед и завоеваний.

У меня был период, когда одинаково на чашах моих весов тянули профессии военного и ученого. И это было тем более удивительно, что вначале я не знал, как мне избавиться от военной повинности или хотя бы добиться разрешения отбывать ее не в провинции, а в Петербурге.

Я только что окончил тогда Лесной институт. Книжки и библиотеки занимали весь мой день. Я не мог представить, как расстанусь с ними. И мой отчим, врач, лечивший в то время начальника гвардейской артиллерии, посодействовал мне, чтобы я остался в Петербурге.

Мне казалось, что я смогу при этом заниматься научной работой. Увы, и в Петербурге с шести часов утра до двенадцати была гимнастика, верховая езда, вольтижировка. С двух часов опять начинались учения, и так до вечера. К вечеру я был доведен до такого изнеможения, что ничем заниматься не мог. Однако через два месяца я почувствовал себя насколько здоровым и настолько выправленным, что без сожаления не мог смотреть на штатских людей. Вместо страсти к книгам я приобрел страсть к лошадям. Я научился их чистить, кормить, ухаживать за ними.

Через несколько лет этот опыт мне очень пригодился в экспедициях. Мы иногда отрывались от населенных мест на три-четыре месяца. Вместе со всеми я легко делал ежедневные 70-верстные переходы на конях. Кроме того, мне, как начальнику экспедиции, приходилось отвечать за сохранение всего живого и мертвого инвентаря. А это оказа-

лось вовсе не легко в условиях какой-нибудь амурской тайги.

Амурская экспедиция мне запомнилась как одна из труднейших. С детства нас пугали страшными названиями пустынь — Сахара, Гоби, Каракумы. Но о Сахаре мы потом прочитали у Мопассана, что он предпочел ее апельсиновым рощам Италии и голубым фиордам Норвегии, потому что ее «спокойный», струящийся светом безрадостный пейзаж удовлетворял его зрение и ум, утолял чувства и мечты. Побывав в пустыне Гоби, я нашел, что это даже и не пустыня. Там везде юрты, везде можно достать пищу, молоко и кумыс у кочевников. А гобийские бараны — лучшие по качеству мяса... Какая же это пустыня, которая способна выкормить лучших баранов!

В амурской тайге до революции мы чувствовали себя много хуже, чем в пустыне Гоби. День за днем мы шли, не встречая ни людей, ни жилья. Любой километр пути стоил нам величайшего труда. Редко мы проходили за день больше пяти километров, потому что на каждом шагу либо прорубались сквозь чащу, либо проваливались в болота.

Мне никогда не забудется мой первый опыт переправы через речку, еще не нанесенную ни на какие карты. Мы сделали плоты из лиственниц и берез. А когда наши плоты стали погружаться на дно, я вдруг вспомнил, что лиственница — такое дерево, которое тонет.

На половине пути у нас вышли все продукты. Сухари перетерлись в порошок. Мы варили чай из местной травы и продолжали идти по компасу, уже понимая, что заблудились — так же, как заблудился наш топограф, который шел впереди нас.

Однажды я взобрался на сопку, чтобы осмотреть окрестность. Я рассчитывал увидеть ту речку, которую мы открыли. Но речки не оказалось внизу. Кругом было море леса, сплошное море леса до самого горизонта. Я почувствовал, что мы все можем здесь пропасть. Так, вероятно, чувствует себя начальник отряда, который попадает в окружение превосходящих сил противника. Надо было пробиваться наугад. Я сверился с компасом и решил свернуть. Как часто бывает в таких случаях, в экспедиции начались жалобы, ропот. Я пригрозил револьвером и заставил идти по выбранному мной направлению. Мы шли так три дня. И вдруг, уже совсем измучившись, голодные, оборванные, вышли к нашему складу, от которого начали путь. Это была удача не опыта, не расчета, а какой-то интуиции молодости. Меня спасал не компас, а инстинкт сохранения жизни. Карта местности, которую мы сделали впервые, указывала ту возвышенность, с которой я не увидел открытой нами речки, слишком узкой, чтобы ощутимо раздвинуть тайгу. Местные племена, как я узнал потом, называли эту речку Мамын. Она была в бассейнах рек Норы и Тырмы, которые мы изучали.

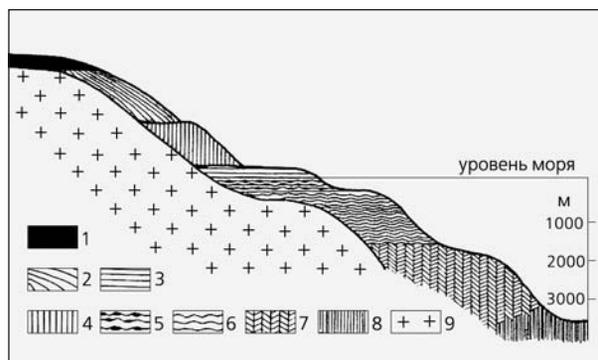


Схема распределения континентальных и морских отложений в конце первого цикла выветривания, составленная Б.Б.Польновым. 1 — аллитный элювий; 2 — силикатная аккумуляция; 3 — карбонатная аккумуляция; 4 — хлоридно-сульфатная аккумуляция; 5 — отложения береговой зоны; 6 — теригенные илы; 7 — пелагические илы; 8 — глубоководный красный ил; 9 — массив первичной изверженной породы.

Вспоминая десятки других экспедиций, поездок, путешествий, экскурсий, я нахожу, что эта Мамын досталась нам ценой, которую платят за самые большие завоевания. Масштабность наших исследований и открытий в амурской тайге, в бассейнах рек Норы и Тырмы, не была, к сожалению, в должной мере оценена Географическим обществом.

От Географического общества я был награжден Золотой медалью и медалью им.П.П.Семенова-Тян-Шанского после наших монгольских экспедиций. Это, действительно, были самые интересные экспедиции в моей жизни. Первую экспедицию в 1925 г. мы проделали на конях. Вместе с нами ехал ботаник Крашенинников. Мы изучали почвы северной Монголии в верховьях рек Убер-Джаргаланта и Ара-Джаргаланта.

Быт, нравы у монголов в те годы поражали яркими следами прошлого. Их философское отношение к жизни не позволяло им нарушать природу. Исследовать почву, копать ямы не разрешалось — это резкое нарушение природы, а трогать природу безнаказанно нельзя...

Иногда к нам в палатку приходили поспорить:

— Зачем вы копаете яму? Вы же люди образованные и вы сами понимаете, что таким образом вы выкапываете болезнь, — говорил какой-нибудь почтенный монгол.

Его спутники попроще в это время бесцеремонно макали палец в чернила. Они никогда не видели чернил. Никогда не видели сухарей. Им со всем этим хотелось познакомиться. Когда это нам начинало мешать работать, мы прибегали к очень простому приему. Кто-нибудь выходил, набирал в карман ящериц, которых там множество, потом садился за стол и начинал их выкладывать.



С детьми коллег Е.И.Парфеновой и А.И.Троицкого.

Все монголы быстро исчезали. Ящериц они боятся до смешного и считают их вредоносными. А мы этих ящериц прямо-таки любили!.

Кроме ящериц нас очень развлекал там сурок-тарбаган. Он выходил из своей норы, не обращая на нас никакого внимания. Однажды две сороки сели на него и начали выщипывать у него шерсть для своего гнезда. Прогнать их он никак не мог и принужден был отправиться домой. Так мы обнаружили его нору, и оказалось, что сурчиные норы нам были очень полезны при исследованиях. Мы находили возле них камни, которые сурок выворачивает своими сильными лапами из глубины.

Несколько неприятно, конечно, было, что к нашим ночным кострам, приводя в ярость лошадей, всегда близко подходили волки. О лошадях мы беспокоились едва ли не больше, чем о себе. В ту экспедицию мы сделали на конях 3500 км.

Козлик пустыни Гоби

Интереснейшие наблюдения, которые мы сделали в Монголии в геологической, почвоведческой и ботанической области, были дополнены во время второй экспедиции материалами по изучению пустыни Гоби.

Мне припоминается, как для своей книги о Монголии я снимал один из видов этой пустыни — трех верблюдов у колодца. В последний момент к колодцу вдруг подбежал маленький козлик и снялся на первом плане, сразу разрушив весь вид пустыни.

Козлик этот был для меня в некотором роде символическим.

Мы обследовали в Гоби шесть пунктов, которые отстояли один от другого на 300—400 км. Это позволило составить общее представление обо всей этой местности, названной пустыней. И я бы ее, конечно, пустыней не назвал. Правда, встречаются там пространства, где нет ни одной травинки. Такие пески лежат возле чайного тракта, который идет от Улан-Батора. Это, видимо, и определило представление путешественников обо всей стране.

Но мы, обследовав ее и шире, и тщательней, склонны считать Гоби степью, а не пустыней. Это — степь, где кочевники, пользуясь законами пустынь, живут так же привольно, как несколько веков назад, выкармливают жирных баранов и вспоминают веселые времена Чингисхана.

Путешествие по этой степи нам было значительно облегчено благодаря монгольскому Ученному комитету, который предоставил нашей экспедиции автомобиль. По вечерам мы работали в своей палатке даже при электрическом освещении: зажигали в автомобиле фары, верхний прожектор и направляли свет в палатку. Ночные насекомые почти не залетали к нам в палатку, потому что испытывали желание лезть на фары.

Вообще, в смысле ядовитых насекомых, тарантулов, скорпионов, змей путешественники страдают в Гоби меньше, чем, например, в Каракумах. Только один раз мы видели там под камнями жалких рыженьких скорпионов. Не было случая, чтобы они залезли к нам в палатку. Со змеями тоже встречи были редки.

Есть и другие преимущества у Гоби перед Каракумами. В Гоби не бывает так жарко. В каждой долине там есть вода. Шурфы, которые мы делали, показали воду в различных местах, иногда солоноватую, а на песчаных пространствах пресную. Если улучшить колодезное хозяйство в Гоби, там вполне можно создать оазисное земледелие.

Я вспоминаю нашу жизнь в этих безбрежных степях. Тишина. Полет сухого ветра. Далекие юрты кочевников на горизонте. Ястребы делают вокруг нашей стоянки нечто вроде пикетов. После нашего обеда осталась пища на тарелках. Ястребы падают как камень вниз головой и схватывают ее с тарелок. Мы включены здесь в круг их птичьей жизни. Сколько раз к нам в палатку залетали мелкие птички, спасаясь от их преследования! Очевидно, в Гоби так принято: мелкие птицы спасаются в жилище человека от пернатых хищников, а хищники потом считают себя вправе пообедать с тарелок.

Чудесные козочки — джериме, вид газелей, несутся прочь от нашего автомобиля. Мы не можем их догнать даже на самых высоких скоростях.

А вот своеобразный буддийский козлик, который на фоне фантастических монастырей выбежал на первый план и неожиданно показал нам истинную сущность монгольской религиозности.

Мы осматривали вместе с монголистом академиком Владимирцевым прославленный старинный монастырь. Нас сопровождал один из главных лам. Статуя Будды была огромна. Она занимала три яруса. Голова Будды была уже на уровне третьего яруса. Мы проходили мимо нее по лестнице. Лама довольно фамильярно постучал по этой голове и сказал академику Владимирцеву с усмешкой:

— Кому бог, а кому кусок металла...

Так раскрылось, что ламы вполне сознательно спекулируют здесь религией. Идеи этой религии весьма своеобразны. Как я узнал от академика Владимирцева, они, независимо от мировоззрений европейских философов, подходят к кантовской системе. Но это — «кому бог, а кому кусок металла» — бесподобно, потому что, если сам жрец находит свои идеи устарелыми, то уж в народе это установили и подавно.

Мне довелось ознакомиться там с принципами народной медицины. Она построена отнюдь не на приметах, а на естественных основаниях, как и у нас. Их атлас растений прекрасно ориентирует при сборе целебных трав. Знания их развивались путем грубейшего эмпиризма. Но сейчас в тех монастырях, где занимаются медициной, превосходно знают анатомию. И если на ощупь определяют жар, то не ошибаются и без термометра.

Конечно, многие из кочевников по-прежнему относятся с презрением к оседлым жителям. Но мало ли что они презирают! Они и китайцев — народ с такой же вековой и своеобразной культурой, как монгольская, — считают ниже себя. Для таких идеал — только Чингисхан.

И все же даже эти поклонники былых монгольских походов дали мне очень много в смысле познания человека, его развития, законов подъема и упадка в жизни народов. Сравнивая свои впечатления от монгольских экспедиций с поездкой в Америку, я должен признать, что Монголия дала мне много больше. В Америке я видел усовершенствованные умывальники. Но ничего, что выходило бы из круга привычных идей и отношений, мне там не встречалось.

Цивилизация и культура

Мы возвращались из Америки на голландском пароходе. Это было после первого международного конгресса почвоведов. В газетах писали о трансконтинентальной экскурсии через США и Канаду. А я вспоминаю неуютную страну, в которой всегда будут усовершенствованные умывальники и никогда не будет Художественного театра.

На конгрессе американские почвоведы держались очень патриотично. Они всячески отмежевывались от «влияний русской школы» и уж, конечно, не признавали нашего приоритета. Тем курьезнее звучали в американских докладах русские



В своем рабочем кабинете в Москве. 1935 г.

народные названия почв; чернозем, подзол, солончак, солонец, которые давно уже стали международными научными терминами, подобно латыни в медицине.

В Чикаго у меня был разговор о местными студентами о литературе.

— Самые интересные авторы — это Чехов и Достоевский, — сказали мне студенты.

Я спросил себя: «Почему могут быть Чехов и Достоевский интересны американцам? Не потому ли, что они непонятны и раскрывают мир совершенно другой и незнакомый?» В привычном для них мире вызовет громадное удовольствие кинозрителей и даже шумный восторг, если среди музыкальной пьесы кто-то начнет подражать мычанию коровы. Конечно, не все американцы в духовном отношении столь элементарны. Есть группы, прослойки, которые способны оценить высокое искусство. Из них, вероятно, вербовались почитатели Шаляпина. Но общий уровень культуры у американского зрителя таков, что Художественный театр там был бы просто невозможен.

На вокзале в Чикаго я наблюдал праздничную сценку. Возможно, это была свадьба. Нарядно одетые девушки проходили со своими кавалерами близко около меня. Молодые люди были в смокингах. Я смотрел на их лица, и вдруг черты их напомнили мне самых отсталых и неотесанных из ленинградских ребят, «лиговцев», о перевоспитании которых денно и ночью думали наши ленинградские культурники, педагоги и политпросветчики.

Здесь эта «Лиговка» шла в смокингах — высший свет, лучшее общество. Ее не только никто не

думал перевоспитывать, она, вероятно, воспитывала уже сама...

Как к месту было вспомнить слова покойного академика Стеклова, который сказал об Америке:

— Это страна очень высокой цивилизации и очень маленькой культуры.

На пароходе кто-то из нашей компании познакомился с певицей, возвращавшейся из Америки с гастролей. Она была уроженкой французской Швейцарии и ехала домой в большей радости. Иногда мы собирались все вместе — я, Глинка, Миклашевский, Стеценко, — и она нам пела свои песенки. Голос у нее, правда, не из блестящих. Но слушали мы ее с удовольствием.

— Меня удивляет, — сказал однажды я, почему вы поехали именно в Америку? Неужели вам мало Европы?

— Совестно вам так смеяться надо мной, — обиженно сказала певица, — с моим дарованием я не могла бы иметь успеха в Европе! Только в Америке я и могу конкурировать!..

Конверт с индийской маркой

Перебирая недавно свои бумаги, я нашел конверт с индийской маркой. Ее лев и пальма вызвали у меня воспоминание о русских женщинах — исследователях, которые работали вместе со мной над изучением почв Азии. Работала в этой области группа сотрудников. И особенно ярким у меня сохранилось воспоминание о двух женщинах. Одна из них — дочь знаменитого географа Шокальского, Зинаида Юльевна, составившая карту почв Индии. Другая, Ольга Николаевна Михайловская, дочь писателя Гарина-Михайловского, работала над почвенной картой Японии.

Обе они многим напоминали своих отцов. Михайловская — прекрасный наездник и неутомимый путешественник, кроме отваги, инициативы и предприимчивости обладала еще исключительной выносливостью — качеством, незаменимым в полевых работах почвоведов. Вспоминаю детство и юность Темы и дорожные изыскания Гарина-инженера, я узнавал все эти черты в дочери, когда она неутомимо изучала горы Крыма и Кавказа для своей оригинальной работы о почвах горных лугов.

Шокальская тоже начала изучать географию почв под влиянием своего отца. Не так давно она защитила докторскую диссертацию, представив монографию о почвах Африки вместе с почвенной картой. В тридцатых годах, когда на Втором международном конгрессе почвоведов меня избрали председателем Комиссии по изучению почв Азии, Шокальская взялась за составление почвенной карты Индии.

Это была большая и трудная работа. Некоторые думают, что подобные карты составляются на основании уже имеющихся иностранных почвен-

ных карт. Дескать, собрали то, что издано в Индии, объединили, дополнили, поправили и сделали новую карту. Но это неверно. Во-первых, в Индии никаких карт не было. А во-вторых, русская докучаевская школа почвоведов тем была и сильна, что могла устанавливать факты действительности на основании косвенных улик. Для этого нам не нужно было ездить в Индию. Мы могли сделать такую карту сидя в Москве или в Ленинграде.

Как же работала Шокальская? Зная зависимость, которая существует между климатом, растительностью и рельефом — с одной стороны, и почвами — с другой, она прибавила к трем имеющимся данным геологические материалы по Индии и таким способом составила карту индийских почв.

Эта работа... носила вполне прогностический характер. Русский почвовед Шокальская предсказывала индийским почвоведом, что у них в таких-то местах такие-то почвы. У себя в Индии они могли брать пробы для анализов и убеждаться в правильности наших прогнозов. Точность этих прогнозов зависела не только от правильности закона, установленного докучаевской школой. Она зависела еще и от эрудиции автора, от его умения предвидеть эффекты всякого рода сочетаний природных условий и их отражение на почвах.

Шокальская оказалась на высоте и оправдала наши ожидания. Об этом мне теперь и напоминал конверт с индийской маркой. После напечатания карты Шокальской из Индии был получен запрос. Нас просили разрешить перепечатать эту карту, так как она представляет большую ценность для индийских агрономов и занимающихся Индией географов.

Я смотрю сейчас на этот конверт и мне хочется сказать: «Вы помните, Зинаида Юльевна, как мы с Вами когда-то говорили об умении читать ландшафт, как живую книгу природы?»

Но Зинаиды Юльевны нет в Москве. Она живет в Ленинграде, где работает в качестве директора Центрального музея почвоведения — учреждения, единственного в своем роде не только в Союзе, но и на всем земном шаре. Единственного потому, что только в этом музее собраны и смонтированы экспонаты типов почв различных стран и показано их сочетание в ландшафтах.

Шотландский ученик

Однажды ко мне пришел молодой человек, очень живой, веселый, обаятельный, и заявил, что прислан к нам из Шотландии совершенствоваться в почвоведении.

У меня перед этим уже было два английских ученика, сотрудники опытной станции возле Лондона — Э.Россель и Джэкс. Они провели у нас около полугода, работали в музее по почвоведению, знакомились с полевыми исследованиями почв и принимали участие в экспедиции.

Шотландца звали Мюр. Он был послан своим научным институтом к академику Гедройцу для лабораторных занятий под его руководством. Но так как при этом ему нужно было ознакомиться с методом полевых исследований почв, Гедройц направил его ко мне.

Через некоторое время Мюр всецело поступил под мою опеку. Он уже умел читать по-русски и, обладая общительным, веселым характером, быстро приобрел много знакомых и друзей среди наших аспирантов и студентов. Он жил вместе с нами на квартире, посещал мои лекции в университете, участвовал в семинарах и экскурсиях.

Через год он так свыкся с жизнью у нас, что начал писать к себе на родину странные письма. Так, он имел неосторожность написать директору своего института Оггу, что на земле, принадлежащей этому институту, необходимо организовать колхоз.

За это он, конечно, получил строгий выговор от Огга. Я тоже получил из Англии письмо. Оно было написано в полшутливой форме. Огг просил «не развращать Мюра». В те годы Огг принадлежал к английским ученым, которые были тепло и искренне расположены к нам. Когда Мюр перевел на английский язык мою книгу «Кора выветривания», Огг написал в хороших тонах предисловие к ней. И перевод, и издание получились очень удачными. После выхода книги в свет пришел ряд запросов о ней из Индии и Америки.

Мюр долго вел переписку со мной. И когда узнал, что я еду в Англию на Третий международный конгресс почвоведов, гостеприимно пригласил остановиться у него и у его родителей.

Так я снова встретился со своим шотландским учеником. У него была прелестная мать, очень живая, приветливая, гостеприимная. Семья у него была простая. Отец работал наборщиком, а под старость — смотрителем зданий какой-то школы. Те дни, которые я жил у родителей Мюра, я подчинялся всем обычаям английской семьи. Сперва меня удивляло, что в квартирах английских ученых нет научных книг и я не вижу, чтобы кто-нибудь сидел и работал. Работать у них полагалось только в ла-

боратории, а дома надо было отдыхать. Это так противоречило обычаям наших ученых, которые главную работу вели на дому, что мне было трудно привыкнуть к подобным обычаям. Но потом я увидел в этом даже некоторую прелесть. По вечерам мы все собирались у камина. Был август, но чувствовалась некоторая сырость, и камин подтапливали. Мюр садился за рояль и играл на нем. Его пес обязательно присутствовал тут же. По утрам этот пес приходил меня будить.

Когда во время экскурсии мы разъезжали по Великобритании, все сразу почувствовали, насколько теплее и внимательнее к нам относились в Шотландии. В каждой мелочи было видно уважение к русской, советской науке и к ее представителям. Входите в Институт почвоведения — на одном из главных мест портрет академика Гедройца. Приступая к полевым исследованиям — участники экскурсии с восторгом отмечают влияние русской школы на постановку исследовательских работ в Шотландии.

Действительно, в Шотландии подготовленные для экскурсии почвенные срезы и шурфы отличались необыкновенной тщательностью, большой глубиной и хорошим выбором места. Объяснения почвенных профилей давал на экскурсии я. А в поле принимали участие в объяснениях Ковда и Мюр, хорошо знакомые с нашими методами.

Самые приятные воспоминания у меня остались от Абердина, где нас встретили с исключительной теплотой. В то время я себя чувствовал не особенно здоровым. У меня начиналась язва желудка. И участники экскурсии ни разу не позволили мне самому нести мой багаж. На всех пересадках и перегрузках все у меня из рук беспрекословно отбиралось.

Это внимание меня очень трогало. И, конечно, было приятно, что на конгрессе среди группы докладов, посвященных происхождению и развитию почв, выделяются доклады Мюра и его сотрудников. Шотландский ученик прямо-таки радовал своего русского учителя. ■

Стенограмма В.Стрельниковой

ПРИРОДА

популярный
естественно-исторический журнал

под редакцией

Проф. Н. К. Кольцова, Проф. Л. А. Тарасевича
и Акад. А. Е. Ферсмана

№ 7—8

ГОД ИЗДАНИЯ ПЯТНАДЦАТЫЙ

1926

Мечников и Толстой

(Встреча в Ясной Поляне)

Академик В.Л.Омелянский

*Меж ними все рождало споры
И к размышлению влекло...*

А.С.Пушкин

Их давно влекло друг к другу, этих двух глубоко искренних людей, столь близких по объединяющему их страстному исканию правды в жизни и в то же время столь различных по избираемым ими путям для достижения своих идеалов. Быть может, именно в этом противоположении и заключалась та притягательная сила, которая так неудержимо влекла друг к другу эти мятежные души, как взаимно притягиваются два полюса магнита.

Толстой и Мечников давно интересовались друг другом — брат Ильи Ильича, Иван, юрист по образованию, был даже в близких дружеских отношениях с Толстым, описавшим впоследствии его смерть с таким потрясающим реализмом (рассказ «Смерть Ивана Ильича»). На склоне лет, когда мирозерцание обоих и их нравственно-философские идеалы достаточно определились, их, естественно, неудержимо потянуло друг к другу, чтобы в личном свидании обменяться взглядами.

Нужен был лишь случай и благоприятное стечение обстоятельств, чтобы столь желанная для

обоих встреча состоялась. Такой случай не замедлил представиться. Как известно, осенью 1908 г. Илье Ильичу Мечникову была присуждена, пополам с Эрлихом, Нобелевская премия за их выдающиеся работы по иммунитету. По статуту Нобелевского комитета лица, которым присуждается премия, обязаны прочитать в Стокгольме публичную лекцию по интересующему их вопросу. Мечников остановился на теме о невосприимчивости в заразных болезнях. Чтение состоялось весной 1909 г. В Швецию Мечников отправился вместе со своей женой, Ольгой Николаевной, имея намерение заодно посетить и родную Россию, куда обоих давно тянуло.

Всем памятна те исключительные овации, которыми был встречен Мечников в Петербурге. Торжественные заседания и чествования следовали одно за другим. В огромном зале б. Дворянского собрания, ныне Филармонии, все научные общества и учреждения Петербурга объединились в горячем чествовании великого ученого.

За Петербургом следовала Москва. Опять приветствия, овации и небывалый энтузиазм всюду, где ни появлялся Мечников.

Утомленный этой атмосферой непрерывных торжеств, Мечников жаждал покоя. Он решил по дороге из Москвы на юг захватить на день к Л.Н.Толстому в Ясную Поляну, чтобы свидеться с ним и переговорить на интересующие обоих общие темы.

Краткий рассказ об однодневном пребывании в Ясной Поляне мы находим в вышедшей в 1920 г. в Париже интересной книге вдовы И.И.Мечникова, Ольги Николаевны Мечниковой «Vie d'Elie Metchnikoff», в которой свиданию в Ясной Поляне отведено несколько страниц. Неизгладимое впечатление от духовного общения с «великим писателем земли русской» сохранилось в семье Мечниковых навсегда, как о большом дне в их жизни.

Московский поезд прибыл на станцию Засека, ближайшую к Ясной Поляне, ранним утром майского дня (30/V 1909 г.). Путешественников уже ждал экипаж, предупредительно высланный из имения навстречу гостям. Ласковый пейзаж русской равнины, озаренный первыми лучами весеннего солнца, пробудил в душе Мечникова давно забытые воспоминания о родине, грустные и вместе с тем трогательные.

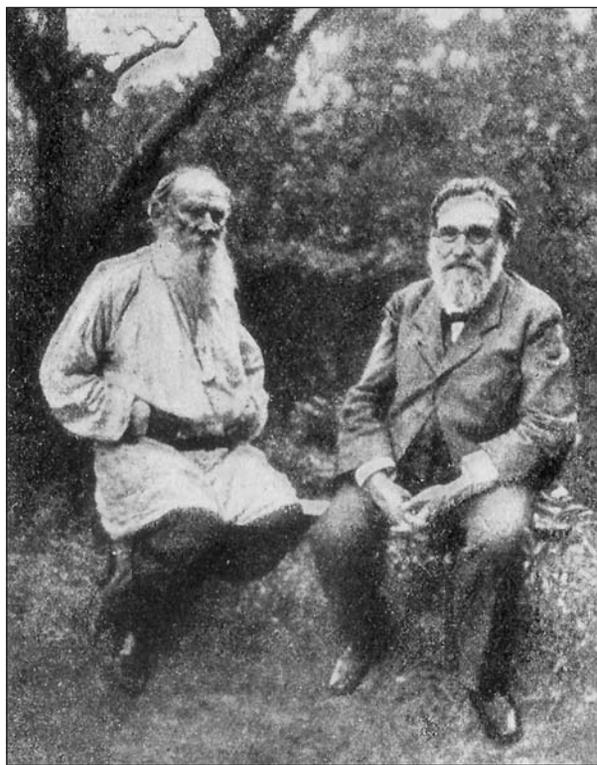
У входа в дом, на веранде, прибывших приветливо встретила одна из дочерей Толстого, а вскоре появился и сам Л.Н.Толстой.

По словам О.Н.Мечниковой, первое впечатление от облика и всей фигуры Л.Н.Толстого было несколько иное, чем то, которое составилось у них на основании бесчисленных изображений великого писателя. Вопреки ожиданиям, в нем не было ничего сурового и запугивающего. Напротив, в его взоре, глубоком и проникновенном, заглядывающем в самую душу, светилась какая-то детская незлобивость и ясность.

По случаю приезда Мечникова Толстой отменил свою очередную литературную работу, выполнявшуюся им ежедневно с большой пунктуальностью, и посвятил все время общению с Мечниковым.

Толстой с величайшим интересом расспрашивал об очередных бактериологических работах Мечникова, о современных успехах гигиены и о практических приложениях научных данных, которым Толстой придавал особенное значение. Все, что рассказывал ему Мечников, отличавшийся, как известно, исключительной эрудицией, он выслушивал с напряженным вниманием. Он заявил при этом, что грубо заблуждаются те, кто приписывает ему какое-то предвзято-враждебное отношение к науке и ее завоеваниям. Если он и смотрит несколько скептически, то лишь на псевдонауку, не имеющую никакого отношения ко благу человека.

Совершая после завтрака прогулку с Мечниковым в кабриолете, Толстой возобновил прерван-



Мечников и Толстой в парке на скамейке.

ный разговор. На отвлеченные научные работы, оторванные от живой действительности, вроде тщательных вычислений веса и размеров отдаленных планет, говорил Толстой, не стоит тратить времени и силы там, где нет отбоя от вопросов более насущных, выдвигаемых самой жизнью и требующих немедленного решения.

Мечников горячо возражал против такого ограничения сферы научной деятельности и придания ей слишком утилитарного характера. Вопреки мнению Толстого, строго теоретические научные изыскания гораздо ближе к запросам практической жизни, чем это принято думать. Многие из величайших благодеяний, оказанных наукой человеку, имеют своим источником теоретические исследования. Достаточно указать на то, что благодаря установлению наукой незыблемых законов бытия, человечество освободилось от духовно принижающего его сознания подчиненности слепым воздействиям посторонних сил. Часто мы не можем предвидеть и заранее учесть практические последствия чисто научных изысканий. Когда был открыт мир микроскопических существ, таких ничтожных по своим размерам и, казалось, таких бессильных, никто не мог предугадать, какую могущественную роль они играют в природных явлениях и в жизни человека. Знакомство с микробами, вызывающими заразные заболевания среди людей, дало нам в руки рациональные средства

для борьбы с этими врагами человека и спасло от верной смерти миллионы человеческих жизней.

За вечерним чаем разговор коснулся вопроса о старости и причинах ее наступления. Мечников с обычным увлечением развил свою теорию дисгармоний человеческого организма и причин его преждевременного одряхления. Тип Фауста в литературе ему казался лучшим воплощением эволюции человеческой жизни. Вторая часть «Фауста» прекрасно вскрывает нам непримиримое противоречие между молодыми порывами сердца, еще не насытившегося радостями жизни, и физическим одряхлением, ставящим преграду их осуществлению. Толстого заинтересовало подобное толкование, и он сказал, что еще раз прочтет вторую часть «Фауста» для проверки своего впечатления, но тут же заметил, что на себе лично он не мог наблюдать признаков подобной дисгармонии.

Применяя последовательно методы точной науки, говорил Мечников, соблюдая рациональную диету и избегая всяких излишеств, можно успешно бороться с преждевременным одряхлением и упадком умственных сил. Надо подчинить жизнь строгим правилам гигиены, и только тогда становится возможной нормальная жизнь — «ортобиоз» — и наступает «физиологическая старость». В этом случае нормально развивается чувство жизни и своевременно появляется инстинкт смерти, сходный с потребностью уснуть после трудового дня. Только возраст около 100 лет, по Мечникову, является нормальным пределом человеческой жизни, когда чувство страха смерти исчезает совершенно. Толстой заявил на это, что он не боится смерти, хотя и не подчинял так строго свою жизнь рекомендуемым Мечниковым правилам гигиены. К этому он прибавил шутя, что, с своей стороны, охотно готов прожить до 100 лет, чтобы этим доставить удовольствие своему собеседнику, на собственном примере подтвердив его теорию.

Разговор коснулся и других тем. Затронули аграрный вопрос. Толстой в то время был увлечен взглядами Генри Джорджа, приезд которого со дня на день ожидался в Ясной Поляне, и считал большой ошибкой подавление общинного начала в пользовании землей. Мечников, напротив, основываясь на личных наблюдениях, горячо отстаивал принцип частной земельной собственности, утверждая, что только при этом условии возможен рациональный уход за землей. Нравственное право пользоваться плодами земли Толстой признавал лишь за теми, кто обрабатывает ее своим трудом, наравне с крестьянином идя за плугом. Мечников возражал на это, что совершенно равное право имеют и все те, кто работой мысли оплодотворяет мускульный труд и делает его производительным, способствуя в то же время умственному и материальному прогрессу человечества.

Не были забыты также и более общие вопросы о религии, об этическом начале в жизни и т.п. Тол-

стой был поражен бьющей ключом энергией Мечникова, широтой его кругозора и полным отсутствием у него столь обычной среди специалистов узости интересов.

Но было бы, конечно, наивно ожидать, чтобы эта мимолетная встреча представителей двух столь противоположных по духу мировоззрений могла привести к быстрому согласованию взглядов. Конечно, каждый из собеседников остался верен своему основному мировоззрению. В дневнике от 31 мая 1909 года в строках, посвященных свиданию с Мечниковым, Толстой со свойственной ему прямолинейностью пишет:

«Я нарочно выбрал время, чтобы поговорить с ним один на один о науке и религии. О науке ничего, кроме веры в то состояние науки, оправдания которого я требовал. О религии умолчание, очевидно, отрицание того, что считается религией, и непонимание и нежелание понять того, что такое религия. Нет внутреннего определения ни того, ни другого — ни науки, ни религии».

Таково было впечатление от встречи с Мечниковым. Иного и нельзя было ожидать от Толстого с его крайним идеалистическим мировоззрением, с его верой в «царство божие внутри нас», с его проповедью непротивления злу. Вся эта идеология была органически чужда пылкой натуре Мечникова. Строго последовательный позитивист-ученый, он был весь от жизни, рекомендовал строить ее на началах разума и решать задачу жизни здесь, на земле, не обольщаясь будущими компенсациями там. Примирить такие взгляды нельзя было, но можно было отнестись к ним с взаимным уважением, признав их искренность и правдивость. Примиряющая точка зрения не была найдена, но собеседники расстались, вполне удовлетворенные этой встречей.

Мечникову казалось, что после этого свидания он «нашел ключ к пониманию мировоззрения Толстого», а последний заявил Мечникову, что в конце концов их мировоззрения сходятся, с тою разницею, что один стоит на материалистической точке зрения, а другой на спиритуалистической¹.

Вечер этого дня был посвящен музыке. На рояле мастерски исполнял этюды и прелюды Шопена приехавший из Москвы пианист Гольденвейзер, частый гость и друг Толстого. В тишине весеннего вечера пленительные звуки шопеновской музыки произвели на всех глубокое впечатление. Мечников и Толстой одинаково любили Шопена, Моцарта, Гайдна. Мечников, кроме того, высоко ценил Бетховена, героический пафос которого был

¹ Лицам, желающим ближе познакомиться со взглядами Мечникова и с его критикой мировоззрения Толстого, можем указать на книгу Мечникова «Сорок лет искания рационального мировоззрения» (Москва, 1914). Одна из статей этого сборника посвящена критической оценке взглядов Толстого и носит заглавие «Закон Жизни» (по поводу некоторых произведений гр. Л.Н.Толстого).

сродни его страстной натуре. Толстой относился к нему холоднее, находя его «слишком сложным». Новейшую музыку (и Вагнера) оба они считали недостаточно гармоничной и лишенной простоты.

Беседа продлилась до глубокой ночи, когда нужно было выезжать на станцию к ночному поезду для дальнейшего следования назад, во Францию. Пожимая при расставании руки своим гостям, Толстой сказал «до свиданья» — в уверенно-

сти, что эта встреча была не последней. Увы! Этому пожеланию не суждено было сбыться: через год умер Толстой, а еще через 6 лет последовал за ним и Мечников...

Таковы отрывочные сведения о полной глубокого интереса встрече этих выдающихся людей, выдающихся не только по широте и смелости ума, но и по возвышенности стремлений, богатству духовных сил и обаянию их личностей.

Взгляд на жизнь и труды В.Л.Омелянского

Ю.П.Голиков,
кандидат биологических наук
Институт экспериментальной медицины РАМН
Санкт-Петербург

Василий Леонидович Омелянский (1867—1928) — микробиолог, известный классическими трудами, показавшими роль бактерий в круговороте азота и углерода. Он первым установил возможность использовать микроорганизмы в качестве индикаторов на различные химические вещества. Эти и другие научные достижения (труды по почвенной микрофлоре, процессам брожения, нитрификации, фиксации азота, серобактериям; выделению культуры анаэробных бактерий, сбраживающих клетчатку с образованием органических кислот и водорода, изучение их морфологии и физиологии) принесли ему признание за рубежом, а на родине — еще и звание действительного члена Академии наук.

Опубликованный им в «Природе» более 80 лет тому назад очерк о Мечникове и Толстом — одно из прочих свидетельств того, что у Омелянского был вкус



Василий Леонидович Омелянский. Примерно 1895 г.

и интерес к историко-научной и научно-популярной литературе. Еще в студенческие годы он напечатал несколько статей научно-популярного содержания, например «О философском камне», «Авиация и горная болезнь», а также рассказ «У камина». Много позднее им была написана обратившая на себя внимание статья: «Развитие естествознания в России в последней четверти XIX века», которая была напечатана в многотомном издании «История России в XIX веке» (Изд. Т-ва братьев А. и И. Гранат. СПб., 1907. Т.IX. С.116–144). В ней он дает анализ взаимосвязи между политической жизнью страны в конце столетия и усилением интереса к науке.

В «Природе» 1913 г. (№9) мы находим его статью «О микробах, связывающих свободный азот атмосферы», а в 1918 г. он издает в серии «Народная библиотека “Природы”» (выходившей как своего рода приложение к журналу) брошюру «Хлеб, его изготовление и свойства».

Начало

Василий Леонидович родился 26(28) февраля 1867 г. в Полтаве в семье учителя гимназии, преподававшего древние языки. Мать, дочь священника, получила отличное домашнее образование. У Василия Леонидовича были сестра Зинаида и два брата, Павел и Александр. В доме интересовались литературой и общественными событиями. Семья владела небольшим имением в местечке Понора Острожского уезда Волынской губернии, где летом дружно работала в саду и на огороде. Такой порядок жизни сохранился у Омелянского на многие годы. Окончив гимназию в Житомире с серебряной медалью, Василий Леонидович поступил на естественное отделение физико-математического факультета Санкт-Петербургского университета. Слушал лекции Д.И.Менделеева, А.С.Фаминцына, А.Н.Бекетова,



Дом в поместье Омелянских на Украине. Понора (Острожский уезд Волынской губернии).

работал в химической лаборатории у Н.А.Меншуткина. Увлекался шахматами, рисованием, литературой и философией. По окончании университета (1890) продолжал работать на кафедре Меншуткина, но спустя два года по его же рекомендации был принят в недавно открывшийся Институт экспериментальной медицины на должность ассистента С.Н.Виноградского*, уже тогда имевшего европейскую известность.

Виноградский вспоминал: «В один зимний вечер, в первых числах ноября, я впервые увидел Василия Леонидовича, приехавшего с юга России и явившегося представиться мне в качестве моего будущего ассистента. Мало есть людей на свете, у которых вся внешность — выражение лица, речь, смех, манеры, движения — так верно выра-

жают внутреннего человека, как это было у Василия Леонидовича. Мягкий по натуре, спокойный, уравновешенный, благожелательный, прекрасно воспитанный молодой человек — представилось мне сразу, и я не только не ошибся, а, скорее, недооценил. С первого момента и до последнего, в течение почти 35 лет, отношения наши сохраняли неизменно безоблачный характер. Как было со мной, так было и с другими. И этот счастливый характер красит человека совершенно независимо от его силы и способности» [1. С.177].

Первая беседа кончилась, само собой разумеется, обязанностей будущего ассистента, который до сего времени занимался только химией. «Текущие лабораторные беседы и бывшие в его распоряжении пособия легко довели его до микробиологической зрелости в самый короткий срок. А лабораторные темы, технически трудные — вроде нитрификации, несомненно, содействовали приобретению им технической сноровки. Всякая техника, впрочем, давалась ему необычайно легко. На его манипуляции приятно было смотреть. Неслышно дви-

* См. о Виноградском: Непревзойденные заслуги С.Н.Виноградского и его исповедь. К 150-летию со дня рождения (Идишман Ю.П. Хроника жизни; Савина Г.А. От публикатора «Летописи...»; Заварзин Г.А. Ответ на некоторые вопросы; Виноградский С.Н. Отъезд. Из «Летописи нашей жизни»; Заварзин Г.А. Несколько слов в заключение) // Природа. 2006. №7. С.59–71; Гиляров А.М. Книга в книге о великом микробиологе // Природа. 2009. №8. С.87–91.

гался он по лаборатории, незаметно и не торопясь, вел химические операции или культуры, все это неизменно гладко, без напряжения и нервничания, без малейших инцидентов какого бы то ни было рода. Работа как-то незаметно спорилась в его руках, что, конечно, много содействовало развитию трудов молодой еще лаборатории. Достаточно указать на исследования по ассимиляции атмосферного азота, давшие с приходом Василия Леонидовича очень скоро определенный результат благодаря выполненным им многочисленным и точным анализам» [1. С.178].

Когда Омелянский вник в курс дела, пришла, как пишет Виноградский, «пора предложить ему самостоятельную работу, и выбор пал на разложение целлюлозы, вопрос трудный и тогда еще совсем темный». Далее Виноградский продолжал: «Одновременно с самостоятельными исследованиями шло сотрудничество со мной по вопросам нитрификации, что втянуло его в дальнейшую их разработку. По вопросу об усвоении атмосферного азота он также перешел от сотрудничества к обширным собственным исследованиям, но уже после того, как я после 12 лет совместной деятельности оставил институт».

С Виноградским и без него

Виноградский не ограничивался исследованиями по общей микробиологии, его интересы проникали и в область болезнетворных микробов, изучение которых он считал одной из основных задач института. Став в 1902-м директором ИЭМ, он перевел свой отдел из Главного деревянного двухэтажного здания института в каменное здание Отдела общей патологии, поскольку там были лучше условия для исследовательской работы. К 1898 г. относится сближение В.Л.Омелянского с Д.К.За-



С сотрудниками Отдела микробиологии. Около 1924 г.

болотным, который впоследствии вспоминал: «Я застал в Институте В.Л. Омелянского еще молодым человеком... Одна из комнат в лаборатории Виноградского была с чудным видом на Большую Невку, в ней мы и разместились вместе с Василием Леонидовичем, используя два имевшихся там стола против окон» [1. С.179].

С 1895 г. Омелянский вел совместную с Виноградским работу по свободной фиксации азота при действии анаэробного микроорганизма *Clostridium pasterianum*. При ее выполнении он стал впервые знакомиться с теми научными положениями, творцом и проводником которых был его шеф. Они легли в основу всех его дальнейших исследований и служили предметом тщательной разработки. Омелянский создал учение о специфичности и необычайной чувствительности микроорганизмов, об элективных культурах и синтетической среде. Работы велись на основе точного химического анализа. В том же году, изучив детально биохимию процесса брожения, он начал самостоятельные исследования по брожению клетчатки. Об Омелянском того вре-

мени Виноградский говорил: «Много усилий отдал Василий Леонидович этой своей первой работе! Над открытыми им бациллами... он изодрался в микрокопировании; снимая их, овладел микрофотографией, к ним применил свою основательную химическую подготовку. Успехи по характеру объекта доставались медленно, с трудом. Усталости и разочарования, однако, ни разу не пришлось наблюдать; такая реакция была ему как бы несвойственна или, по крайней мере, на нем не отражалась. Зато как сиял он, когда опыты удавались! Помню его радость, когда он показывал мне источенные бациллами кружево бумажки, фотографии которых потом воспроизводил в своих «Основах микробиологии». В результате 3-4-летних трудов начинающего ученого создалась работа, признанная образцовой по методу исследования и по полноте данных» [1. С.179].

Одновременно с самостоятельной работой до 1902 г. продолжались и общие с Виноградским исследования по нитрификации. В первой совместной статье они показали резко отрицательное отношение нитрифи-

W. L. Omeliansky †.

Im Jahre 1928 verschied in Leningrad *W. L. Omeliansky* im 62. Jahre seines an wissenschaftlichen Erfolgen reichen Lebens.

Im Laboratorium von *Menschutkin* chemisch ausgebildet, wandte er sich später der Botanik zu und wurde als Mikrobiologe Nachfolger seines bedeutenden Lehrers *Winogradsky*.

Zu den klassischen Arbeiten der biochemischen Wissenschaft zählen *Omelianskys* Untersuchungen über die bakterielle Zersetzung der Zellulose, seine Studien über die Methan- und Wasserstoffgärung des Zellstoffs. Ausgezeichnete Beiträge hat der heimgegangene Gelehrte auch zum Problem der Fixierung von atmosphärischem Stickstoff durch Bodenbakterien geliefert. Sein hervorragendes Wissen hat er in einem bekannten „Grundriß der Mikrobiologie“ niedergelegt, von dem in den Jahren 1912 bis 1926 sechs Auflagen erschienen sind.

Omeliansky leitete rühmlichst die allgemeine mikrobiologische Abteilung des Instituts für experimentelle Medizin in Leningrad und nahm unter den Mikrobiologen und Pflanzenphysiologen seines Landes den unstreitig ersten Platz ein.

C. N.



Василий Леонидович (около 1923 г.).

Объявление о кончине В.Л.Омелянского на немецком языке, подписанное С.Н. (С.Н.Виноградским).

цирующих бактерий к органическим веществам — углеводам, спиртам, белкам и пр. — и подчеркнули природу этих микроорганизмов как «неорганических окислителей». В 1903 г. в Санкт-Петербурге по инициативе Омелянского, Заболотного и Виноградского было организовано Микробиологическое общество, которое возглавил Виноградский. В течение 1903—1911 гг. Омелянский выполнил ряд исследований и опубликовал цикл статей по общей микробиологии.

В 1905 г. Виноградский ушел из ИЭМ, формально оставив за собой заведование Отделом, и уехал на Украину. Реально же Отделом стал руководить Омелянский. «Я очень рад буду, — писал Виноградский своему ученику, — если Вы меня замените, и вполне уверен в том, что больше некем меня заменить, если сохранить в институте общую микробиологию, рацио-

нальность чего вряд ли оспори-ма. В пользу этой замены я готов употребить все свое влияние. Правда, относительно размеров одного особых иллюзий не питаю». Омелянский полагал, что, не имея ученой степени, не может рассчитывать на успешность представления. Виноградский возражает: «Махните рукой на степень, когда-нибудь сама придет» [2. С.91].

В 1906 г. Василия Леонидовича назначают временно исполняющим обязанности заведующего Отделом бактериологии, и это «временно» продолжается шесть лет. Только после официального выхода Виноградского в отставку Омелянский стал (с 1912 г.) действительным членом ИЭМ.

За эти годы он подготовил и издал учебник «Основы микробиологии» (1909), переведенный на основные европейские языки, что принесло ему международную известность.

Его ученик и сотрудник И.Макринов описывает, как создавался этот классический учебник: «По каждой главе, по каждому вопросу собирался обширный материал — литературный, собственный экспериментальный, рисунки, фотографии, всевозможные записи и пр.; весь этот материал тщательно изучался, сортировался, из него выбиралось только самое важное, главное, все несущественное отбрасывалось; но и материал, признанный нужным, необходимым, излагался необычайно кратко; зачастую эта скупость изложения дополнялась прекрасными рисунками, и в результате по каждому вопросу, по каждому описываемому явлению получалось из его книги ясное представление. Часто в его книге буквально одной строчкой, двумя-тремя предложениями описывалось целое течение в данной области» [2. С.91].

Признание

В том же 1909 г. Туринская академия избрала Омелянского своим членом-корреспондентом. В 1911 г. он принял участие в Дрезденской гигиенической выставке, где в Русском отделе экспонировалась витрина с его материалами, за что его наградили почетным дипломом. В декабре 1916 г. академики И.П.Павлов, А.П.Бородин, А.С.Фаминцын, В.В.Заленский и Н.В.Насонов подписали записку об ученых трудах Омелянского, представляя его к избранию в члены-корреспонденты Академии наук.

В период нагрянувших войн он публикует статьи на злободневные темы: «Война и хлебный кризис», «Брожение теста и приготовление хлеба», «Хлеб, его приготовление и свойства». В то же время вышли работы «Бактериологическое исследование ила озер Белое и Коломное», «О микробах, развивающихся в культурах фруктовый аромат и др.». В 1917 г. им был опубликован очерк «Илья Ильич Мечников», вышло 3-е издание «Основ микробиологии», за что Петроградский университет присудил ему степень *honoris causa* без экзамена магистра.

В 1920 г. Российская академия наук наградила его золотой медалью за рецензию на книгу Б.Л.Исаченко «Бактерии Север-

ного Ледовитого океана». Василий Леонидович в 1922 г. подготовил к изданию «Практическое руководство по микробиологии» и книгу «Луи Пастер (биография и труды)». В 1923 г. вышла в свет его большая экспериментально-критическая монография «Связывание атмосферного азота почвенными микробами». В последующие годы его избирали почетным членом ряда иностранных научных обществ. В октябре 1923 г. он стал действительным членом Российской академии наук. 7 декабря того же года в почетные члены Академии избрали Виноградского, находившегося в эмиграции во Франции. Его представляли Омелянский и Заболотный.

С 1924 г. начинают выходить «Успехи биологической химии» под редакцией Омелянского. В том же году ИЭМ чествовал академика Омелянского в связи с 30-летием его научной деятельности в институте. Заболотный приветствовал друга на латинском языке.

* * *

Василий Леонидович скончался в Гагре 21 апреля 1928 г., где находился на отдыхе вместе с дочерью Ольгой (она умерла в блокадном Ленинграде в 1943 г.). Его прах доставили в Ленинград и захоронили на Богословском кладбище.

«Подводя итоги научной деятельности Василия Леонидовича, — писал его биограф Макринов, — прежде всего бросается в глаза одна уже чисто внешняя особенность: за всю свою многолетнюю работу, напечатав большое число исследований, многие из коих трактуют о сложнейших вопросах микробиологии и биохимии, он не встретил ни единого возражения против своих выводов и достижений — очевидно, всякий вопрос разрабатывался им так тщательно, все опыты обставлялись так безукоризненно, доказательства были так убедительны, что выводы сами собой напрашивались, и возражать против них не приходилось. Основным средством для проведения его исследований была простая синтетическая среда; другим средством служил точный химический анализ сред и учет всех произошедших в ней под влиянием данного микроба изменений; третье средство — это отыскание специфических свойств изучаемого процесса, что давало возможность составлять среду и вести исследования в строго определенном направлении. В результате всего этого оказалось, что исследование производилось в условиях точного эксперимента, почему исследование отличалось простотой, ясностью и убедительностью» [1. С.181]. ■

Литература

1. Красавицкий П.М. В.Л.Омелянский // Материалы к истории ВИЭМ. Т.1: 1890—1932. М., 1941.
2. Исаченко Б.Л. Отдел микробиологии // Материалы к истории ВИЭМ. Т.1: 1890—1932. М., 1941.

Новости науки

Космические исследования

Проект «Резонанс» — исследование внутренней магнитосферы Земли

В рамках этого нового много-спутникового проекта, который входит в Федеральную космическую программу, разработанную на 2006—2015 гг., планируется вывести в космос в 2012 г. четыре аппарата для измерения параметров электромагнитного поля и плазмы. Задача современных плазменных исследований — как можно более детально изучить взаимосвязь всех элементов магнитосферы, в том числе явлений разного масштаба — от макро- до микроуровня.

Внутренняя магнитосфера Земли — область, ограниченная приблизительно шестью радиусами планеты; магнитное поле внутри нее имеет форму, близкую к диполю. На высотах 1000—20 000 км Землю окружает слой холодной плазмы большой плотности (плазмосфера), вращающийся вместе с планетой. Еще один элемент внутренней магнитосферы — радиационные пояса, заполненные электронами и протонами очень высоких энергий. Именно радиационные пояса представляют основную угрозу для околоземных спутников, поскольку высокоэнергичные частицы способны вывести из строя бортовую электронику. Во время магнитных бурь внутренняя магнитосфера подвергается сильнейшему воздействию: резко возрастает интенсивность радиационных поясов, плазмосфера разрушается. В задачи проекта «Резонанс» входят как микромасштабные исследования взаимо-

действий между волнами и частицами, так и мониторинг крупномасштабных изменений в магнитосфере, связанных с геомагнитной активностью и магнитными бурями.

Проект «Резонанс» продолжает исследования, начатые международным проектом «Интербол» (1995—2000), но на качественно новом уровне. Поскольку параметры плазмы быстро изменяются как во времени, так и в пространстве, измерения необходимо производить одновременно в нескольких точках пространства с высоким временным разрешением. Именно поэтому проект с самого начала задумывался как многоспутниковый: первоначально в него входило два аппарата, но в 2008 г. было принято решение использовать четыре малых космических аппарата (КА) типа МКА-ФКИ разработки НПО им.С.А.Лавочкина. Спутники предполагается вывести по парам на две орбиты с наклоном 63°, используя ракеты-носители «Союз-ФГ» с разгонным блоком «Фрегат». Расчетный срок работы аппаратов пять лет. Для спутников будут выбраны специальные орбиты, двигаясь по которым, они смогут длительное время находиться в окрестности одной и той же силовой линии магнитного поля. Во внутренней магнитосфере электроны и протоны «привязаны» к силовым линиям, и такая траектория позволит наблюдать за их «поведением» достаточно долго.

В научную программу «Резонанса» входит не только проведение пассивных измерений параметров плазмы, но и осуществление активных экспериментов совместно с наземными установками — нагретыми

стендами (полями радиоантенн большой площади). В качестве возможных вариантов рассматривались нагретые стенды в Мурманске и Анкоридже (Аляска, США). Для таких исследований существенно, чтобы спутники длительное время находились в зоне одной и той же силовой линии, «опирающейся» на соответствующую наземную установку. В ходе экспериментов планируется проверить механизм действия магнитосферного циклотронного мазера — особого режима взаимодействия волн и частиц в окрестностях силовой линии. Этот механизм впервые был предложен и разработан сотрудниками Института прикладной физики РАН (Нижний Новгород); экспериментальная проверка его теоретического предсказания — одна из главных целей проекта «Резонанс».

В комплекс научной аппаратуры спутников входят как традиционные приборы для измерения электромагнитного поля и частиц плазмы, так и специально разработанные для проекта. В частности, для высокоточных и скоростных измерений параметров плазмы необходимы приборы с большими апертурами, что довольно сложно сделать на спутнике; непросто разместить на спутниках и сложный комплекс антенн, предназначенных для наблюдения всего диапазона колебаний в плазме. Таким образом, предстоит решать не только научные, но также интересные технические задачи.

Проект «Резонанс» предполагает широкую международную кооперацию. От России в его разработке принимают участие

Институт космических исследований, Институт прикладной физики и другие институты Российской академии наук, а также Научно-производственное объединение им.С.А.Лавочкина. Активно участвуют и европейские научные организации; эксперименты с наземными установками будут проводиться совместно с США.

По сообщениям Пресс-службы Института космических исследований РАН.

Астрономия

Загадка зодиакального света

Астрономы веками озадачивали зодиакальный свет — слабое свечение, протянувшееся полосой через все ночное небо вдоль пути, по которому в течение года проходит Солнце. Было установлено, что это солнечный свет, рассеянный в пылевом диске, который заполняет внутреннюю область Солнечной системы от орбиты Меркурия до орбиты Юпитера. Однако было непонятно, откуда взялась эта пыль. Лишь недавно происхождение пылевого диска удалось объяснить.

Ежедневно на Землю выпадает около 140 т космической пыли. Размеры частиц находятся в пределах от 100 до 200 мкм, и все они состоят из силикатных минералов. Большинство частиц сгорает в атмосфере, хотя некоторые достигают земной поверхности. Чтобы понять, как ведет себя пыль во внутренней области Солнечной системы, специалист по планетарной динамике Д.Несворны (D.Nesvorny; Юго-Западный исследовательский институт в Боулдере, штат Колорадо, США) с сотрудниками построили компьютерную модель.

В этой модели учитывается, что микроскопические частицы, обращающиеся по орбитам вокруг Солнца, помимо гравитационного притяжения к Солнцу и планетам испытывают давление солнечного света, которое

выталкивает их на периферию. Кроме того, частицы подталкиваются к центру Солнечной системы за счет тормозящего действия солнечных лучей (эффект Пойнтинга—Робертсона). К тому же в результате множественных взаимных столкновений частицы разрушаются.

Исследователи проследили с помощью моделирования судьбу частиц, выброшенных в пространство кометами и астероидами разных типов, и сравнили результаты с наблюдательными данными зодиакального света.

В предыдущих исследованиях предполагалось, что большая часть зодиакального света исходит от пыли, порожденной столкновениями астероидов. Однако в рамках данной модели единственный способ объяснить огромную протяженность зодиакального пылевого облака, расположенного ниже и выше плоскости эклиптики, — это допустить, что пыль потеряна кометами, пролетающими в окрестности Юпитера. Орбиты этих комет и сами по себе отклоняются от плоскости эклиптики намного дальше, чем астероиды, к тому же вызванные Юпитером гравитационные возмущения

еще сильнее отклоняют частицы пыли от этой плоскости. Чтобы смоделированное облако пыли было той же плотности, как и наблюдаемое в реальности, пыль должна порождаться еще и разрушающимися кометами, а не только теми, что теряют часть своего вещества при сближении с Солнцем.

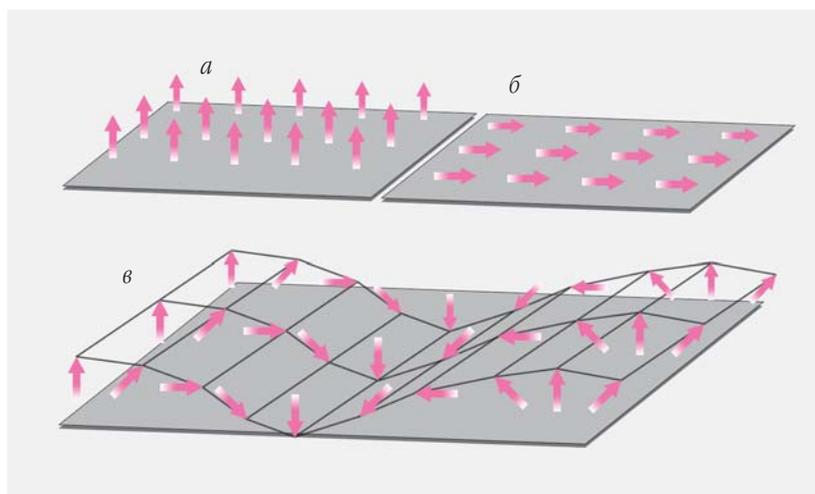
По расчетам исследователей, более 90% частиц пыли зодиакального облака исходит из комет, сближающихся с Юпитером и в конечном счете разрушающихся приливными силами в результате таких сближений.

Astrophysical Journal. 2010. V.713. №2. P.816 (США).

Физика

Спираль продлевает жизнь? Спином — да

Спин и заряд — два неотъемлемых атрибута каждого электрона. В отличие от заряда, спин (точнее — его проекция) не фиксирован, а может быть направлен как «вверх», так и «вниз». В полупроводниках спин переворачивается очень быстро — это связано со спин-орбитальным взаимодействием.



Путем облучения лазером спины всех электронов в полупроводниковой квантовой яме можно ориентировать перпендикулярно (а) или параллельно (б) ее плоскости. В обоих случаях спин-орбитальное взаимодействие быстро разрушает спиновый порядок. Комбинация поперечной и продольной ориентации, отвечающая спиральной волне (в), позволяет увеличить время спиновой релаксации на два порядка.

ем, из-за которого изменение скорости электрона при рассеянии неизбежно приводит к изменению ориентации его спина. Как следствие, время спиновой релаксации оказывается слишком маленьким для использования полупроводников в спинтронике. Можно ли придумать какой-то другой, более хитроумный, способ продлить спинам жизнь, нежели простое улучшение качества образцов и понижение температуры?

Оказывается, можно. Как показано в работе физиков из нескольких исследовательских центров США¹, выход состоит не в том, чтобы пытаться ликвидировать источник спин-орбитального взаимодействия (это вряд ли возможно в принципе), а в том, чтобы добиться такого соотношения двух его составляющих (Рашбы и Дресслхауса), при котором, как предсказывает теория, время релаксации спина максимально. Этого можно достичь, если «закручивать» спины в спираль воздействием на образец двух неколлинеарных лазерных пучков, линейно поляризованных в ортогональных направлениях, и регулировать анизотропию квантовой ямы (в данном случае GaAs/AlGaAs) — чтобы сделать неэквивалентными две ориентации спина в ее плоскости. Формирующаяся в итоге коллективная волна спиновой ориентации будет иметь время жизни примерно в 100 раз большее, чем у отдельных спинов. И с точки зрения теории это не предел!

<http://perst.ispp.ras.ru> (2009. Т.16. Вып.8).

Физика

Муары на службе микроскопии

С тех пор как лорд Рэлей сформулировал свой знаменитый критерий, определяющий разрешающую способность оптических систем, не прекращают-

¹ Koralek J.D. et al. // Nature. 2009. V.458. P.610.

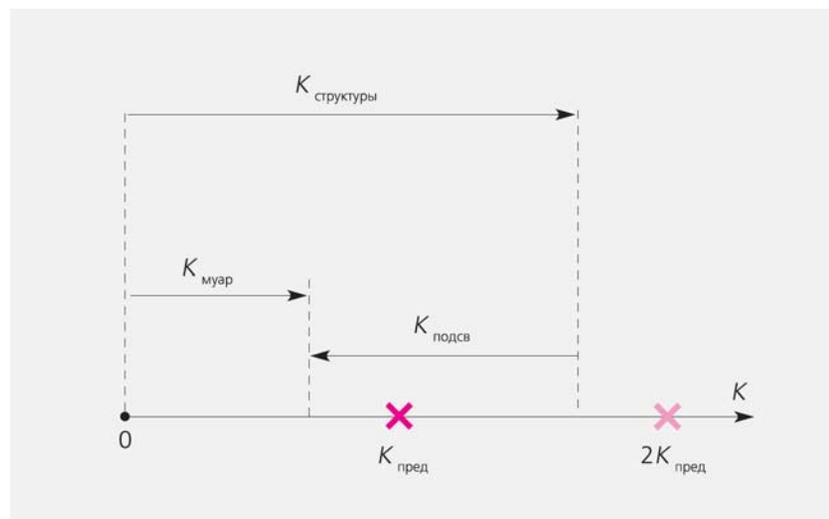
ся попытки обойти дифракционный предел и получить оптическое изображение сверхвысокого разрешения. Одним из приемов может стать структурированная подсветка с известным пространственным распределением интенсивности. Идея, лежащая в основе этого метода, основана на весьма распространенном явлении — образовании муаров. Они возникают при наложении друг на друга структур с близким периодом (например, двух расчесок) и представляют собой узоры, пространственные частоты которых — разность пространственных частот исходных структур.

Муары хорошо видны на складках тюлевых занавесок, а при съемке на цифровой фотоаппарат клетчатых или полосатых предметов они становятся досадной помехой, создавая ложные узоры. Но в микроскопии муары могут оказаться даже полезными. Например, освещая предмет излучением с периодическим распределением интенсивности в пространстве, можно получить муаровые структуры, которые, хотя и образованы мелкими деталями изображения (пространственная частота K

больше предельной $K_{\text{пред}}$), легко разрешимы с помощью обычного оптического микроскопа, поскольку характеризуются низкими пространственными частотами. Правда, нужно еще уметь отделить собственно изображение ($K < K_{\text{пред}}$) от муаров, но, зная структуру подсветки и получив кадр при однородном освещении, можно с помощью вычислений получить изображение с пространственным разрешением, вдвое превосходящим оптический предел. Однако такая методика не лишена недостатков: во-первых, периодическую подсветку с высокой пространственной частотой нужно еще получить, а во-вторых, чтобы достичь двойного разрешения не только вдоль какой-то выделенной оси, а по всем направлениям, нужно отснять огромное число изображений с различной ориентацией волнового вектора структурированной подсветки.

Новую разновидность микроскопии со структурированной подсветкой, избавленную от этих недостатков, предложили немецкие исследователи².

² Muller C.B., Enderlein J. // Phys. Rev. Lett. 2010. V.104. P.198101.



Разностные пространственные частоты, образующиеся при освещении структуры образца пространственно модулированной подсветкой с частотой $K_{\text{подсв}}$; $K_{\text{пред}}$ — предельная пространственная частота, разрешимая в микроскоп (определяется характерным размером $\Delta = 0.6\lambda/NA$, где λ — длина волны излучения, NA — числовая апертура объектива микроскопа).

Они воспользовались тем, что сфокусированный свет лазерной подсветки в конфокальном микроскопе уже содержит все необходимые пространственные гармоники, позволяющие получать разрешение на уровне 100 нм в видимом свете. Кроме того, предложенная схема может быть реализована путем незначительной модификации стандартного конфокального микроскопа: на выходе устройства вместо регистрирующего фотоэлемента нужно установить ПЗС-матрицу. Это позволит получать более полную информацию об изображении, которое представляет собой свертку структурированной подсветки и света, отраженного образцом. Зная пространственное распределение интенсивности подсветки, можно восстановить структуру образца с разрешением, вдвое превосходящим оптический предел. Конечно, объем вычислений при обработке изображений будет значителен, но кого это смущает в наш цифровой век?

<http://perst-issp.ras.ru>
(2009. Т.17. Вып.10).

Биология

Эволюция ящериц на острове Маврикий

В основе выдвижения и проверки гипотез о механизмах видообразования вот уже 150 лет лежит изучение островных фаун. Большинство теоретиков традиционно полагают, что необходимой и едва ли не главной причиной возникновения межвидовых отличий служит географическая изоляция, приводящая в конечном счете к генетически закрепленной репродуктивной изоляции. Согласно этой теории так называемого аллопатрического видообразования, генетические различия, накопленные за время географической изоляции, позволяют сосуществовать обособившимся видам на одной территории без гибридизации и обмена генами. Ящерицы-анолисы

на Малых Антильских о-вах считались редким примером подобной эволюции, вызванной географической изоляцией.

Однако работа Р.Торпа (R.Thorpe; Бангорский университет, Великобритания) и его коллег опровергает это мнение. На о.Мартиника, образовавшемся сравнительно недавно из нескольких древних, слившихся воедино островов, в течение долгого времени (от 6 до 8 млн лет) существовали, по данным геологии и молекулярной филогении, эндемичные виды ящериц-анолисов, на каждом из островов — свои. Ныне эти виды встретились, и можно проверить путем генетического анализа, действительно ли они репродуктивно изолированы. Однако исследователи, используя селективно нейтральные генетические маркеры ядерных геномов, взятые у особей из этих природных популяций, доказали, что они свободно обмениваются генами и не ведут себя как отдельные виды.

В самом деле, более выраженная генетическая изоляция наблюдается между соседними популяциями одного и того же вида из экологически различных местообитаний, чем между отдельными видами, предположительно сформировавшимися на разных древних островах. Это позволяет отвергнуть механизм аллопатрического видообразования для приведенного примера системы, считавшейся наилучшей иллюстрацией данного механизма, и предположить важную роль экологического видообразования.

PloS Genet. 2010.
doi:10.1371/journal.pgen.1000929

Молекулярная биология

Испытание наночастиц серебра

В связи с расширяющимся применением продуктов нанотехнологий важно знать, как наночастицы и нанокompозитные материалы действуют на живые орга-

низмы: тогда можно понять, токсичны ли наночастицы и есть ли потенциальный риск от них и лекарств на их основе.

В работах чаще всего изучают биологическое действие металлических наночастиц, а именно служат бактерии или клеточные культуры, влияние же на высшие организмы исследуется редко. Наиболее популярны в экспериментах подобного рода наночастицы серебра, так как их применяют в производстве пищевых добавок, игрушек, одежды, бытовой техники и т.д.

Группа исследователей из Института общей генетики им.Н.И.Вавилова РАН, НИИ общей патологии и патофизиологии РАМН совместно со специалистами Научно-производственной компании «Наномет» изучали воздействие наночастиц серебра (НЧС) на лабораторных мышей. Испытывали НЧС, содержащиеся в водном растворе, и сравнивали с действием ионов Ag^+ (в виде азотно-кислой соли) и анионного поверхностно-активного вещества (в растворе оно присутствует в избытке, так как служит стабилизатором наночастиц, которые находятся в оболочке — бислое из его молекул).

Мыши (самцы и самки) линии BALB/c были разделены на четыре группы по 16 особей в каждой. Животным первой группы однократно вводили НЧС в восьми концентрациях: от 0.0054 до 0.54 г/л, при этом содержание ПАВ составляло от 0.067 до 6.7 г/л. Именно столько же ПАВ инъецировали мышам второй группы. Азотнокислое серебро получали мыши третьей группы в концентрациях 0.05, 0.5 и 5 мМ, а животным четвертой (контрольной) вводили дистиллированную воду. За подопытными мышами наблюдали в течение 30 сут.

В первые часы после инъекции у мышей первой группы при двух наибольших дозах НЧС (0.54 и 0.36 г/л) снизилась двигательная активность, появились судороги. В дальнейшем

возник паралич задних конечностей, а через 12–24 ч наступила смерть. У остальных мышей меньшие концентрации препарата вызвали общее угнетение и токсикоз в те же первые часы, но такие признаки были менее выражены. Эти мыши тоже погибли, правда, через более длительное время. Той же участи не избежали животные второй группы, которым было введено поверхностно-активное вещество в концентрациях 6,7, 4,5 и 3,4 г/л. Ни в третьей, ни в четвертой группе за 30 сут не погибла ни одна мышь.

Судя по зависимости гибели мышей от концентрации растворов, токсический эффект наночастиц серебра в 3,6 раза выше, чем от анионов ПАВ.

В работе изучено также действие НЧС на половые клетки, которое оценивали по степени повреждения ДНК лимфоцитов и других клеток селезенки и по частоте появления аномальных головок спермиев через 21 день после введения наночастиц. Полученные в экспериментах результаты говорят, что повреждающий эффект НЧС и ПАВ существует и одинаков у обоих препаратов. Исходя из этого, полагают исследователи, применение растворов НЧС должно быть индивидуально нормировано с учетом чувствительности биологического объекта.

Авторы считают результаты анализа генотоксических эффектов наночастиц серебра предварительными и намереваются выяснить влияние металлических наночастиц на генетический аппарат млекопитающих и растений.

Acta Naturae. 2009. №3. С.109–112 (Россия).

Молекулярная биология

Протеасомы в опухолевых клетках

Молекулярные механизмы злокачественной трансформации клеток по сей день не расшифрованы, хотя экспериментаторы

пытаются с разных сторон подойти к решению этой сложной проблемы. Один из путей избрала группа исследователей из Института биологии развития РАН (ИБР). Они изучали участие внутриклеточных гидролитических частиц протеасом¹ в перерождении клеток. Эти сложные белковые комплексы существуют во множественных формах, различаются структурой и физиологической ролью. По набору протеолитически активных субъединиц принято делить протеасомы на конститутивные и иммунные. Вместе они образуют общий фонд, в который входят 20S-субчастицы (протеолитические) и 26S-субчастицы, состоящие из 20S-форм и одной или двух 19S-субъединиц-активаторов.

Исходя из многообразия функций протеасом и их участия во всех клеточных процессах, нельзя исключить, что происходят какие-то количественные изменения в их общем фонде при злокачественном перерождении клеток. Это и выясняли сотрудники ИБРА. Они изучали содержание всех протеасом и одну из их протеолитических активностей (химотрипсинподобную — ХТП) при образовании доброкачественных и злокачественных опухолей. Опыты выполнялись на мышах, у которых вызывали злокачественную трансформацию клеток печени действием дипина. Этот алкилирующий агент ведет к повреждению генетического материала — хромосомным разрывам и перестройкам, и клетки гибнут. Но на их месте могут образоваться клеточные узелки, которые, сливаясь, формируют новую ткань. Со временем единичные узелки способны дать начало крупным аденомам и гепатокарциномам.

Через 12 мес после инъекции дипина и последующей частичной резекции печени в ее ткани появились доброкачественные новообразования — мелкие

¹ Более подробно см.: *Абрамова Е.Б., Карпов В.Л.* Протеасома: разрушение во имя созидания // Природа. 2003. №7. С.36–45.

узелки, микроаденомы и крупные аденомы. Кроме них были выявлены и злокачественные новообразования, соответствующие одному из типов гепатоцеллюлярной карциномы.

Еще при образовании диффузных узелков увеличилось общее количество протеасом, усилилась экспрессия конститутивной субъединицы Х(β5) и иммунных субъединиц LMP7(β5i) и LMP2(β1i). Но при этом ХТП-активность субъединиц Х(β5) и LMP7(β5i) снизилась. Злокачественное перерождение сопровождалось еще более сильным падением ХТП-активности и еще более выраженным увеличением общего фонда протеасом и перечисленных субъединиц.

Содержание протеасом в злокачественной и доброкачественной опухолях отличалось принципиально. Только в карциноме было увеличено количество 19S-активатора, который входит в состав 26S-протеасом и определяет их уровень. Это вполне объяснимо: в клетках любой злокачественной опухоли усилен обмен белка, что требует больше протеолитических ферментов, в частности 26S-протеасом.

Причину возрастания уровня иммунных протеасом в карциноме авторы считают не столь очевидной. Эти протеасомы нарабатываются в трансформирующихся клетках, чтобы иммунная система могла выявить и уничтожить их. Вполне возможно, что при экспериментальном злокачественном перерождении клеток печени нефункциональными оказываются какие-то другие звенья, необходимые для развития иммунной реакции. Поэтому сколько бы ни производилось иммунных протеасом в опухолевых клетках, иммунная система не способна их уничтожить.

Иммунные протеасомы выполняют еще одну функцию — антиоксидантную. Поэтому, полагают авторы исследования, за счет дополнительной нара-

ботки иммунных протеасом опухолевые клетки защищаются от действия метаболитов и иных факторов, которые приводят к развитию окислительного стресса и апоптозу.

Таким образом, в работе выявлена связь между возникновением опухолей печени у мышей и изменениями в общем количестве протеасом, причем наиболее выраженными при формировании карциномы. Авторы предполагают, что образование узелков и аденомы — это этапы, предшествующие возникновению злокачественной опухоли.

Полученные в работе результаты указывают, что 19S-активатор протеасом, который избыточно нарабатывается в злокачественных новообразованиях, перспективен в качестве мишени при разработке новых противоопухолевых лекарств. Сейчас в противоопухолевой терапии используется производное бороната, подавляющее ХТП-активность всех форм протеасом. Но это средство оказывает временное терапевтическое действие и вызывает побочные явления. Более эффективным и безопасным способом авторам представляется подавление функций 19S-активатора при сохранении протеолитической активности протеасом.

Acta Naturae. 2010. №3. С.91—96 (Россия).

Вирусология

Вирус уничтожает раковые клетки

Ученые из нескольких научных центров Канады (в том числе Университета г.Калгари, Онкологического центра Т.Бейкера и Мемориального университета Ньюфаундленда и др.) выяснили, что реовирус, вызывающий простудные заболевания у детей, но практически безвредный для взрослых, способен избирательно уничтожать клетки рака простаты человека, причем как в культуре клеток, так и при введении непосредственно в опухоли пациентов.

Геном реовируса — одного из самых распространенных в человеческой популяции микроорганизмов — состоит из двухцепочечной молекулы РНК. В культивируемых линиях клеток рака простаты человека заражение реовирусом приводило к появлению новых вирусных частиц и вызывало цитотоксический эффект по типу апоптоза, т.е. программируемой гибели клеток.

После экспериментов с культурами исследователи опробовали вирусную терапию на моделях *in vivo*: иммунодефицитным мышам пересаживали под кожу кусочки раковой опухоли простаты человека и после приживления трансплантата вводили в опухоль реовирус. Одной инъекции вируса оказалось достаточно, чтобы опухоли начали уменьшаться в размере.

Шести пациентам, у которых рак простаты не выходил за пределы этого органа, инъекция реовируса была проведена прямо в опухоль. Три недели спустя пациентам сделали операции по удалению простаты, а опухоли подвергли гистологическому исследованию. В участках, прилегающих к месту инъекции, выявлена инфильтрация тканей Т-лимфоцитами, что указывает на цитотоксический эффект вируса. При этом никаких побочных эффектов вирусная терапия не вызвала.

Эти исследования открывают новые перспективы в области системной терапии раковых опухолей, которая, в отличие от применяемых ныне облучения и химиотерапии, не вызвала бы нежелательных побочных эффектов. Хотя воздействие реовируса было локальным и не распространялось на ткани, удаленные от места инъекции, избирательность заражения им только раковых клеток позволяет надеяться на возможность использования антител к этому вирусу для доставки цитотоксических веществ в опухолевые клетки.

Cancer Research. 2010. V.70. №6. P.2435—2444 (США).

Палеогеография

Природная среда Южной Сибири в четвертичное время

Используя методы палинологии и листовых отпечатков, удалось выяснить, как развивался растительный покров в течение верхнего плейстоцена при соответствующих изменениях климата на территории Южной Сибири, включая Минусинскую котловину.

Зырянское оледенение на севере Сибири, начавшееся около 70 тыс. лет назад, завершилось с наступлением так называемого каргинского теплого века. Это потепление (56—22 тыс. лет назад) было, как принято считать, самым значительным за весь четвертичный период. За ним последовало сартанское оледенение (22—10 тыс. лет назад). Судя по нашим данным, полученным в ходе комплексной геолого-почвенной экспедиции Института леса им.В.Н.Сукачева СО РАН (Красноярск), смена фаз растительного покрова в период между зырянским и сартанским оледенениями происходила быстро, и общее число фаз составило не менее 6—7. Вначале сформировалась фаза кедрово-таежного пояса в горном обрамлении. По мере смягчения климата ель и пихта стали выходить из-под защитного полога кедровников в первый ярус, и на большей части горного обрамления образовался темнохвойно-таежный пояс, потеснив кедровники на более высокие отметки в горах. В равнинную часть Минусинской котловины по долинам притоков Енисея постепенно проникали элементы темнохвойной тайги вперемежку с березниками и лиственничниками. Продолжавшееся потепление изменило границы вертикальных поясов. Начали наступать степные ассоциации, которые не только заняли всю равнину, но и продвинулись в предгорья, образовав гористую степь в нижнем ярусе гор-

ного обрамления. Темнохвойно-таежный пояс не только сдвинулся вверх, но и сменился на большей площади светлохвойной тайгой.

Примерно в это же время в связи с трансгрессией моря, происходившей на севере, границы широтных зон испытали наибольшее за четвертичный период смещение к северу. С началом регрессии моря совпал поворот к похолоданию климата. Вновь расширилась фаза темнохвойно-таежного пояса, сменявшаяся при дальнейшем похолодании фазой разраставшегося светлохвойно-таежного пояса; на этом этапе нижние ярусы горного обрамления оделись лиственничниками, сосняками с вкраплениями березняков. Ускорившееся похолодание истребило темнохвойную тайгу. Березняки стали занимать горное обрамление и спускаться на равнины (фаза березовых лесов). В эту эпоху на вершинах гор появились ледники — предвестники начинавшегося сартанского оледенения. По долинам и склонам гор распространились глетчеры, под неотступным натиском которых уничтожались остатки лесов. Березняки переместились к подножию гор, а затем — на равнинную часть котловины (фаза холодной березовой лесостепи). Начался ледниковый сартанский век.

На протяжении примерно 10 тыс. лет растительность непокрытой льдом равнины, расположенной в кольце гор, занятых глетчерами, изменялась очень медленно. На этом этапе в Сибири формировались вторые террасы Енисея, Оби и их притоков. Из-за усилившегося иссушения климата, вызванного аккумуляцией влаги поверхностью ледника, из степных ландшафтов сначала была изгнана береза (фаза злаково-полынной степи), затем состав степного травостоя начал беднеть, и в равнинной части котловин господство приобрел разреженный полынный покров. Незащищенная растительностью почва

разрушалась дующими с ледников ветрами, а скопления пыли образовали толщи пылеватых суглинков (фаза холодной полупустыни).

В конце сартанского оледенения (последнего на севере Сибири), когда языки глетчеров стали подтаивать и отступать, в приледниковой полосе возникли небольшие сфагновые болота. Видовой состав растительности медленно обогащался — среди полыней появились злаково-бобовые ассоциации. В целом в котловине сложился своеобразный ландшафт болото-степи.

Ускорившееся освобождение горного обрамления ото льда привело к образованию горно-таежного пояса. Сначала на склонах появились кедровники, вслед за которыми по долинам разрослась темнохвойная тайга. Леса не только сменили ледники, но и вступили в степь, продвигаясь на равнину по долинам рек и северным склонам куэстовых (асимметричных) гряд — фаза расширения темнохвойно-таежного пояса. Дальнейшее потепление при сохранении достаточной влажности привело к расширению лесостепного и лугово-степного пояса. Лесостепь заняла на том этапе не только окраины Минусинской котловины, но и нижние ярусы горного обрамления. В центре котловины господствовали злаково-бобово-разнотравные ассоциации. В пресных тогда озерах появились водные растения. Эту фазу можно считать для данной территории климатическим оптимумом голоцена.

Полагают, что климат на тот период был несколько теплее и влажнее современного. Усилившееся затем иссушение привело к преобразованию ксерофитов — началась фаза расширения степного и светлохвойно-таежного пояса. Бессточные озера стали ускоренно засоляться. Примитивное земледелие и выпас скота кочевниками усилили развеивание легких почв на террасах рек.

Следует отметить: если в период голоцена в сменах растительного покрова на территории Средней и других районов Западной Сибири определяющую роль играло нарастание или уменьшение тепла, то в межгорных котловинах Южной Сибири главное воздействие оказывала увлажненность равнин, зависевшая от уровня аккумуляции осадков в горном обрамлении. Во всяком случае, на динамику растительного покрова сильнее влияли перемены в условиях увлажнения, нежели в уменьшении или увеличении притока тепла. Это позволяет полагать, что температурный режим в равнинной части Минусинской котловины в течение всего голоцена был близок к современному.

© С.А.Сафарова,

кандидат биологических наук
Москва

Палеоклиматология

Вулканы и климат

Одним из наиболее резких изменений климата в истории Земли было глобальное потепление, случившееся около 55 млн лет назад. Средняя температура поверхности внезапно поднялась на 5°C и оставалась на таком уровне около 170 тыс. лет. Это привело к массовому вымиранию примитивных видов морской фауны, но также и к резкому росту разнообразия наземной растительности и расцвету млекопитающих. Причины этого события, ставшего рубежом двух геологических эпох — палеоцена и эоцена, долгое время оставались совершенно непонятными.

Новые результаты изучения кернов, полученных бурением морского дна в Норвежском море, и сейсмического зондирования геологических структур в этом районе свидетельствуют, что десятки миллионов лет назад здесь происходили чудовищные по масштабам извержения подводных вулканов. Мор-

ское дно было усеяно кратерами диаметром до 700 км, что затмевает все прочие известные вулканические катастрофы в истории Земли. К тому же эти кратеры расположены в районе, известном колоссальными месторождениями метана.

Геолог Х.Свенсен (H.Svensen, Университет г.Осло) с сотрудниками изучали керны осадочных пород этого района в течение пяти лет, с момента открытия описанной выше древней вулканической провинции. Они исследовали обнаруженные в осадках крохотные кристаллы циркона методом, который основан на соотношениях в них изотопов свинца и урана. В результате точная оценка их возраста составила 55 млн лет, что совпадает с началом палеоэоценового потепления

По мнению авторов работы, извержения магмы нагрели слои морских отложений, содержащих органику, что привело к высвобождению из них огромных количеств метана. Метан в виде пузырьков поднимался к поверхности воды и поступал в атмосферу, создавая мощный пар-

никовый эффект, длившийся около 200 тыс. лет.

Journal of the Geological Society. 2010. V.167. №3. P.433–436 (Великобритания).

Палеонтология

В Европе найдены динозавры азиатского происхождения

Цератопсы (рогатые динозавры) представляют собой многочисленную и разнообразную группу, в основном известную по находкам, относящимся к меловому периоду. Считалось, что географическое распространение этих ящеров было ограничено Азией и Северной Америкой, так как, несмотря на все усилия, надежных доказательств их присутствия на других материках до сих пор получено не было.

И вот наконец в бокситовом месторождении неподалеку от венгерского города Айка были обнаружены кости черепа нескольких особей неизвестного ранее вида рогатого динозавра, получившего название *Ajkacer-*

ratops kosmai. Возраст находки составляет около 85 млн лет (сантонский ярус верхнего мела). Согласно выводам группы палеонтологов из Венгрии, Германии и США, описавшей окаменелости, ближайшими родственниками *Akosmai* были верхнемеловые цератопсы Юго-Восточной Азии. Как же они оказались в Европе?

В конце мелового периода этот район Венгрии находился на одном из островов архипелага, который был расположен в древнем океане Тетис. В связи с этим исследователи предположили, что предки *Akosmai* начали свое расселение по территории Азии, постепенно перемещаясь с острова на остров в западном направлении (известно, что цератопсы хорошо плавали). С течением времени они измельчали: этот открытый вид динозавра по сравнению со своими предками был карликовым — его представители имели не более 1 м в длину, тогда как цератопсы ранее известных видов достигали в длину 10 м.

Nature. 2010. V.465. P.466–468 (Великобритания).

Очевидное и невероятное

В.Н.Танасийчук,

доктор биологических наук
Зоологический институт РАН
Санкт-Петербург

«О сколько нам открытий чудных / Готовят просвещения дух, / И опыт, сын ошибок трудных, / И гений, парадоксов друг, / И случай, бог изобретатель». Эти пушкинские строки, которые ассоциируются у многих с началом телепередачи «Очевидное и невероятное», невольно приходят на ум и при чтении книги палеонтолога и морского биолога Андрея Николаевича Островского. В ней говорится и о случайностях, тянущих за собой цепочку «открытий чудных», и об ошибках, которые наука исправляет через сотни, а то и тысячи лет, и о забавных парадоксах природы — но прежде всего это увлекательный рассказ о кропотливой и настойчивой работе зоологов, изучающих жизнь моря.

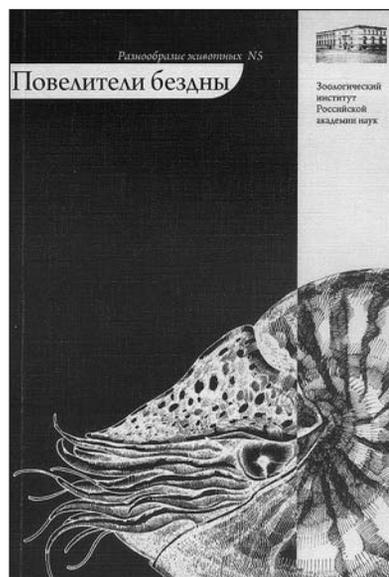
В книге три части. Первая из них посвящена головоногим моллюскам, существам, известным с древности, но как известным! Трудно не согласиться с автором: «Гигантские животные, особенно хищные, непременно становятся легендами» (с.9). Кракены (кальмары) достигали длины в «одну английскую милю» (Потоппидан. Естественная история Норвегии, 1755), поэтому им ничего не стоило обвить своими щупальцами и утащить в бездну корабль. Кровожадные полипы (то ли кальмары, то ли осьминоги) нападали на людей — «нет животного более беспощадного в причинении смерти человеку в воде» (Плиний-старший). Особенно ехидно Островский комментирует фантастическую сцену борьбы человека со спрутом, описанную В.Гю-

го в романе «Труженики моря» (с.85—86).

А что в реальности? Сто шестьдесят лет назад на берегах Дании было найдено выброшенное морем гигантское головоногое; трудолюбивые рыбаки порезали его на кусочки — чудесная наживка! Но клюв чудовища попал в руки зоолога, который понял, что он принадлежал кальмару, причем гигантскому. И начался долгий путь исследований этого существа — со взлетами и неудачами. Теперь известно, что оно достигает 13 м в длину, диаметр его глаз — 30 см (невольно вспоминаются огромные глаза собак из сказки «Огниво» Андерсена). Дотошное и скрупулезное собирание фактов, смелые эксперименты — и теперь расшифрованы его повадки, способ размножения, удалось даже вырастить личинок гигантского кальмара в аквариуме. Но как увидеть взрослое чудовище в глубине?

«National Geographic» впустую потратил год и три миллиона долларов, чтобы сделать это. Не помогла даже видеокамера, прикрепленная к любителю кальмаров — кашалоту. Повезло же японским биологам: с помощью подводной фотокамеры они четыре часа наблюдали, как гигантский кальмар пытается сорвать наживку, подвешенную на глубине 900 м, и смогли даже подцепить на крюк и поднять часть его щупальца, с которым чудовище предпочло расстаться. Оно оказалось «все-го-то» пяти с половиной метров длиной.

А вот существование гигантского осьминога, о котором издавна ходят легенды, остается под большим вопросом. Целая глава посвящена детективным



А.Н.Островский. ПОВЕЛИТЕЛИ БЕЗДНЫ (Серия «Разнообразие животных». Вып.5).

М.; СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. 216 с.

историям о находках на берегах океанов очень крупных останков «чего-то», о попытках понять сущность находки и о разочарованиях ученых.

Зато в другой главе мы узнаем о жизни и обычаях реальных осьминогов, «интеллигентов моря»; оказывается, они не только сообразительны и любопытны, но поведение каждого осьминога индивидуально! «Среди них бывают понятливые и не очень, драчливые и миролюбивые, эмоциональные трусишки и равнодушные флегмы. Более того, некоторые осьминоги играют!»

К головоногим относятся и наутилусы. Их переливающиеся перламутром завитые раковины-кораблики, отделанные золотом и серебром, можно увидеть в Эрмитаже и Оружейной палате. «Со времен расцвета древнегреческой цивилизации раковины наутилусов остаются символом совершенства». Зоолог Островский увлеченно рассказывает о секретах их ежесуточных передвижений от морского дна, где они дремлют днем, до охотничьих угодий, поверхностных слоев воды. А палеонтолог Островский не менее живо повествует об истории головоногих, начавшейся по крайней мере полмиллиарда лет назад, о том, как и почему предки наутилусов смогли пережить своих младших родственников, аммонитов и белемнитов.

Вторая часть книги посвящена акулам — существам очень древним, за 400 млн лет пережившим несколько глобальных вымираний, их удивительным органам чувств (акулу можно назвать «плавающим носом»). Подробно говорится об акулах Красного моря, излюбленного региона отечественных дайверов (кстати, существует хорошее русское слово «ныряльщик», но почему-то оно напрочь исчезло из печати). У каждого вида акул свои привычки, опасны для людей немногие из них, но осторожность не мешает. В книге есть важная информация о том,

какие существуют типы нападения акул и как люди их на это провоцируют.

Автор не обходит вниманием и самую известную из акул, самую крупную хищную рыбу современности, ужас ныряльщиков — большую белую акулу, обитающую во многих океанах и морях. С ней связаны многие невеселые истории, некоторые из них помещены в книгу. Правда, ее слава несколько преувеличена, есть акулы поопаснее, но и большую белую недооценивать не стоит. «Не верите — спросите любого тюленя».

И, конечно, палеонтолог Островский не мог не рассказать о мегалодоне — самой невероятной акуле, охотившейся на китов во времена миоцена. Хрящевой скелет акул, увы, не сохраняется, и мегалодон известен главным образом по находкам огромных окаменевших зубов — до 18 см в длину (зубы большой белой — до 7.5 см) да по следам этих зубов на костях ископаемых китов. Тщательный сравнительный анализ позволил не только выяснить размеры этого чудовища (до 15.9 м), но и «измерить неизмеряемое» — его возможный газообмен, а также реконструировать образ жизни и даже способ нападения на добычу.

Самая крупная акула, недавно названная китовой (ее длина — 20 м, масса — 34 т), — наша современница. Именно такую недавно поймали у Тайваня, а опасна она только для планктона и мелкой рыбешки. Она — фильтратор, так же как глубоководная акула-мегарот, некоторые другие акулы и скаты. Они не ловят добычу, они пасутся, отыскивая скопления планктона. И они, как и усатые киты, обладают пищеварительными ферментами, позволяющими переваривать хитин планктонных рачков.

Третья часть книги рассказывает о других обитателях бездны. Один из них — рыба Лидса (*Leedsichthys*), названная в честь английского фермера, в конце

XIX в. нашедшего и передавшего ученым несколько костей огромной и странной рыбы, обитавшей в юрском периоде. Только через сотню с лишним лет в тех же местах был найден и с огромными трудностями раскопан скелет второго, достаточно полного, экземпляра. Оказалось, что эта рыба достигала 25—28 м длины, т.е. была больше любой современной рыбы и так же, как китовая акула, питалась только планктоном...

История каждого научного открытия — маленький детектив. Сначала обозначено некое явление или предмет, суть которых неясна. Затем проводятся изучение литературы, сопоставления с имеющимися знаниями и бесконечные проверки. Только такой сложный путь может привести к истине, точнее, позволит приблизиться к ней. В книге Островского множество тому примеров. Она раскрывает поэзию поиска, при этом в ней сочетаются научная дотошность и легкость изложения.

Однако говорится в ней не только об открытиях, но и о возможных «закрытиях». Человек — существо разумное, а человечество в целом — далеко не всегда. Начинают исчезать наутилусы: их вылавливают для продажи туристам, делают из их раковин сувениры и даже пуговицы. Исчезают санитары морей — акулы: слишком ценятся их плавники, из которых делают любимый гурманами суп. Под угрозой исчезновения уже 350 видов акул, а три — почти уничтожены. «Увы, но вполне возможно, что их главная беда — жить в одно время с нами» (с.156). «Мы, одни из самых поздних вселенцев на нашу планету, воистину стали ее бедствием» (с.76).

«Повелители бездны» — пятая книга в научно-популярной серии «Разнообразие животных», выпускаемой Зоологическим институтом РАН и Товариществом научных изданий КМК. Серия эта возникла и продолжается благодаря упорному труду ее организатора и бессменного

редактора Софьи Давидовны Степаньянц. Но тираж этих книг ничтожен — 1000 экземпляров. Неужели популярная естественно-научная литература в нашей стране исчезает подобно наutilusам и акулам!?

Это связано не только с ограниченными возможностями издательств, все еще пытающихся издавать научно-популярную литературу, но и с отсутствием нормальной системы распределения. Сеть «Академкнига» до того сокращена, что не способна

конкурировать с большими книжными магазинами, где процветают отделы эзотерики и мистики, а в качестве научно-популярной литературы громоздятся дорогие и шикарные «энциклопедии» всего на свете, не всегда качественно переведенные. Книготорговцам проще заказать сотню-другую детективов модного автора, чем несколько познавательных книг. Едва-едва теплятся такие журналы, как «Наука и жизнь», «Знание — сила», не говоря уж о «Природе», которой

вскоре исполнится 100 лет. Российская популярная литература о науке, на которой были воспитаны поколения активных и любознательных людей, похоже, близка к вымиранию.

Но все еще есть энтузиасты, настолько влюбленные в свою науку, что просто не могут не рассказывать о ней. Автор «Повелителей бездны» — один из них. В предисловии к этой книге анонсируется следующая книга А.Н.Островского о жизни моря. Будем ждать. ■

История науки

Г.Ю.Любарский. ИСТОРИЯ ЗООЛОГИЧЕСКОГО МУЗЕЯ МГУ: Идеи, люди, структуры. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. 744 с.

В книге отражена история развития отечественной зоологии, при этом за основу взята судьба одного из главных хранителей зоологических коллекций — Зоологического музея МГУ. Первая часть книги отведена проблемам его организации и двухвекового существования: появлялись новые структуры, отделялись целые коллективы, переходившие в состав МГУ или иных научных учреждений, вновь созданных музеев и т.д. Зоомузей не раз менял свое положение в системе научных организаций: то был главным центром зоологии в Москве, то специализировался на изучении только беспозвоночных животных, а то и почти исчезал, а затем возни-

кал в новом облике — в качестве центра таксономической зоологии. Во второй части дан критический анализ развития в России разных разделов зоологии — от общих (систематики, теории эволюции, сравнительной анатомии, зоогеографии и др.) до предметных (териологии, орнитологии, энтомологии и др.). Третья часть посвящена людям, так или иначе причастным к этим событиям: приведены краткие биографии и фотографии нескольких сотен сотрудников музея и тех, кто был тесно с ним связан, — дарителей коллекций и ученых, долго работавших в музее. По признанию автора, Георгия Юрьевича Любарского, — энтомолога, работающего в Зоомузее с 1982 г., «список, конечно, не полон, выявлены, возможно, даже не все сотрудники музея». Но дальше он пишет: «И все же, надеюсь, представленные персоналии помогут увидеть портрет музея в ту или иную эпоху — просветительского пыла

конца XIX в., фантастической жизни 1920-х годов, бесконечных миграций и переездов 1930—1950-х...».

Хотя на титуле книги значится всего один автор, по сути это результат многолетнего труда целого коллектива ученых — сотрудников прежде всего Зоологического музея МГУ, а также нескольких академических институтов Москвы и Санкт-Петербурга. Всех помощников, участвовавших в редактировании, работе с архивами, сборе дополнительных сведений о людях, связанных с историей музея, в подборе литературы, проверке библиографии и т.д., автор поименно благодарит в предисловии. Их вклад в создание книги отмечен и издателем книги — К.Г.Михайловым, который и сам приложил немало усилий, чтобы она вышла из печати. Издана книга при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований.

Дух предков

М.Г.Томилин,

доктор технических наук

Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий,
механики и оптики

В одной из частных галерей Мельбурна, где выставлены на продажу художественные работы аборигенов, мое внимание привлекла небольшая картина под названием «Дух предков». На полотне в монохромных тонах изображен мифический лик полуоблака-получеловека (рис.1). Туловище очерчено условным контуром, руки — едва проработаны, но близко посаженные глаза словно всматриваются в вашу душу. Сюжет наивен, манера исполнения — как детский рисунок. Но в ускользящем облике чудится то лик космического пришельца, то фигура первопредка, словно сошедшая с наскальных и пещерных росписей древних обитателей Зеленого континента. Этот образ будто возник из туманного прошлого, чтобы сопровождать и опекать живущих ныне. Мне он показался вселенским символом, далеко выходящим за рамки традиций только аборигенов: таков же дух и моих предков, и, может, ваших. Разве мы в потоке несущейся жизни не ощущаем незримого присутствия своих родичей, которых уже нет с нами, но с которыми мы беззвучно беседуем и перед которыми держим ответ за свои мысли, желания и поступки. Тонкая интуиция аборигенов выразила это чувство с такой пронизывающей силой, которой, думаю, нет аналогий в искусстве других стран.

Позднее в собраниях музеев и галерей Сиднея, Канберры и Перта мне встречались и другие версии изображения духа

предков — одиночные и групповые.

Искусство аборигенов представляет собой древнейшую художественную традицию, сохранившуюся до наших дней. Пещерная живопись Австралии насчитывает более 50 тыс. лет и намного древнее росписей, обнаруженных в испанских пещерах Альмагира и Ласко. Из глубины веков до нас дошли обведенные силуэты рук древних австралийцев, словно посылающие символические послания далеким потомкам (рис.2).

Изображения человека, сохранившиеся в пещерах северо-западной Австралии, связываются с различными ритуалами аборигенов. В период засух эти рисунки обновлялись, чтобы вызвать дождь или для воплощения души еще не рожденных детей, пребывающих в теле змеирадуги. Излюбленная тема древних живописцев — охота. На островах залива Карпентария стены пещер украшены фигурами людей в лодках, вооруженных гарпунами и преследующих крупных морских животных, рыб и черепах (рис.3).

Изображения зверей, птиц, рыб, пресмыкающихся и даже людей выполнены в так называемом стиле рентгеновских снимков, когда кроме наружных органов показаны внутренние — позвоночник, сердце, пищевод (рис.4).

Часто древние художники рисовали геометрические фигуры: ромбы, зигзаги, меандры, спирали и концентрические окружности. Их можно увидеть в виде декоративной резьбы на щитах и чурингах — деревянных священных предметах

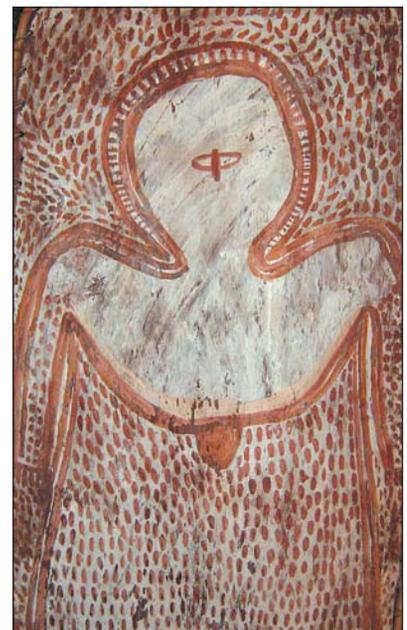
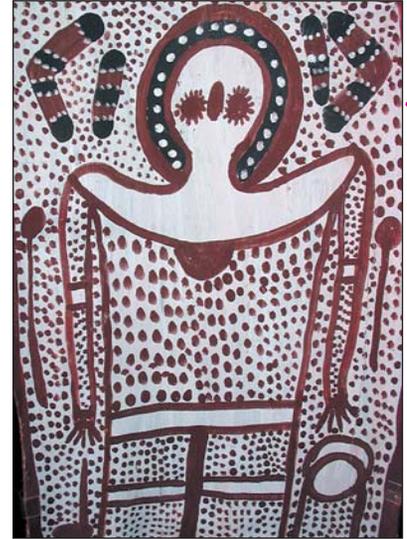


Рис.1. Различные изображения духа предков.

Здесь и далее фото автора

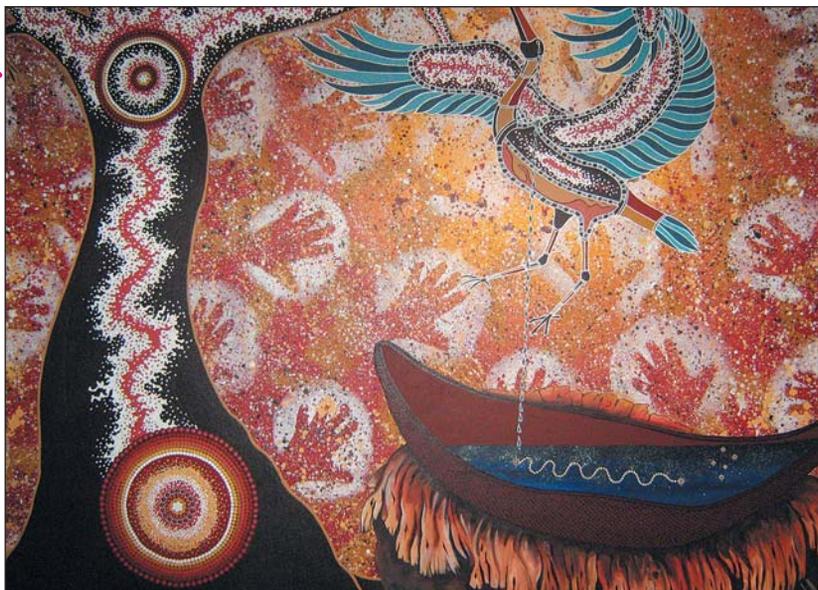


Рис.2. Обведенные пещерные рисунки австралийских аборигенов.



Рис.3. Настенные рисунки в пещерах островов Карпентарийского залива.

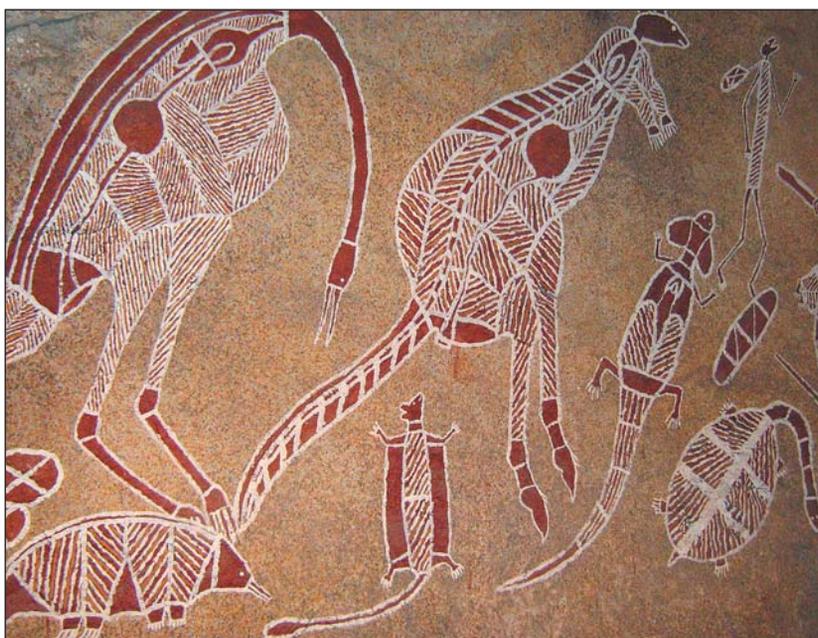


Рис.4. Рисунки, выполненные в стиле рентгеновских снимков.

(рис.5). Точками, кругами, линиями и зигзагами обозначают особенности территории: горы, холмы, сакральные места, тропы, стоянки и источники воды.

Наскальное и пещерное изобразительное наследие древних обитателей Австралии раскрыто далеко не в полной мере. Недавно 203 причудливых узора и изображения живой природы обнаружили в национальном парке «Воллеми» к северо-западу от Сиднея. Аборигены полагают, что изначально наскальные рисунки наносились первопредками, а они лишь поддерживают четкость линий, подкрашивая их охрой.

Эти произведения в большинстве своем недолговечны. Обычно после нанесения изображений на землю, стволах деревьев, на скалах и теле человека их сознательно разрушали — чтобы те не попали в руки злых сил.

Для ритуальной окраски использовались белые, черные, красные и желтые пигменты, получаемые из угля, минералов, охры и даже крови. Изобразительное искусство ориентировалось не столько на объект, сколько на действие, и сам процесс создания изображений сопровождался танцами и песнями, звуками ударных инструментов и диджериду (духового инструмента длиной 1–3 м). В европейской культуре танец и театр с изобразительным искусством связаны не столь тесно, как в культуре аборигенов.

Хотя коренные австралийцы говорят более чем на 200 языках, их мифы и традиции на удивление однородны. В них содержатся элементы, используемые племенами, обитающими на различных территориях.

Центральная концепция всей австралийской мифологии — понятие «dreamtime», переводимое с некоторым приближением как «время (эра) сновидений», когда тотемные предки (мифические прародители, существа двойной, антропо- и зоо-

морфной природы) сотворили мир и началась культурная традиция. Ритуальное искусство аборигенов — не что иное, как вхождение во «время сновидений». Художник воспринимает себя в окружении тотемных предков, изменяющих мир в этом эпизоде или на этой территории, поскольку все события представляются происходящими одновременно.

Картины аборигенов ограничены не только по темам, но и по изобразительным элементам. В их арсенале дуги, стрелы, U-образные кривые и даже следы ног, показывающие направление движения племени. Мне довелось видеть изданные детские словари с расшифровкой используемых символов: U-образные кривые — места стоянок, зигзаги — дожди и молнии. Одни и те же элементы могут иметь различный смысл. Так, концентрические окружности означают камни, водоемы, места привалов и фруктовые деревья.

Визуальные образы тесно связаны с песнями, танцами, мифами и легендами, что дает ключ к разгадке изображений.

Право передавать мифы предков молодому поколению имеют лишь старейшие — наследники самих «творцов мира» (рис.6). Они следят за соблюдением церемоний и традиций «эры сновидений» и осуществляют связь с духом предков.

Принципиальные изменения в искусстве аборигенов произошли в 70-х годах прошлого столетия, когда родилось художественное движение народа папуны, проживающего в центральной Австралии. Прибытие в 1788 г. колонистов, изгнавших местных жителей с их земель, негативно отразилось на древней культуре. Когда здесь появились первые европейцы, численность аборигенов, ведущих образ жизни людей каменного века, составляла около 300 тыс. человек. Сейчас она сократилась до 50 тыс. человек. Но еще в 1963 г. значительная часть ав-

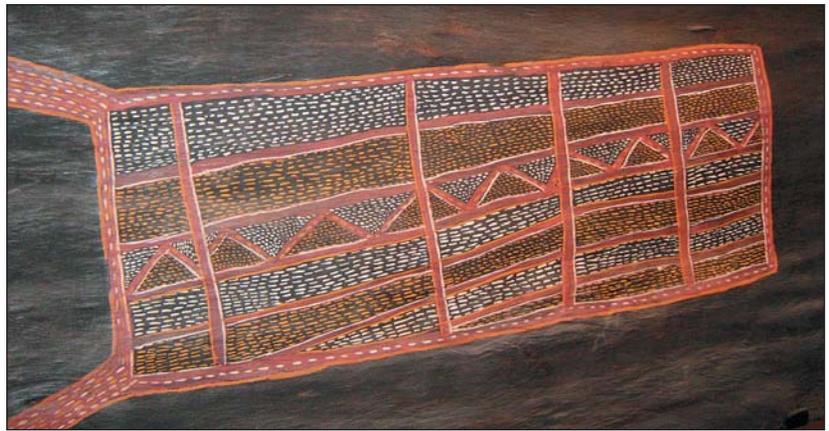


Рис.5. Декоративная резьба на щитах и чурингах — деревянных священных предметах.

стралийского общества начала выступать в защиту прав коренного населения. В 1967 г. аборигены, проживающие на своей территории более 50 тыс. лет, получили гражданство! Стала проводиться политика строительства оседлых деревень со школами и медицинскими учреждениями. Однако вовлечение детей в образовательный процесс в ряде областей встречает большие трудности, поскольку многие племена не хотят изменять укоренившийся образ жизни. Но современная цивилизация проникает в самые отдаленные уголки Австралии, необратимо изменяя старый уклад. Это не могло не сказаться и на художественной традиции.

Инициатором перемен в культурной жизни народа папуны стал учитель рисования Джеффри Бардон, приехавший в 1971 г. в страну обучать детей. Его покорило искусство местных мастеров. Однажды он настоял на том, чтобы символическое изображение медового муравья перенесли на школьную стену в традиционной манере, но с использованием современных живописных материалов. Впоследствии и другие местные художники начали рисовать, применяя новые, стойкие, материалы — холст и акриловые краски. Возникло новое направление в живописи. Уникальность этого явления состоит в том, что при сохранении ху-

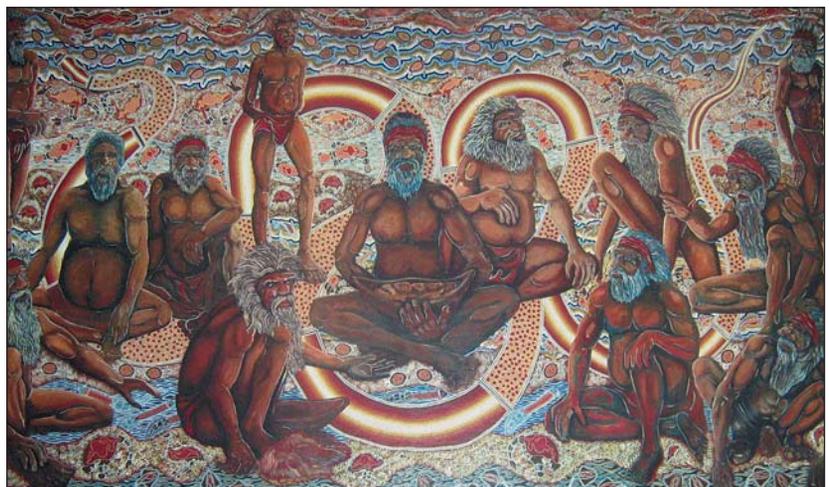


Рис.6. Старейшины древних австралийских племен.

дожественной традиции улучшилась форма передачи авторских замыслов, расширилась цветовая палитра и увеличилась долговечность произведений. Владельцы галерей на западе обратили внимание на возросший интерес к картинам аборигенов. Спрос на рынке художественных произведений способствовал созданию великолепной коллекции современного искусства народа папуныя. Мне довелось посетить постоянную экспозицию этих работ, развернутую в Музее Австралии в Сиднее. Ни с чем не сравнимые, яркие и жизнерадостные произведения мастеров отражают будничные, исторические

и мифологические события, переплетенные с традициями устного творчества. Сохраняя многовековой опыт предков «эры сновидений», современное искусство связано и с сегодняшней жизнью.

Искусство аборигенов никогда ранее не предназначалось для публичного обозрения, составляя часть сакральных ритуалов. И тот факт, что картины стали выставляться для широкой аудитории, вызывает споры об их соответствии древним традициям. К тому же до последнего времени рисунки аборигенов изучались не столько искусствоведами, сколько антропологами, которые не относят «афри-

ловую» живопись к действительно традиционному искусству. Экспонируемые в музеях и галереях работы ничего не говорят неподготовленному зрителю о глубинном содержании мифов и воспринимаются им лишь как экзотические изображения примитивных авторов.

Сейчас многие племена обучают молодое поколение использовать долговечные материалы для украшения жилищ и поиска новых художественных воплощений традиционных тем. Это означает, что изображения духа предков обретут более яркую цветовую палитру насыщенных красок и сохранят неповторимые образы на века. ■

ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

Научные редакторы
О.О.АСТАХОВА
Л.П.БЕЛЯНОВА
М.Ю.ЗУБРЕВА
Г.В.КОРОТКЕВИЧ
К.Л.СОРОКИНА
Н.В.УЛЬЯНОВА
Н.В.УСПЕНСКАЯ
О.И.ШУТОВА
С.В.ЧУДОВ

Литературный редактор
Е.Е.ЖУКОВА

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
С.В.ЧУДОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры:
М.В.КУТКИНА
Л.М.ФЕДОРОВА

Графика, верстка:
А.В.АЛЕКСАНДРОВА

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

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

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

Подписано в печать 08.07.2010
Формат 60×88 1/8
Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 479
Набрано и сверстано в редакции

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