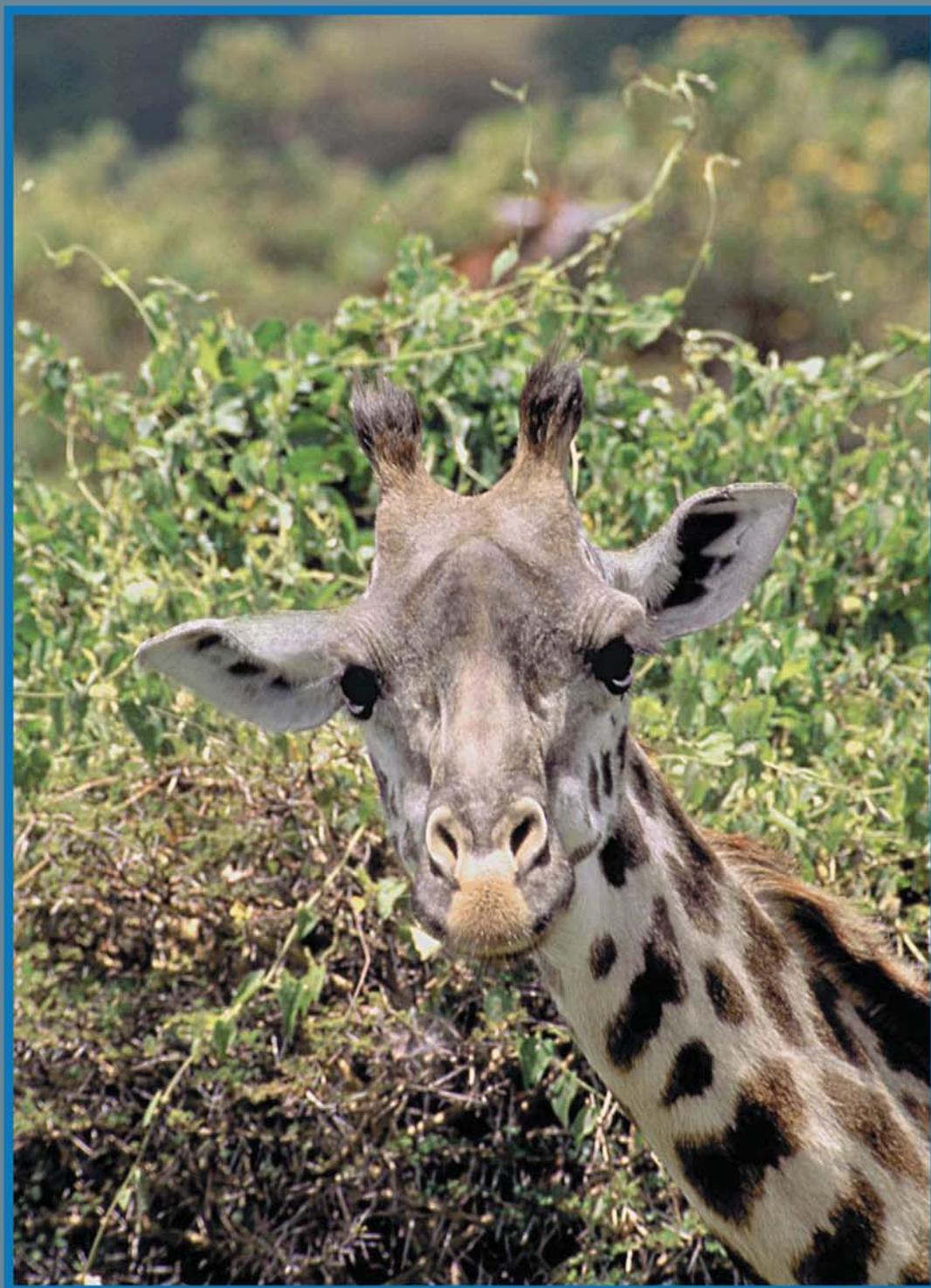


ПРИРОДА

9 04



В НОМЕРЕ:**3 Дмитриевский А.Н., Белонин М.Д.**
**Перспективы освоения
нефтегазовых ресурсов российского
шельфа**

В XXI в. акватории морей станут основным резервом наращивания углеводородного потенциала Российской Федерации.

11 Попадьян К.Ю., Мамирова Л.А.
История одинокой хромосомы

Мужскую половую хромосому можно рассматривать как бесполоый организм, не подверженный генетической рекомбинации. Каково же будущее такой хромосомы, если бесполое организмы считаются эволюционным тупиком?

17 Егоров В.С.
**Эти немагнитные
диамагнитные домены**

В магнетизме термин «домен» обычно ассоциируется с ферромагнитным упорядочением. Но, оказывается, своего рода домены бывают и в веществах, атомы которых не обладают собственным магнитным моментом.

26 Наугольных С.В.
Преуспевающий реликт

Близкие и дальние родственники нынешних хвощей процветали в палеозое, но донныне из реликтовых растений сохранился лишь этот род. Столь долгую жизнь ему обеспечили весьма эффективное размножение и стойкость к неблагоприятным условиям.

36 Белов С.В., Фролов А.А.
Чарующий чароит

Среди ювелирно-поделочных камней чароит один из самых молодых. Он стал известным лишь в начале 70-х годов прошлого века, а его единственное в мире месторождение находится в нашей стране, на берегу таежной реки Чара.

40 Родников А.Г., Силкин Б.И.
Спор вокруг плюмов**42 Архивные SMS-ки**
Архиерей, летающий под небесами**43 Калейдоскоп**

Космическое зеркало из бериллия (43). Над Марсом — воздушные шары (43). Космическая программа Японии (43).

44 Романенко Ф.А., Шиловцева О.А.
**Судьба российских полярных
станций на фоне глобального
потепления****Вести из экспедиций****54 Климов В.В.**
«Изысканный бродит жираф...»**Заметки и наблюдения****64 Плетнева С.А.**
**Экологичные привычки жителей
Хазарского Каганата****69 ЛИДЕР ЭВОЛЮЦИОННОЙ БИОЛОГИИ**
К 100-летию Эрнста Майра
Колчинский Э.И., Кошарев М.Б.
Творческое долголетие в науке (71)**Майр Э.**
**Корни диалектического
материализма (73)****Майр—Воронцов (76)****81 Новости науки**

*Далекie сверхновые и «темная энергия» (81). «Металлургия» во Вселенной (81). Что расскажет комета Вилда-2? (81). Представления о Марсе уточняются (82). Сверхминиатюрная вакуумная камера (83). Молекулярные губки из нанотрубок (83). Змею спасает хвост. Семенов Д.В. (83). Каланы снова в опасности (84). Борьба науки с невежеством (84). Создается Иракская академия наук (84). Испарение вод усиливается (84). Перемены в водах океана: колебания или тенденция? (85). Изотопный состав кислорода и тропические осадки (86). Изменения климата влияют на ресурсы российских рек (86). Как пульсируют ледники (87). Причина в океане, а не в атмосфере (87).
Коротко (68)*

Рецензии**88 Корочкин Л.И.**
Еще раз о российской генетике**91 Новые книги****92 Встречи с забытым****Михайлов Г.К.**
Леонардо да Винчи, кто он?

CONTENTS:

3 **Dmitrievsky A.N., Belonin M.D.** **Perspectives of Exploration of Russian Gas and Oil Shelf Deposits**

In XXI century the main growth potential of proven oil and gas areas in Russian Federation will be associated with offshore fields.

11 **Popad'yn K.Y., Mamirova L.A.** **The History of Lonely Chromosome**

The male sex chromosome can be considered as a sexless organism which is not subjected to genetic recombination. What future can be expected for this chromosome if sexless organisms are rendered as evolutionary dead-end?

17 **Egorov V.S.** **These Non-magnetic Diamagnetic Domains**

In theory of magnetism the term «domain» is usually associated with ferromagnetic ordering. But some kinds of domains also occur in substances without proper magnetic momentum.

26 **Naugolnykh S.V.** **The Prospering Relict**

Close and far relatives of contemporary horsetail were abundant in Paleozoic era, but only this one genus from these relict plants has survived to our days. Rather effective reproduction and robustness to harsh environment conditions gave it so surprising longevity.

36 **Belov C.V., Frolov A.A.** **The Charming Charoit**

Charoit belongs to the most novel gemstones used in jewelry and decorative art. It has become known only in 70th of the last century, and its unique deposit is situated in our country, in Siberian taiga, on the banks of river Chara.

40 **Rodnicov A.G., Silkin B.I.** **The Controversies about Plums**

42 **Archival SMSs** **Archbishop Flying Under Heavens**

43 **Kaleidoscope** Beryllium Mirror for Space Telescope (43). Aerostats over Mars (43). Japan Space Program (43).

44 **Romanenko F.A., Shilovtzeva O.A.** **The Fate of Russian Polar Stations on the Background of Global Warming**

News from Expeditions

54 **Klimov V.V.** **«The Exquisite Giraffe is Roaming...»**

Notes and Observations

64 **Pletneva S.A.** **Ecological Habits of Khazar Kaganat Residents**

69 **A LIDER OF EVOLUTION BIOLOGY** To the Centenary of Ernst Mayr **Kolchinsky E.I., Konashev M.B.** **Creative Longevity in Science (71)**

Mayr E. **The Roots of Dialectic Materialism (73)**

Mayr–Vorontsov (76)

81 **Science News**

Far Supernovas and «Dark Energy» (81). «Metallurgy» in Universe (81). What Will Tell Us Comet Vild-2? (81) Views about Mars Are Refined (82). Subminiaturized Vacuum Chamber (83). Molecular Sponges from Nanotubes (83). The Tail Saves a Snake. **Semenov D.V.** (83). Kalans Are Endangered Again (84). The Struggle of Science with Ignorance (84). Iraqi Academy of Sciences Founded (84). Water Evaporation Is Enhanced (84). Oceanic Waters Changes: Oscillations or Tendency? (85). Oxygen Isotopic Composition and Tropical Rainfall (86). Climate Changes Affect Russian River's Water Resources (86) How Do Glaciers Pulse (87). The Causes Are in Ocean, Not in Atmosphere (87).
In Brief (68).

Book Reviews

88 **Korochkin L.I.** **Once Again on Russian Genetics**

91 **New Books**

92 **Encounters with the Forgotten** **Mikhailov G.K.** **Who was Leonardo da Vinci?**

Перспективы освоения нефтегазовых ресурсов российского шельфа

А.Н.Дмитриевский, М.Д.Белонин

Общий рост потребности в углеводородном сырье и все возрастающая степень освоения запасов на континентах обусловили резкую активизацию поисково-разведочных работ в акваториях Мирового океана.

Хорошо известно, что основная часть мировых морских запасов углеводородов [1] сосредоточена на Ближнем и Среднем Востоке в гигантских месторождениях Персидского залива (66% нефти и 64.7% газа). На втором месте — Латинская Америка, где запасы содержатся в акваториальных месторождениях Бразилии, Мексики и Венесуэлы. Далее следуют Африка (преимущественно Гвинейский залив), Южная и Юго-Восточная Азия и Западная Европа (Северное и Норвежское моря).

По запасам газа после Ближне-Средневосточного региона, благодаря открытиям крупных газовых месторождений в Южно-Китайском море, следует Южная и Юго-Восточная Азия. В находящейся на третьем месте Западной Европе основные запасы газа связаны с месторождениями Северного моря. В Африке они приурочены к Гвинейскому заливу и Средиземному морю. В результате открытия газовых месторождений к северу и северо-западу от побережья Австралии резко возросли запасы газа этого региона.

© Дмитриевский А.Н., Белонин М.Д., 2004



Анатолий Николаевич Дмитриевский, академик, директор Института проблем нефти и газа РАН. Область научных интересов — литология природных резервуаров нефти и газа, бассейновый анализ, системный подход к прогнозированию нефтегазоносности недр, генезис нефти и газа, динамика Земли, экологические проблемы нефтяной и газовой промышленности, энергетическая стратегия России. Председатель Государственной экспертной комиссии по оценке возможностей реализации крупнейших проектов нефтяной и газовой промышленности. Лауреат Государственной премии СССР (1986), Государственной премии РФ (1998), Премии Правительства РФ (2003).



Михаил Данилович Белонин, член-корреспондент РАН, директор Всероссийского нефтяного научно-исследовательского геологоразведочного института Министерства природных ресурсов РФ и РАН. Специалист в области регионального изучения геологии и закономерностей нефтегазоносности осадочных бассейнов России и стран СНГ, методов геологического прогноза нефтегазоносности на суше и акваториях, компьютерных технологий решения задач нефтяной геологии и геолого-экономической оценки нефтегазового потенциала осадочных бассейнов. Заслуженный геолог РФ, лауреат Премии Правительства РФ в области науки и техники (1996).

По некоторым оценкам, начальные запасы нефти и газа на акваториях составляют 72.9 млрд т и 61.6 трлн м³ (без России). Вдобавок в последнее двадцатилетие

XX в. на повестку дня вышли поиски и разработка месторождений за пределами шельфа на глубинах моря более 200 м. В ряде зарубежных публикаций оценки

запасов глубоких акваторий всех категорий (доказанных, вероятных и возможных) колеблются от 2.8 до 7.3 млрд т условного топлива.

География морской добычи несколько иная. По нефти на первое место вышел западноевропейский регион (26%), на второе — Латинская Америка (21%), на третье — Ближний и Средний Восток (19%). Значительно выросла доля Африки — за счет стран Гвинейского залива (13%), а также Южной и Юго-Восточной Азии (9%). Северная Америка (США) дает лишь 7.5% мировой добычи морской нефти. В 2001 г. в зарубежных странах находились в эксплуатации 1203 морских месторождений нефти. Среди них имеется значительное количество крупнейших и гигантских.

К началу 2002 г. на акваториях всего добыто 27.5 млрд т нефти и 13.6 трлн м³ газа, что соответственно составило 25% и 20.4% их мировой добычи. Россия только начинает освоение своего шельфа, хотя основные направления этой столь важной для экономики работы были сформулированы еще в 80-х годах [2].

Нефтегазовый потенциал российских акваторий

Площадь континентального шельфа нашей страны составляет 6.2 млн км² (4.2 млн км² в пределах исключительной экономической зоны), что соответствует 21% площади шельфа Мирового океана. Не менее 4 млн км² перспективны на нефть и газ (рис.1) — такая площадь на суше в России составляет около 6 млн км². По прогнозной оценке, начальные извлекаемые ресурсы углеводородов на шельфе России достигают почти 100 млрд т условного топлива, в том числе 16.7 млрд т нефти и конденсата, и около 78.8 трлн м³ газа, что соответствует 20—25% от общего объема мировых ресурсов углеводородов.

Всего на акватории России отработано около 1 млн погонных километров сейсморазведочных профилей, и 5700 км² площадей покрыто сейсморазведкой. Пробурено 178 скважин общим метражом более 440 тыс. м. Изученность шельфа в высшей степени неравномерна: наряду с хорошо или относительно хорошо изученными российскими сектора-

ми Балтийского и южных морей, шельфом о.Сахалин, Печорским морем, южной частью Баренцева моря, значительные площади арктического шельфа (северные районы Баренцева и Карского морей, моря Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское) исследованы только редкой сетью сейсмических профилей, от Таймыра до границы с США на арктическом шельфе РФ не пробурено ни одной скважины.

Выявлено более 450 локальных объектов, открыто 32 месторождения, в том числе супергигантские газовые — Штокмановское, Русановское, Ленинградское в Западной Арктике и несколько крупных месторождений нефти на северо-восточном шельфе Сахалина и в Печорском море.

В соответствии с энергетической стратегией России на период до 2020 г. подготовка запасов и освоение нефтяных и газовых месторождений на шельфе арктических [3, 4], дальневосточных [5] и южных морей — одно из наиболее перспективных направлений развития сырьевой базы нефтяной и газовой промышленности России. Доля морей в об-

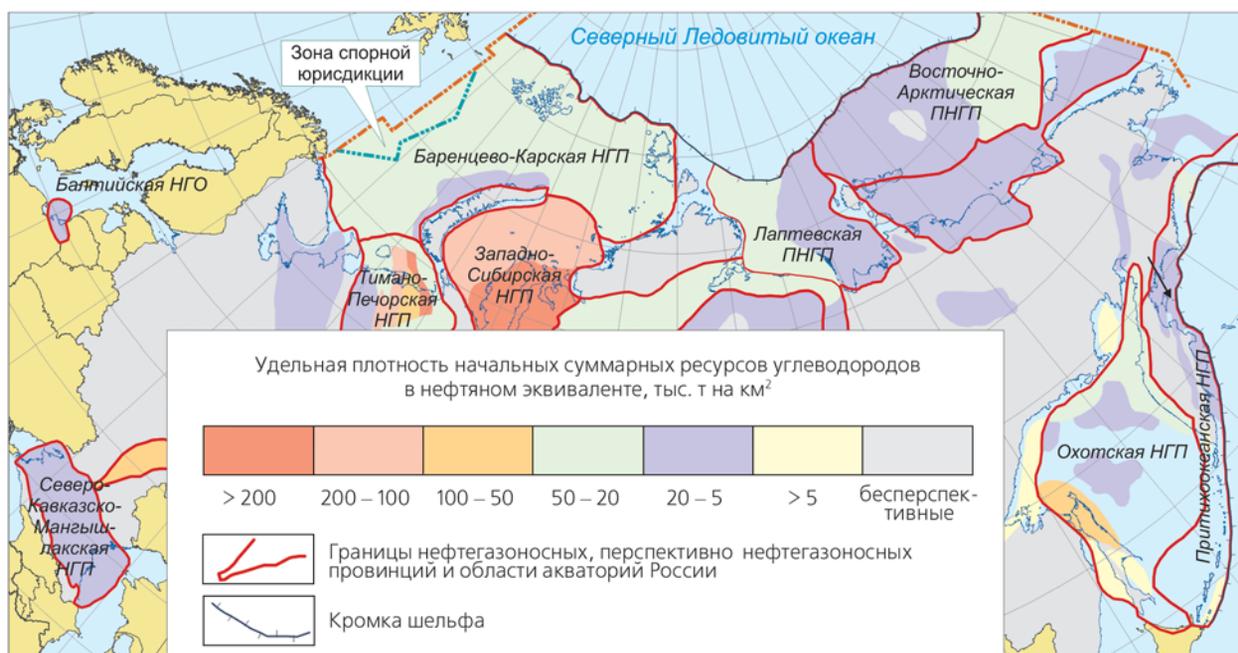


Рис. 1. Нефтегазоносные и перспективно нефтегазоносные провинции (НПП и ПНПП) и области акваторий России.

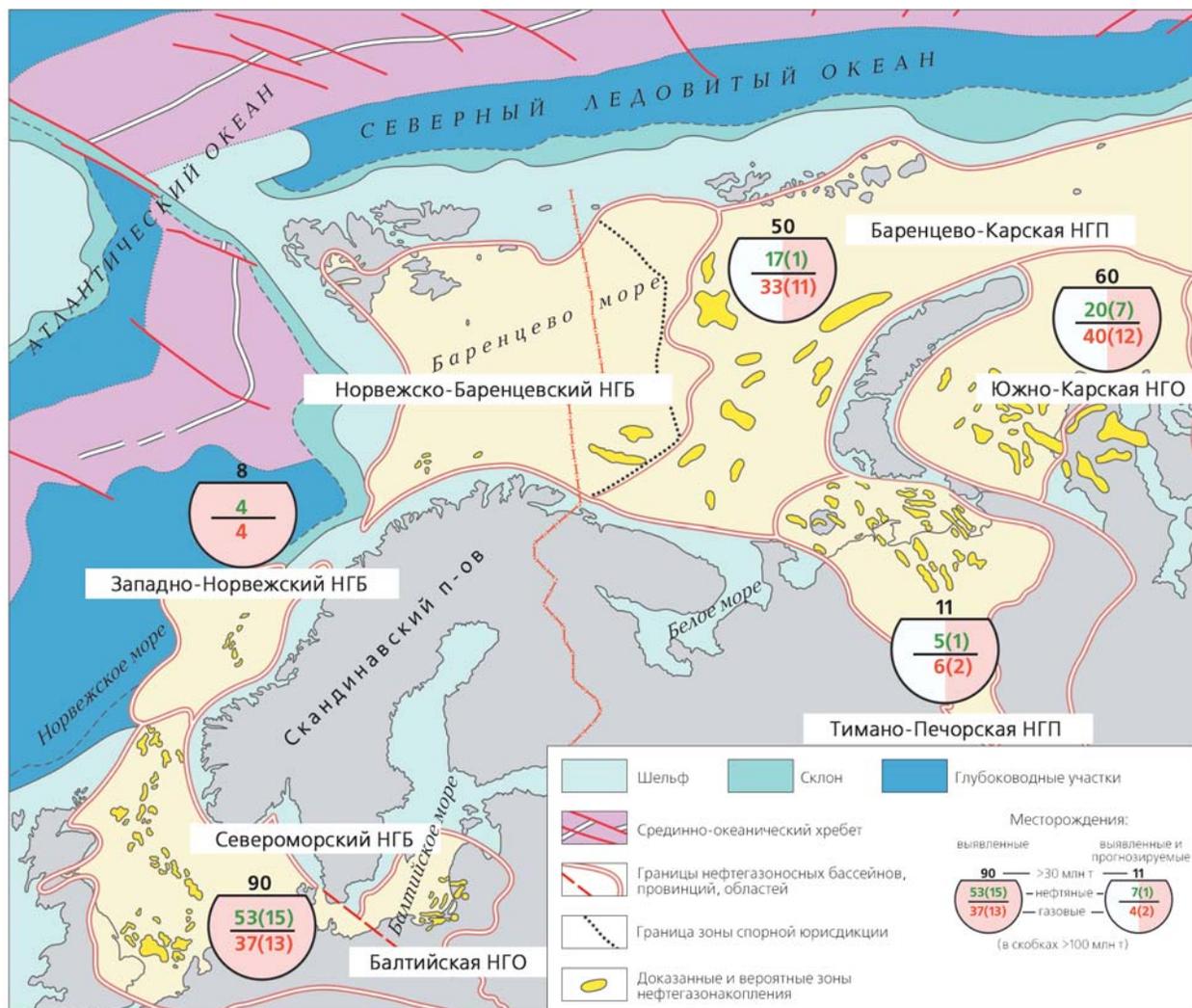


Рис.2. Нефтегазоносные бассейны, области и провинции северо-западных окраин Евразии.

щем приросте запасов углеводородного сырья в России может достигнуть 10–15% к 2010 г. и далее будет расти.

Начальные суммарные ресурсы морской периферии России по сегодняшним оценкам составляют 133,5 млрд т условного топлива или около 100 млрд т извлекаемых ресурсов, распределенных в 16 крупных морских нефтегазоносных провинциях и бассейнах.

Наибольшая доля ресурсов — около 62,7% — приходится на моря Западной Арктики: Баренцево, Печорское и Карское (рис.2). За ними, в порядке убывания, следуют Охотское, Восточно-Сибирское и Каспийское моря.

Освоение топливно-энергетического потенциала континентального шельфа России способно сыграть определенную стабилизирующую роль в динамике добычи нефти и газа, смягчая или нивелируя возможный спад, прогнозируемый рядом экспертов за счет истощения континентальных месторождений в период 2010–2020 гг.

Углеводородный потенциал континентального шельфа в целом способен обеспечить высокие уровни добычи, которые при благоприятных условиях могли бы составить до 20% всего предполагаемого объема добычи нефти и до 45% всего объема добычи газа.

Начиная с 2010–2015 гг. предполагается прирост нефтяных ресурсов за счет открытия новых морских месторождений. В Баренцевом море месторождения могут быть связаны с палеозойскими и триасовыми ловушками на бортах Восточно-Баренцевского прогиба, Северо-Баренцевского бассейна, Земли Франца Иосифа и Приновоземелья. В Карском море ожидается высокая нефтепродуктивность в юрско-меловых и более древних отложениях. Последние могут оказаться высокопродуктивными, в частности в Северо-Карском районе. Высокие перспективы связываются с крупными платформенными прогибами на

юге моря Лаптевых, в центральной части Восточносибирского моря и в Чукотском море. Наконец, значительные ресурсы нефти прогнозируются в триасовых и палеозойских отложениях Среднего и Северного Каспия. Суммарный прирост геологических ресурсов во всех указанных регионах за период реализации Стратегии может составить от 30 до 45 млрд т условного топлива.

Анализ зарубежного опыта освоения морских нефтегазовых ресурсов показывает, что имеется два пути освоения крупных нефтегазовых ресурсов (в том числе и шельфа). Стратегически взвешенная и четкая политика таких, например, государств, как Норвегия и Китай, привела к их обогащению за счет иностранных инвестиций в морскую подотрасль. В то же время подобные вложения стали лишь средством выкачивания углеводородов при временных, незначительных льготах для таких государств, как Нигерия, Индонезия, Мексика.

Для освоения морских месторождений, особенно в арктических и дальневосточных морях с тяжелыми гидрометеороусловиями и удаленностью от обжитых мест, помимо создания организационно-правовых условий, требуются огромные инвестиции, измеряемые в конечном итоге десятками миллиардов долларов. Например, подсчитано, что для реализации проектов Сахалин-1, -2, -3 необходимо более 30 млрд долл., а освоение Штокманского месторождения потребует более 20 млрд долл.

Организация прибрежно-морских нефтегазодобывающих комплексов

В настоящее время уже создаются прибрежно-морские федеральные нефтегазодобывающие комплексы в районах с высокой концентрацией промышленных запасов углеводородов, которые можно разделить на две группы.

К первой относятся Печороморский и Южно-Баренцевский, Южно-Карский, Северосахалинский [4, 5], Каспийский и Балтийский районы. При этом наиболее перспективны первые два (рис.3). Предполагается, что здесь начиная с 2010 г. будет добываться до 10 млн т нефти и 50 млрд м³ газа с выходом в 2020 г. на уровень добычи 30 млн т нефти и 130 млрд м³ газа.

Нефтегазодобывающий комплекс Печороморского и Южно-Баренцевского районов будет формироваться на базе запасов уже открытых месторождений нефти — Приразломного, Северо-Медынского, Северо-Гуляевского, Варандей-море, Поморского, Долгинского и развиваться по мере поиска и развития многочисленных компактно расположенных перспективных объектов (структуры Полярная, Алексеевская и др.). Извлекаемые запасы нефти этих структур и месторождений составляют 600—700 млн т.

Запасы газа в основном сосредоточены в Западно-Баренцевской провинции и составляют более 4000 млрд м³. Основа газодобывающего комплекса — Штокманское газоконденсатное месторождение, запасы которого (3,2 трлн м³) вместе с Ледовым (500 млрд м³) и Лудловским (220 млрд м³) создают его надежную ресурсную базу. Здесь выявлено еще несколько перспективных структур — Туломская, Териберская и др. Общие ресурсы этого перспективного района газодобычи оцениваются не ниже 5—6 трлн м³ газа.

Южно-Карский нефтегазодобывающий комплекс характеризуется наличием двух крупнейших газовых месторождений — Русановского и Ленинградского, а также гигантских месторождений п-ова Ямал (Харасавейского и Бованенковского), месторождений южнокарского мелководья (Харасавейское море, Крузенштерновское, Западно-Шараповское), многочисленных окончаний в губах открытых на суше и акватории месторождений

(Самконтское, Юрхаровское, Каменномысское, Северо-Каменномысское, Антипаютинское, Симановское, Тота-Яхинское). Разработку месторождений Южно-Карского района необходимо увязывать с разработкой месторождений п-ова Ямал и использованием для транспорта морского газа системы газопроводов на полуострове.

Северо-Сахалинский нефтегазодобывающий комплекс наиболее подготовлен к промышленному освоению районом на шельфе России (рис.4). Он охватывает и месторождения суши о.Сахалин [6]. Морскими работами здесь открыто шесть крупных газоконденсатных и нефтегазовых месторождений и одно газовое. Суммарные извлекаемые ресурсы района оцениваются не ниже 1700,0 млн т нефти и 4500 млрд м³ газа. В настоящее время это единственный район добычи нефти в море. В 2001 г. на Пилтун-Астохском месторождении добыто более 2 млн т нефти. В будущем здесь прогнозируется еще несколько крупных нефтяных (более 30 млн т) и свыше десятка газовых и газоконденсатных месторождений от 30 до 300 млн м³ каждое. Оптимальная добыча в 2020 г. может достигнуть 45 млн т нефти и 60 млрд м³ газа. Для транспортировки сырья дополнительно к существующим планируется построить новые нефте- и газопроводы. Предусматривается строительство нефтеперерабатывающего завода и завода по сжижению газа. Формирование Северосахалинского нефтегазодобывающего комплекса знаменует собой начало развития нефтегазовой отрасли на Востоке России.

Каспийский нефтегазодобывающий комплекс формируется для освоения значительных ресурсов нефти и газа в регионе. Район предполагаемого формирования нефтегазодобывающего комплекса характеризуется развитой инфраструктурой и наличием месторождений на побережье и в акватории. Каспийское море характеризуется наиболее

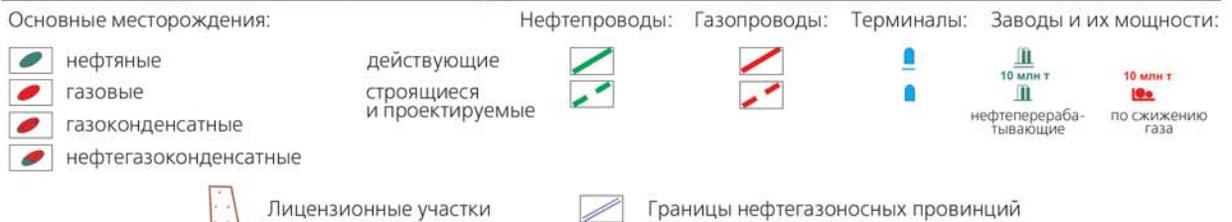
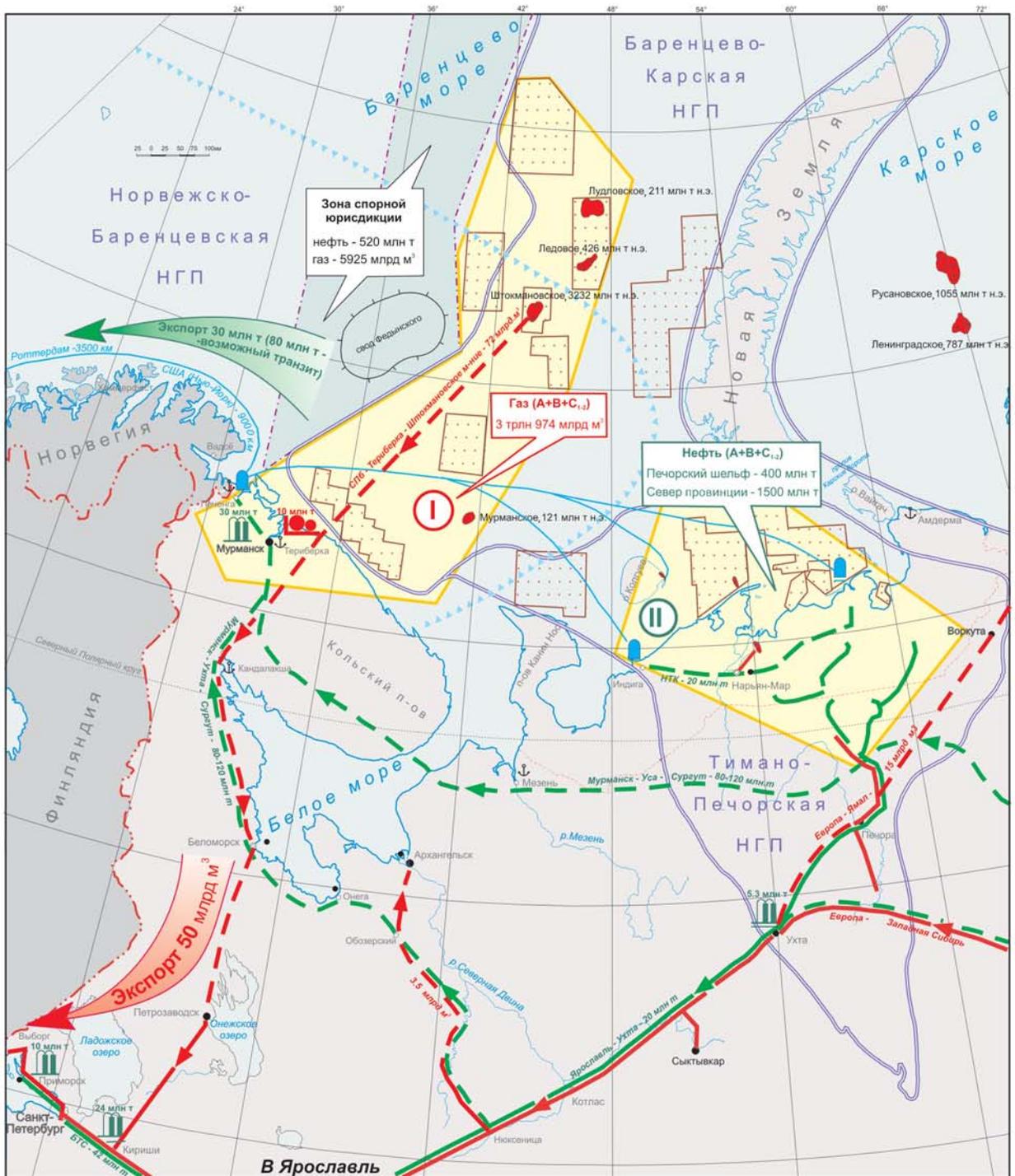


Рис.3. Схема развития территориально-экономических комплексов Северо-Запада России. Римскими цифрами отмечены нефтегазодобывающие комплексы: Штокмановско-Мурманский (I), Печорский (II).

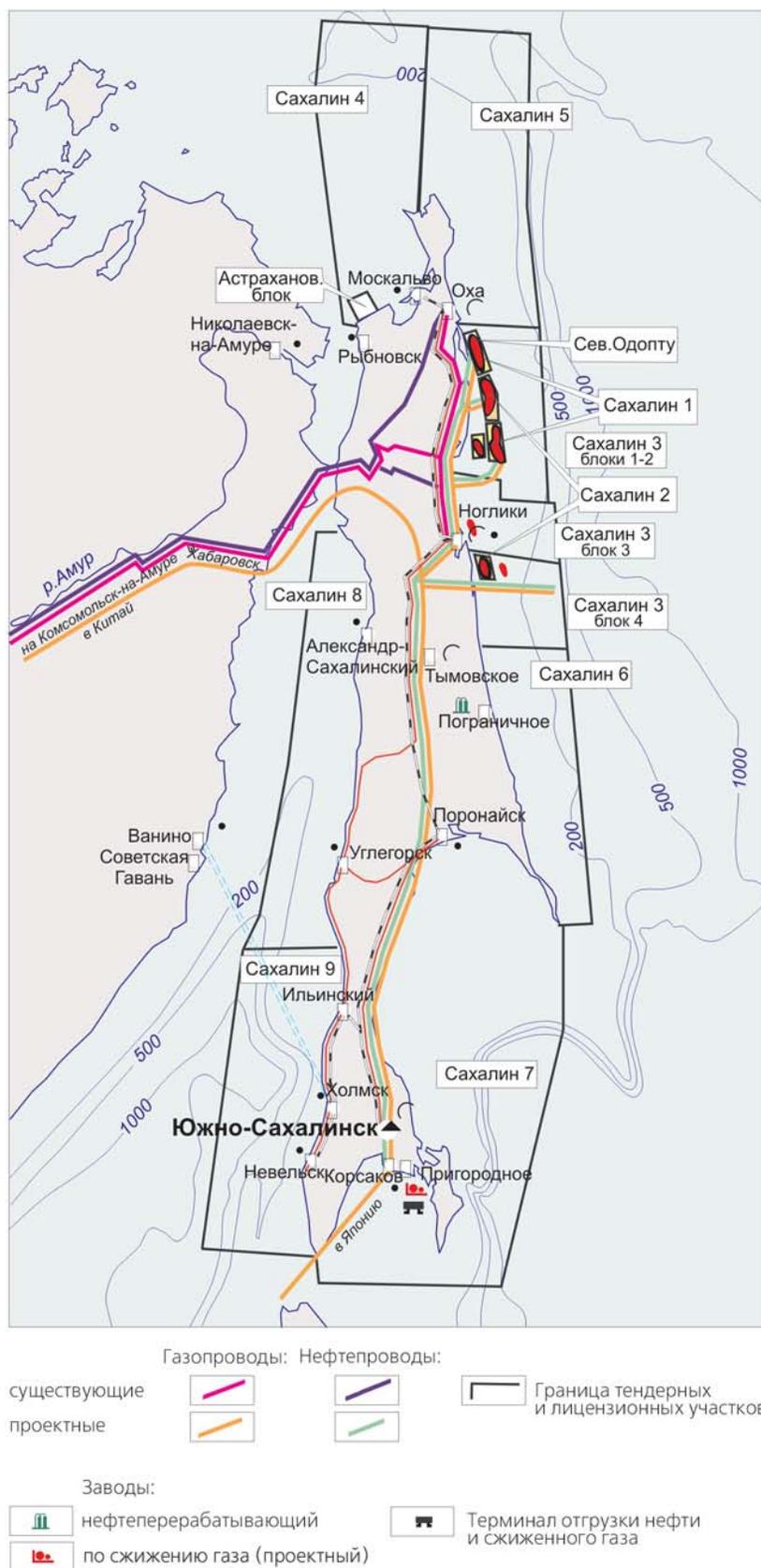


Рис.4. Схема освоения нефтегазоносных районов Сахалина и островного шельфа.

сбалансированной структурой запасов и ресурсов всех категорий. Начальные извлекаемые ресурсы шельфа составляют 1046 млн т нефти и 1905 млрд м³ газа.

На шельфе планируется разработка пяти месторождений нефти, газа и конденсата и еще пяти-шести перспективных структур. В результате их освоения в 2020 г. может быть обеспечена добыча до 10 млн т нефти и 40 млрд м³ газа.

Балтийский нефтегазодобывающий район по своим потенциальным ресурсам имеет местное, региональное значение. Начало его освоения обусловлено максимально высокими среди всех акваторий России значениями доли нефти и степенью их разведанности (13,7% — запасы высоких категорий). Сравнительно небольшие запасы нефти компенсируются развитой наземной инфраструктурой Калининградской области и ее уникальным (анклавным) географическим положением в Европейском регионе, практически лишенном естественных энергоресурсов. Максимальный уровень годовой добычи нефти здесь составит 1.0 млн т.

Вторая группа нефтегазодобывающих комплексов включает Магаданский, Западно-Камчатский, Хабаровский в Охотском море, Берингоморский, Чукотский, Южно-Лаптевский и ряд других перспективных районов. Контуры их формирования недостаточно ясны в связи со слабой изученностью ресурсов нефти и газа акваторий и в большинстве случаев — с отсутствием соответствующей инфраструктуры. Однако, как и нефтегазодобывающие комплексы предыдущей группы, они призваны решать как федеральные, так и местные задачи энергоснабжения.

Пути транспортировки и экспорта

Создаваемые прибрежно-морские нефтегазодобывающие комплексы в значительной степени смогут использовать существую-

щую и проектируемую (в целях освоения месторождений севера Тимано-Печорской и Западно-Сибирской нефтегазовых провинций) систему нефте- и газопроводов, рассчитанную на обеспечение внутренних и экспортных потребностей России.

Для транспортировки на юг Сахалина с последующим вывозом на рынок Азиатско-Тихоокеанского региона газа морских месторождений северосахалинского шельфа проектируется газопровод, который протянется от северной части острова до его южной оконечности.

Второй важнейший способ перевозки нефти и, вероятно, сжиженного газа морских месторождений — Северный морской путь. Он позволит везти на рынки запада — Западной Европы и США — и востока — США и стран Азиатско-Тихоокеанского региона. Здесь решающую роль будут играть крупнотоннажные танкеры и метановозы ледового класса.

Наконец, в случае открытия крупных запасов газа на юге моря Лаптевых возможны варианты подключения этого района к системе газопроводов севера Западной Сибири, а в случае особо крупных открытий — строительство газопровода (с использованием действующей системы газопроводов месторождений Республики Саха-Якутия) на российский Дальний Восток с дальнейшим выходом на страны зарубежной Азии.

При освоении нефтегазовых ресурсов шельфа приходится в первую очередь учитывать существующую инфраструктуру прибрежных нефтегазодобывающих территорий, и прежде всего действующую и планируемую систему трубопроводов. Это система трубопроводов Северо-Западного федерального округа, важная для освоения месторождений Печорского моря и южной части Баренцева моря, и морской транспорт в Западную Европу и США; это система газопроводов Западная Европа — север Западно-сибирской нефтегазоносной

провинции; это развитая трубопроводная сеть вокруг перспективных акваторий российских секторов южных (Азовское, Черное и Каспийское) и Балтийского морей. При этом небольшие объемы региональных работ в последней группе морей предполагается завершить в ближайшие годы, и дальнейшее освоение их нефтегазовых ресурсов будет осуществляться за счет средств инвесторов. В то же время, региональное изучение северных, слабо изученных районов Баренцева и Карского морей и их внешних глубоководных зон с целью обоснованной оценки их углеводородных ресурсов будет продолжаться, по крайней мере, до 2010 г. По итогам этих работ ожидается расширение оценки за счет перспективных осадочных бассейнов континентального склона, контуры которых будут конкретизированы в процессе уточнению внешней границы континентального шельфа РФ в Северном Ледовитом океане. Параллельно с региональным изучением северных районов, в южных районах обоих морей предполагается осуществление регулярных лицензионных аукционов.

Принципиально иная ситуация имеет место в дальневосточных (Японское, Охотское, Берингово) и восточно-арктических морях (Лаптевых, Восточно-Сибирское и Чукотское), где все главные осадочные бассейны целиком или в большей своей части размещаются на акваториях, а на прибрежной суше (Чукотка, Западная Камчатка) открыты лишь мелкие по запасам нефтяные, нефтегазовые и газоконденсатные месторождения, и на большей части побережий практически отсутствует развитая инфраструктура. Остров Сахалин с его десятками мелких и средних нефтяных, газонефтяных, нефтегазовых и газовых месторождений, тем не менее, также не обладает необходимой инфраструктурой, рассчитанной на добычу и транспортировку нефти и газа в объемах, на поря-

док превосходящих достигнутые в лучшие годы собственно на о.Сахалин. Поэтому здесь предстоят большие работы по дальнейшему развитию уже начинающего складываться прибрежно-морского нефтегазодобывающего комплекса, который призван обеспечивать внутренние потребности Российского Дальнего Востока и работать на экспорт во внутренние районы Южной Азии (Китай и др.) через трубопроводы на континент и морским путем — на бурно развивающийся топливный рынок Азиатско-Тихоокеанского рынка.

В недалекой перспективе возможно создание предпосылок для организации прибрежно-морского Лаптевоморского нефтегазодобывающего комплекса, который помимо обеспечения ограниченных региональных потребностей может быть подключен к системе проектируемых трубопроводов в Китай и на побережье Японского моря либо к транспортировке нефтепродуктов Северным морским путем в США. Применительно к Чукотскому морю не исключено, что этот процесс будет ускорен в связи с проявленным США интересом к нефтегазовым ресурсам восточно-арктического шельфа России.

Политика России в использовании недр на шельфе

Основой политики России в области недропользования на шельфе на дальнейшую перспективу остается систематическое проведение лицензионных конкурсов на условиях, благоприятных как для государства, так и для потенциального инвестора. Однако в отличие от предыдущего периода этот процесс должен быть поставлен на широкоповещающую программную основу, которая предусматривает разработку кратко-, средне- и долгосрочных программ лицензирования недропользовательской деятельности.

Начало новому этапу использования недр на континентальном шельфе РФ дала разработанная и утвержденная в июле 2002 г. руководством Министерства природных ресурсов России «Программа лицензирования и проведения геологического изучения, разведки и разработки углеводородных ресурсов континентального шельфа северных и дальневосточных морей на период 2002—2005 гг.» [7].

Разработанная программа содержит характеристику 44 участков, представленных для проведения аукционов на поиски, разведку и добычу углеводородного сырья и конкурсов на геологическое изучение на всех акваториях российского шельфа в период 2002—2005 гг. Общая площадь участков составляет около 315 тыс. км², суммарные извлекаемые ресурсы — около 8.0 млрд т условного топлива, или, соответственно, около 5% всей площади и около 8% всех ресурсов континентального шельфа РФ.

Кроме участков, подлежащих лицензированию, в программу включены три морские площади нераспределенного фонда, содержащие крупные месторождения углеводородов, которые отнесены к Федеральному стратегическому резерву.

Согласно «Программе...», аукционы и конкурсы, а также другие формы лицензионного недропользования охватывают участки, принадлежащие в ос-

новном к трем бассейнам Арктического и Дальневосточного регионов — Баренцеву, Берингову и Охотскому морям. Особый порядок лицензирования применяется к акваториям, имеющим пограничное положение.

Районами лицензионного недропользования практически полностью перекрыты южные моря России. При этом, в соответствии с особым статусом этих акваторий, лицензии отданы российским нефтяным компаниям, включая и такие, в которых контрольный пакет акций принадлежит государству.

Подготовлен проект федерального закона «О недрах» в новой редакции, ведется также работа над проектом Кодекса Российской Федерации о недрах, который направлен на регулирование отношений недропользования, включая вопросы развития минерально-сырьевой базы и лицензирования пользования недрами; подготовлен и представлен в Правительство Российской Федерации проект «Основ государственной политики в области минерального сырья и недропользования» с проектом плана первоочередных мероприятий по их реализации.

Стратегическая линия Министерства природных ресурсов России разведки и добычи нефти и газа на акваториях на перспективу до 2020 г. состоит также в том, чтобы за счет представления на аукцион одного-двух про-

ектов с 8—10 перспективными блоками обеспечить за счет разовых платежей ежегодное поступление в бюджет не менее 300—400 млн долл. США. Это безусловно окажет положительное влияние как на экономику России в целом, так и, в частности, на развитие топливно-энергетического комплекса страны.

Ожидается, что к 2010 г. будет сформирован пакет основных нормативных актов морского недропользования и закончено предлицензионное изучение Западно-Арктических акваторий; к 2020 г. — всего континентального шельфа России, геологоразведочные работы начнутся на континентальном склоне и в районах Мирового океана. В основных чертах будут завершены работы по обоснованию внешних границ континентального шельфа и зон делимитации морских бассейнов, а по результатам геолого-геофизических работ геологические ресурсы углеводородов увеличатся до 30—45 млрд т условного топлива. Извлекаемые запасы и перспективные ресурсы в целом на акваториях нашей страны составят 23—26 млрд т нефти и 90—100 трлн м³ газа.

Все это позволяет высоко оценить перспективы изучения и освоения российского шельфа и рассматривать наши акватории как основной резерв для наращивания углеводородного потенциала Российской Федерации в XXI в. ■

Литература

1. *Masters C.D., Root D.H., Turner R.M.* World resource statistics geared for electronic access // *Oil and Gas J.* 1997. Oct. 13. V.95. №41. P.98—104.
2. *Дмитриевский А.Н., Виноградов В.Н., Гаврилов В.П. и др.* Концепция и основные направления нефтегазовых ресурсов континентального шельфа СССР. М., 1990.
3. *Белонин М.Д., Григоренко Ю.Н., Андреева Н.А. и др.* Актуальные проблемы прогноза и освоения углеводородных ресурсов северо-западных акваторий России. СПб., 1999.
4. *Дмитриевский А.Н., Гаврилов В.Г., Шустер В.Л. и др.* Концепция и основные направления работ по освоению нефтегазовых ресурсов арктического шельфа России // *Геодинамика и нефтегазоносность Арктики.* М., 1939. С.301—313.
5. *Григоренко Ю.Н., Маргулис Л.С.* Комплексное освоение ресурсов и запасов углеводородов Дальнего Востока // *Топливо-энергетический комплекс России: региональные аспекты.* СПб., 2004.
6. *Топливо-энергетическая сырьевая база Дальневосточного экономического района. Перспективы и пути освоения / Под ред. Т.А.Андиевой, В.Б.Арчегова, М.Д.Белониной и др.* СПб., 1998.
7. *Глумов И.Ф., Мурзин Р.Р.* // *Минеральные ресурсы России. Экономика и управление.* 2002. №6. С.20—29.

История одинокой хромосомы

К.Ю.Попадьин, Л.А.Мамирова

У большинства организмов с генетическим определением пола наряду с аутосомными хромосомами существуют половые, у млекопитающих — X и Y, а у птиц — W и Z. При этом у млекопитающих самки гомогаметны (XX), а самцы гетерогаметны (XY). Аналогичная ситуация наблюдается у мух *Drosophila* и некоторых растений. А вот у птиц картина обратная: самки гетерогаметны (WZ), а самцы гомогаметны (ZZ). Нас интересуют одинокие половые хромосомы, те, которые никогда не бывают вдвоем, поскольку определяют гетерогаметный пол: у млекопитающих это Y-хромосома, а у птиц — W. Здесь для простоты мы будем называть их Y-хромосомой, тем более что разговор пойдет в основном о млекопитающих.

Чем же замечательна одинокая хромосома? Дело в том, что все гомологичные хромосомы благодаря кроссинговеру, происходящему во время мейоза, обмениваются гомологичными участками друг с другом. А между половыми хромосомами X и Y, несущими поло-специфические гены самца и самки, генетического обмена не должно быть во избежание появления гермафродитов или неплодовых особей среднего рода. Однако у самок X-хромосомы подвергается кроссинговеру (поскольку их две), а вот Y-хромосома всегда одна!



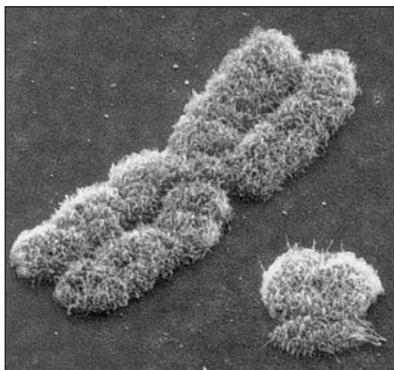
Константин Юрьевич Попадьин, аспирант кафедры общей экологии биологического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Область научных интересов — эволюционная генетика, эволюция полового размножения.



Лейла Абдумажетовна Мамирова, аспирантка кафедры биохимии того же факультета. Область научных интересов — эволюция генов в отсутствие рекомбинации, эволюция протеома и генома митохондрий.

Наличие или отсутствие кроссинговера у хромосом интересно в связи с эволюцией полового и бесполого размножения у всех организмов. Как известно, при бесполом размножении потомство производится путем деления (митоза) единственной клетки, т.е. каждая особь имеет лишь одного родителя, гены которого наследуются неизменно, за исключением вновь появившихся мутаций. При половом размножении благодаря кроссинговеру, независимому расхождению гомологичных хро-

мосом и слиянию гамет при оплодотворении происходит рекомбинация генов, и потому генотип потомства отличается от родительского. Видимо, именно генетическое разнообразие потомства обеспечивает половому размножению (в отличие от бесполого) ряд эволюционных преимуществ [1]. Бесполоых организмов очень мало (примерно 1% всех видов), да и те, как правило, представляют собой эволюционный тупик [2]. Отсутствие рекомбинации у Y-хромосомы позволяет рассматривать ее как «бес-



Электронная микрофотография X- и Y-хромосомы (справа) человека. Увеличение 10 тыс. раз [1].

полый* организм», который по правилам эволюционной генетики должен деградировать. Вымрет или не вымрет наша Y-хромосома (здесь мы обращаемся ко всем самцам *Homo sapiens*, а также ко всем сочувствующим)? Этот важный вопрос мы и ставим основной целью данной работы.

* * *

Итак, отсутствие кроссинговера приводит к постоянному и полному сцеплению всех генов вместе, в результате чего единицей эволюции становится целая хромосома, а не отдельный ген, как это наблюдается у хромосом, подвергающихся кроссинговеру (все аутосомы и X-хромосома). Такое простое утверждение налагает существенный отпечаток на эволюцию Y-хромосомы: скорость фиксации вредных мутаций увеличивается, а благоприятных уменьшается, что в конечном итоге может привести к исчезновению функциональных генов на Y-хромосоме [3]. Принято выделять несколько ключевых механизмов, ответственных за деградацию Y-хромосомы: храповик Меллера, фоновый от-

* Пусть читатель простит нас за следующий каламбур — «бесполоая» половая Y-хромосома, однако это именно так: несмотря на то, что Y-хромосома несет на себе гены, специфичные для самцов, сама по себе она нерекombинирующая, т.е. «бесполоая».

бор, эффект Хилла—Робертсона и эффект попутного транспорта. Накопление вредных мутаций на Y-хромосоме по большей части происходит за счет работы храповика Меллера [3], поэтому этот процесс стоит разобрать подробнее.

Случайное вымирание всех наилучших (без вредных мутаций) Y-хромосом в популяции человека возможно только в том случае, если численность этих хромосом невысока, и чем их меньше, тем быстрее они будут исчезать. Для приблизительной оценки численности самцов, способных к размножению и обладающих наилучшей Y-хромосомой, удобно использовать следующую формулу [4]:

$$n_o = Ne^{-u/s}, \text{ где:}$$

n_o — искомая численность оптимальных Y-хромосом;
 N — эффективная численность всех Y-хромосом в популяции;
 u — количество новых слабо вредных мутаций, появляющихся в Y-хромосоме в каждом поколении;
 s — вредность мутации (коэффициент отбора), если $s=0$, мутация нейтральная, если $s=1$, мутация летальная.

Полагая, что N в популяциях млекопитающих часто имеет порядок нескольких сотен тысяч, $u = 0.015$ и $s = 0.0015$ [3], можно найти n_o :

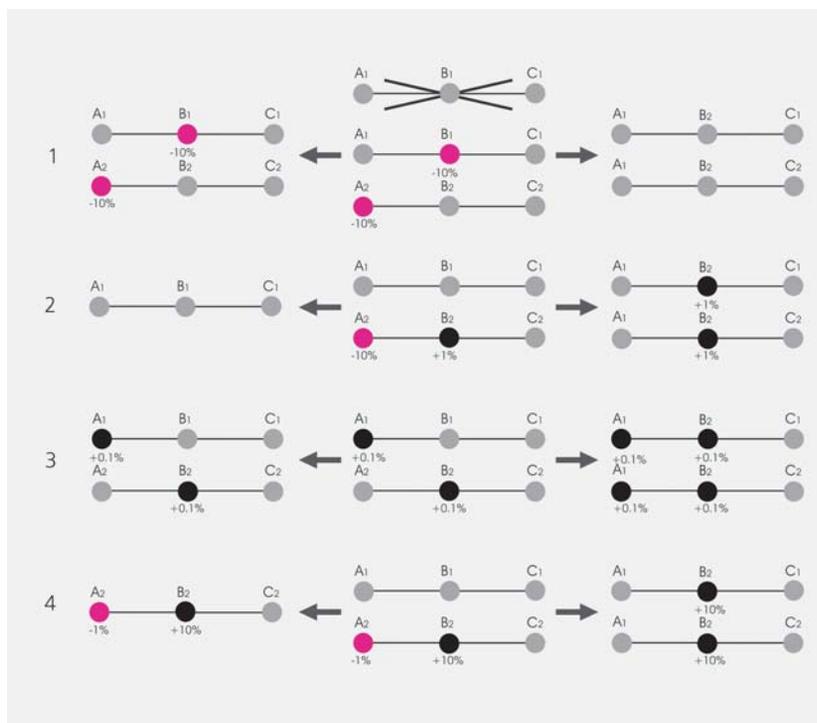
$$n_o = 500\,000 \cdot e^{-0.015/0.0015} \approx 23.$$

Таким образом, при данных условиях всего 23 самца обладают идеальной Y-хромосомой. Если по какой-либо причине они не оставят потомства, то в отсутствие рекомбинации восстановить случайно утраченную идеальную Y-хромосому будет невозможно (поскольку обратные мутации, изменяющие мутантный аллель в аллель дикого типа, крайне редки и их можно игнорировать). После этого оптимальной станет Y-хромосома с одной вредной мутацией, далее (после случайного исчезновения и этих хромосом) с двумя, тремя и так далее. Таким образом, благодаря храповику Мел-

лера постепенно будут накапливаться вредные мутации. Как быстро может работать этот механизм? Из этой математической модели при рассмотренных параметрах следует, что очередная вредная мутация фиксируется в среднем один раз за 750 поколений [3]. Однако чем больше эффективная численность популяции и чем меньше отношение u/s , тем больше численность оптимальных хромосом и тем маловероятнее их исчезновение.

В подтверждение работы храповика и/или остальных трех процессов у большинства видов Y-хромосомы становятся более гетерохроматиновыми и генетически инертными: количество функциональных генов у них быстро уменьшается. X- и Y-хромосомы млекопитающих произошли от аутосомной пары гомологичных хромосом не ранее чем 300 млн лет назад, т.е. после того, как птицы уже отделились от ствола, ведущего к млекопитающим, и не позднее чем 170 млн лет назад, когда уже появились самые древние яйцекладущие млекопитающие [5]. Полагая, что количество генов на древних Y- и X-хромосомах было одинаково и оно осталось неизменным в X-хромосоме (сегодня в ней около 1500 генов), а число разных функциональных генов Y-хромосомы постоянно уменьшалось и сейчас меньше 30 [6], можно подсчитать темп деградации Y-хромосомы [7]. Почти за 300 млн лет Y-хромосома потеряла около 1470 генов, т.е. примерно 5 генов за каждый миллион лет. При данном темпе деградации оставшиеся гены должны исчезнуть примерно за 6 млн лет.

Деградируют не только Y-хромосомы млекопитающих — совершенно аналогичная ситуация наблюдается на Y-хромосомах растений [8] и дрозофилы. Особенно поучителен пример с нео-Y-хромосомой *Drosophila miranda* [9]. Она образовалась примерно 2 млн лет назад в результате слияния аутосомы с



Схема, иллюстрирующая недостатки нерекombинирующей хромосомы [3, 12, с изменениями]. А, В, С — разные гены. В центре — возможные комбинации новых мутаций, справа — в рекомбинирующих хромосомах, слева — в Y-хромосоме. Проценты показывают коэффициент отбора новых аллелей: + благоприятная мутация (красный цвет), – вредная мутация (черный цвет). Нейтральные аллели отмечены серым цветом.

1. Храповик Меллера — необратимое накопление слабо вредных мутаций в результате случайной потери из популяции всех наилучших (с минимальным количеством вредных мутаций) Y-хромосом. Отмечена невозможность воссоздания утраченной хорошей хромосомы в отсутствие кроссинговера.
2. Фоновый отбор — нейтральная или слабо благоприятная мутация может зафиксироваться в популяции только в отсутствие в данной хромосоме вредных мутаций. В противном случае любая новая мутация будет элиминирована вместе с уже существующей вредной.
3. Эффект Хилла—Робертсона — замедление элиминации слабо вредных и фиксации слабо благоприятных мутаций из-за связи отбираемых аллелей друг с другом. Эффект работает только при малых значениях коэффициента отбора, когда действие генетического дрейфа и обратных мутаций велико. Чем больше сцепленных сайтов, тем меньше приспособленность нерекombинирующего генома. Соединение слабо благоприятных мутаций невозможно, а поскольку приспособленность двух типов организмов одинакова, частота этих аллелей будет зависеть от генетического дрейфа и обратных мутаций.
4. Эффект попутного транспорта — совместная эволюция благоприятных, нейтральных и вредных мутаций. Вредные и нейтральные мутации могут распространиться в популяции за счет сцепления их с благоприятной. Один из эффектов недавнего распространения благоприятной мутации в популяции бесполок организмов — резкое уменьшение изменчивости по нейтральным сайтам — аллели A1, B1 и C1 потеряны.

Y-хромосомой. В результате такой перестройки эти «аутосомные» гены стали наследоваться вместе с генами Y-хромосомы, т.е. «бесполо», и нео-Y-хромосома начала терять функциональные гены. Независимая деградация Y-хромосомом разных организмов дополнительно подтверждает универсальность недостатков «бесполого» размножения и заставляет задуматься над будущим половой хромосомы человека.

Однако темп деградации Y-хромосомы непостоянен. В начале его скорость высока, но постепенно, по мере уменьшения самой Y-хромосомы, она замедляется, поскольку сокращается количество функциональных генов; следовательно, снижается темп мутирования (u), что увеличивает численность оптимальных хромосом в популяции (см. формулу). Поэтому вышеприведенные расчеты о полном вымирании Y-хромосомы человека через 6 млн лет, скорее всего, не заслуживают внимания, поскольку современный темп деградации Y-хромосомы должен быть сильно замедлен (но не равен нулю).

В недавних работах обнаружены новые интересные особенности Y-хромосомы человека и шимпанзе, подающие дополнительную надежду всем ее обладателям [6, 10, 11]. Они открывают второй механизм адаптации, позволяющий даже в отсутствие кроссинговера эффективно бороться против накопления слабо вредных мутаций.

Авторы этих исследований делят Y-хромосому на три участка. Первый (X-transposed) мигрировал с X-хромосомы на Y-хромосому в последние несколько миллионов лет. До сих пор он весьма похож на гомологичный участок X-хромосомы и содержит всего два гена.

Второй (X-degenerate) участок более древнего происхождения и представляет собой реликт древней аутосомы, от которой произошли половые хромосомы. 16 белок-кодирующих ге-

нов, содержащихся в нем, как правило, широко экспрессируются в разных тканях организма, продуцируя изоформы, немного отличающиеся от тех, что кодируются на X-хромосоме. Лишь один *SRY*-ген (*sex-determining region of the Y*), отвечающий за запуск каскада специфических для самцов генов, экспрессируется только в семенниках. В связи с большим возрастом данный участок служит моделью для изучения эволюции нерекombинирующего генома, и на нем виден результат работы упомянутых выше четырех процессов (храповика Меллера, фонового отбора, эффектов Хилла—Робертсона и попутного транспорта). Видимо, на протяжении 300 млн лет Y-хромосома уменьшалась за счет этого участка. Возможно, он деградирует до сих пор, но с сильно замедленным темпом.

Третий участок (Y-specific repetitive sequences), наибольший по размеру, состоит из множественных повторов каждого из девяти присутствующих там генов, большинство которых собраны в палиндромы* (последовательности, читающиеся от 5'-конца одинаково на обеих комплементарных цепочках ДНК). Данные гены Y-специфические, поскольку давно мигрировали из различных аутосом и X-хромосомы, и большинство из них исчезло из первоначального местоположения. После миграции в Y-хромосому все они амплифицировались. Функции этих генов непосредственно связаны со сперматогенезом, поэтому экспрессируются они преимущественно в семенниках.

Для генов третьего участка характерен медленный темп молекулярной эволюции. С момен-

та дивергенции человека и шимпанзе, произошедшей примерно 5 млн лет назад, они разошлись лишь на 1.4%, да и те обусловлены в основном нейтральными мутациями (синонимичные замещения). Более того, повторы каждого гена внутри палиндрома идентичны друг другу более чем на 99.9%! Небольшое расхождение, наблюдаемое между человеком и шимпанзе, а также между всеми повторами каждого гена, нельзя объяснить интенсивным отбором, поскольку даже нейтральные Alu последовательности внутри палиндромов показывают очень низкий темп эволюции.

Скорее всего, повторы каждого гена достаточно часто копируются с какого-то определенного шаблона, в результате чего независимое накопление мутаций в них прекращается. Такой процесс называется генной конверсией между копиями генов внутри Y-хромосомы.

Генная конверсия — это гомологичная рекомбинация, при которой, в отличие от обмена участками при кроссинговере, один участок ДНК замещается другим. Наиболее подробно такой тип рекомбинации изучали на грибах, где впервые показали замещение генов между гомологичными хромосомами и реже между сестринскими хроматидами во время мейоза. Позже появились сведения о том, что генная конверсия возможна между дублированными копиями гена на одной хромосоме (как в Y-хромосоме), а также во время митоза.

Почему все Y-специфические гены амплифицированы и каков эволюционный смысл интенсивной генной конверсии между копиями одного и того же гена? Имеются два не исключающих друг друга объяснения.

Первое состоит в том, что амплификация данных генов необходима для интенсивной экспрессии в семенниках. Множественные копии в отсутствие генной конверсии будут независимо накапливать мутации и ди-

вергировать. Накопление вредных мутаций и снижение функциональной активности некоторых копий будет компенсироваться нормальными генами. В результате этого процесса количество функциональных копий снова уменьшится и станет недостаточным для необходимого уровня экспрессии. Генная конверсия между копиями гена позволит сохранять его в консервативном состоянии. При появлении новой мутации в одной из копий в результате конверсии мутация либо вытеснится оригинальной последовательностью, либо, напротив, размножится. В первом случае новая мутация просто исчезнет, как будто она заместилась обратной мутацией или подверглась репарации. Во втором же увеличение числа копий мутантного повтора усилит его вредный эффект (*s*), который к тому же не будет компенсироваться нормальными копиями данного гена. Значит, такая Y-хромосома станет менее функциональной, и сперматозоид с большой вероятностью элиминируется. Таким образом, мутация все равно исчезнет из популяции, но на этот раз за счет отсутствия потомства у данного индивидуума. Важно отметить, что увеличение общего вреда (*s*) при конверсии в сторону мутантной последовательности, равно как и уменьшение темпа мутирования (*u*) при конверсии в сторону оригинальной последовательности замедлят работу храповика (см. формулу).

Второе объяснение связано с существованием преимущественно однонаправленной генной конверсии. Выше мы предполагали наличие случайной конверсии, когда вероятность замещения одной последовательности другой равна вероятности обратного процесса. Однако, как правило, генная конверсия преимущественно однонаправленная, т.е. вероятность прямого замещения не равна вероятности обратного. Применительно к Y-хромосоме это мо-

* Пример короткого палиндрома



Длинные палиндромы, включающие в себя целые гены, образуются в результате дубликации и последующей инверсии одной из дублированных последовательностей.

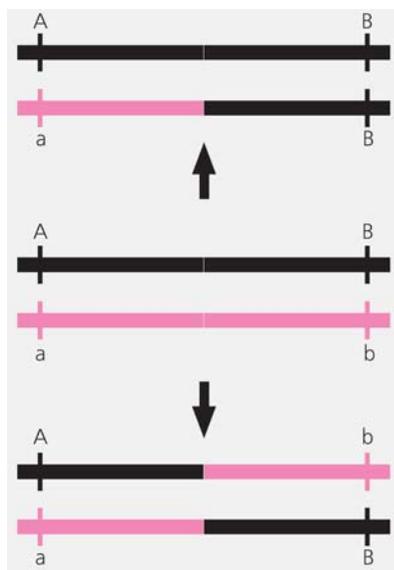
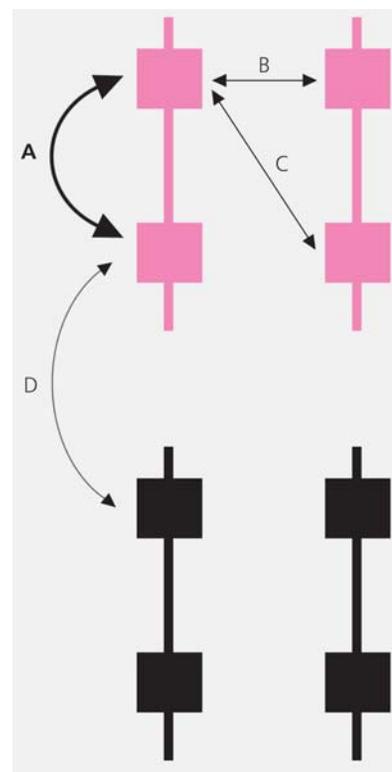


Схема гомологичной рекомбинации: в центре — две гомологичные последовательности ДНК, внизу — кроссинговер, или обмен, вверху — генная конверсия, или замещение (В заместил b). Оба процесса происходят во время мейоза и реже при митозе.

Различные типы генной конверсии [18, с изменениями]: А — внутри одной хромосомы (например, Y-хромосомы); В — между аллелями гомологичных хромосом (классическая); С — между неаллельными последовательностями гомологичных хромосом; D — между негомологичными хромосомами (эктопическая или гетерохромосомная). Гомологичные хромосомы изображены одинаковым цветом.



жет означать, что у мутантной последовательности шансы на амплификацию много меньше, нежели у оригинальной. Значит, возможно существование дополнительного механизма, уменьшающего распространение новой (и вредной, и благоприятной) мутации. Хотя наличие преимущественно однонаправленной генной конверсии в геномах многих организмов — факт хорошо доказанный [12], механизмы и эволюционный смысл этого процесса еще обсуждаются. Одно из объяснений касается элиминации новых мутаций: поскольку большинство их смещено в сторону аденина и тимина, то генная конверсия, сдвинутая в сторону гуанина и цитозина, будет автоматически элиминировать новые мутации [12]. При таком сценарии присутствие нескольких копий каждого гена диктуется необходимостью ферментов генной конверсии «сравнивать» нуклеотиды разных копий.

Как мы уже говорили, оба объяснения не исключают друг друга, и однонаправленная ген-

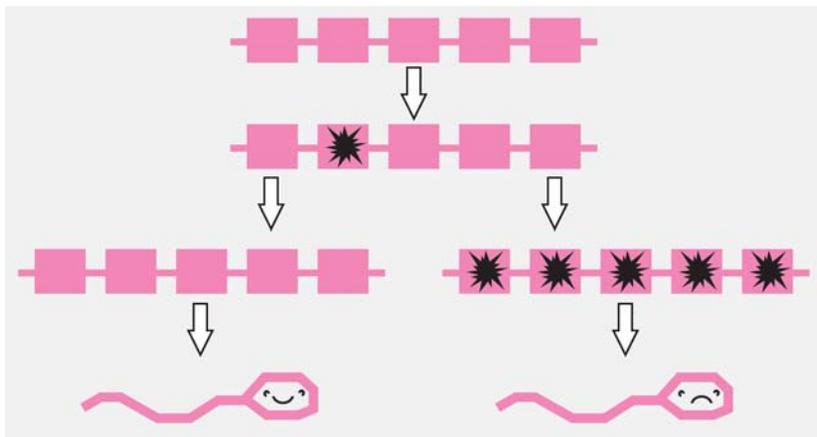
ная конверсия будет лишь уменьшать частоту появления мутантов с низкой приспособленностью (после конверсии в сторону мутантного аллеля).

Медленный темп эволюции генов третьего участка (небольшая скорость фиксации новых мутаций) подтверждается заниженным временем дивергенции в филогенетическом древе, восстановленном по гаплотипам Y-хромосом [6,13]. Также большую изменчивость репродуктивного успеха самцов можно отчасти объяснить именно мутациями в ключевых генах Y-хромосомы, при этом пониженная плодовитость и приведет к исчезновению данного мутантного гаплотипа Y-хромосомы [13].

На первый взгляд, низкий темп эволюции генов Y-хромосомы противоречит широко принятому мнению о быстрой эволюции генов, связанных с половым отбором [14]. Убедительно доказана большая скорость эволюции репродуктивных генов самцов у предков людей [15], а у дрозофилы обнаружено быстрое распространение

нового благоприятного репродуктивного гена самцов [16]. Таким образом, утверждение о максимальной скорости положительного (дарвиновского) отбора в генах, отвечающих за репродуктивные свойства самцов, хорошо обосновано и с теоретической [14], и с практической [15–17] сторон.

Как же это согласуется с нашими рассуждениями о Y-хромосоме? Дело в том, что далеко не все гены, отвечающие за репродуктивные свойства самцов, находятся на Y-хромосоме: большинство их «разбросано» по всем аутосомам, и достаточно много в X-хромосоме [18, 19]. На Y-хромосоме должен присутствовать лишь основной ген, делающий самцов самцами, — SRY-ген. Именно он запускает индукцию всех остальных генов, специфичных для самцов. Значит, высокая скорость положительного отбора обусловлена не Y-хромосомными генами, а аутосомными и X-хромосомными, тогда как Y-специфичные гены (из третьего участка) как бы заморожены, и нам не известно ни



Гипотетическая схема генной конверсии между копиями одного и того же гена. Возможно, что вновь появившаяся в одной из копий (цветная звездочка) вредная мутация в результате случайной генной конверсии сразу же «репарируется» (слева). Если же мутантная копия амплифицируется (это может произойти в одном из пяти случаев при случайной генной конверсии и намного реже при сдвинутой генной конверсии), вредный эффект усилится, что приведет к пониженной плодовитости ее носителя и, следовательно, к элиминации данной мутации (справа).

одного убедительного примера селективного выметания, связанного с распространением благоприятной мутации на этих генах. Поскольку любая благоприятная мутация событие уникальное, говорить об отсутствии положительного отбора на Y-специфичных генах из-за генной конверсии нельзя. Коррект-

нее утверждать, что высокий темп эволюции признаков, сцепленных с полом, обусловлен аутосомными и X-хромосомными генами.

Итак, история одинокой хромосомы показывает, что эволюция генов в отсутствие генетической рекомбинации действительно сопряжена с накоплени-

ем вредных мутаций и низкой скоростью распространения благоприятных. Однако, несмотря на это, Y-хромосома млекопитающих несет на себе функциональные гены и не уменьшается так быстро. Скорость эволюции (20 генов) второго участка замедлена просто в связи с малым количеством сцепленных генов (малый *u*), а все Y-специфичные амплифицированные гены (третий участок) имеют дополнительный адаптивный механизм в виде интенсивной генной конверсии (малый *u* и большой *s*). Поскольку эволюция генов Y-хромосомы согласуется с математической моделью хрупкика, можно заключить, что накопление вредных мутаций «бесплодными» генами — основной недостаток бесполого размножения у всех организмов. ■

Авторы выражают благодарность Дмитрию Филатову за рациональную критику и Европейскому научному фонду и научной партеногенетической группе за приглашение на семинары, посвященные изучению партеногенеза.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований. Проект № 04-04-49623.

Литература

1. Попадьян К.Ю. // Журнал общей биологии. 2003. Т.64. С.463—478.
2. Maynard Smith J. The evolution of sex. Cambridge, 1978.
3. Charlesworth B., Charlesworth D. // Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. 2000. V.355. P.1563—1572.
4. Haigh J. // Theor. Pop. Bio. 1978. V.14. P.251—267.
5. Graves J.A.M. // TIG. 2002. V.18. P.259—264.
6. Skaletsky et al. // Nature. 2003. V.423. P.825—837.
7. Aitken R.J., Graves J.A.M. // Nature. 2002. V.415. P.963.
8. Filatov D., Monager F., Negritiu I., Charlesworth D. // Nature. 2000. V.404. P.388—390.
9. Steinemann M., Steinemann S. // Genetica. 2000. V.109. P.105—111.
10. Rozen et al. // Nature. 2003. V.423. P.873—876.
11. Willard H.F. // Nature. 2003. V.423. P.810—813.
12. Marais G. // TIG. 2003. V.19. P.330—338.
13. Cummins J. // Reprod. Fertil. Dev. 2001. V.13. P.533—542.
14. Gavrillets S. // Nature. 2000. V.403. P.886—889.
15. Wyckoff G.J., Wang W., Wu C. // Nature. 2000. V.403. P.304—308.
16. Nurminsky D.I., Nurminskaya M.V., De Aguiar D., Hartl D.L. // Nature. 1998. V.396. P.572—575.
17. Wang P.J., McCarrey J.R., Yang F., Page D.C. // Nature Genet. 2001. V.27. P.422—426.
18. Hurst L.D. // Nature. 2001. V.411. P.149—150.
19. Li W.-H. Molecular evolution. Sunderland, 1997.

Эти немагнитные диамагнитные домены

В.С.Егоров

На самом деле в этом названии нет противоречия. Словом «немагнитные» подчеркивается, что обсуждаемые далее эффекты не связаны с магнитными моментами атомов, которыми обусловлены хорошо известные магнитные явления: парамагнетизм, ферромагнетизм, антиферромагнетизм и т.п. Здесь речь пойдет о простых металлах, в которых магнитный момент атомов равен нулю, а роль собственного спина электрона, порождающего парамагнетизм Паули, можно пренебречь. В подобной ситуации «откликнуться» на присутствие внешнего магнитного поля могут только электроны проводимости. Как известно, свободное движение зарядов в магнитном поле из-за силы Лоренца становится круговым. Проекция движущегося электрона на плоскость, перпендикулярную магнитному полю, очерчивает замкнутую ларморовскую орбиту (рис.1). Такое орбитальное, *диамагнитное* движение (связанный с ним магнитный момент всегда направлен против поля, т.е. отрицателен) оказывается причиной особой намагниченности металла и возникновения *диамагнитных доменов*. Особой, потому что эта *осциллирующая* намагниченность (известная как эффект де Хааза—ван Альфена) возникает во всех металлах только при очень низких температурах, при очень одно-



Валерий Семенович Егоров, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории физики низких температур Института сверхпроводимости и физики твердого тела РНЦ «Курчатовский институт». Область научных интересов — физика конденсированных сред, электронные явления в металлах.

родном весьма сильном магнитном поле и при очень высоком качестве металлического монокристалла. А для наблюдения диамагнитных доменов, или доменов Кондона, впервые предсказавшего это явление [1], все вышеперечисленные условия только ужесточаются.

На первый взгляд, здесь что-то не так. Действительно, чем меньше магнитное поле, тем магнитный момент орбиты больше, однородность поля как будто вообще ни при чем, а ларморовская орбита диамагнитна при любой температуре. К тому же магнитное поле лишь *искривляет* траекторию электрона, не изменяя его энергии, а потому и намагничиваться металлу ни к чему — только напрасно увеличивать энергию. Да, именно так и обстоит дело с классической точки зрения. А «загадочное» исчезновение отрицательного магнитного момента от всех ларморовских орбит объяс-

няется просто. Если вращение электронов внутри металла действительно создает большой диамагнитный момент, то электроны вблизи границы металла на расстоянии меньше ларморовского диаметра уже не могут за-

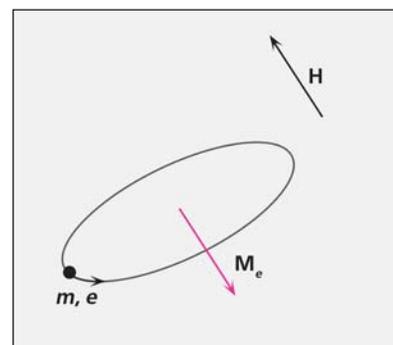


Рис.1. Ларморовская орбита электрона с зарядом e и массой m в магнитном поле H , перпендикулярном плоскости рисунка. Период вращения — $2\pi/\omega$, где циклотронная частота $\omega = eH/mc$ (c — скорость света).

мкнуть орбиту, натываясь на границу. Такие электроны, отскакивая от границы, в среднем движутся в противоположном (положительном в смысле знака магнитного момента) направлении и тем создают *парамагнитный* эффект, который в точности компенсирует, что легко показать, диамагнетизм всех остальных электронов. Эти простые соображения были высказаны очень давно тем же знаменитым Лоренцом.

Итак, простые металлы должны оставаться полностью немагнитными. Однако уже давно было замечено, что часть из них, в особенности висмут, графит и некоторые другие, обнаруживает весьма заметный диамагнетизм. Иначе говоря, в этих металлах магнитное поле каким-то образом может изменить, а именно увеличить, энергию электронов. Но как?

От квантования к осцилляциям

Л.Д.Ландау впервые рассмотрел эту задачу с точки зрения квантовой волновой механики. Свободно движущемуся электрону соответствует длина волны λ , обратно пропорциональная величине его импульса. Если движение электрона происходит в ограниченном пространстве, в потенциальной яме, от края и до края должно уложиться целое число длин волн. Теперь λ уже не может быть величиной, изменяющейся непрерывно; соответственно и энергия частицы будет изменяться только квантами. Однако размеры образца, как правило, настолько велики, что ни один электрон не пролетит от края до края, не столкнувшись по пути с примесями или дефектами решетки, которых, к сожалению, немало даже в очень чистом металле. Поэтому таким, размерным, квантованием можно с уверенностью пренебречь. А вот диаметр ларморовской орбиты, обратно пропорциональный

напряженности магнитного поля, гораздо меньше размеров реального металлического образца. Если в нем примесей и дефектов немного и время жизни электрона τ между столкновениями гораздо больше периода вращения $2\pi/\omega$, т.е. $\omega\tau \gg 1$, можно рассматривать движение электрона по этой орбите как замкнутое, *финитное*. Подобный анализ привел к идее эквидистантных уровней энергии, *уровней Ландау* [2].

Вместо непрерывной зависимости энергии электрона от импульса

$$E = \frac{1}{2m} (p_{\perp}^2 + p_{\parallel}^2),$$

где p_{\perp} и p_{\parallel} — перпендикулярная и параллельная проекции импульса \mathbf{p} на направление магнитного поля \mathbf{H} , он получил принципиально новый результат:

$$E = (n + \frac{1}{2})\hbar\omega + \frac{1}{2m} p_{\parallel}^2.$$

Здесь n — целое число, принимающее значения 0, 1, 2 и т.д. вплоть до некоторого максимального, \hbar — постоянная Планка. Энергия уже квантуется, и величина кванта $\hbar\omega$ пропорциональна напряженности магнитного поля. Существенно, что минимальное значение энергии электронов начинается не с нуля, а с величины $\hbar\omega/2$. При этом в движении электронов вдоль магнитного поля все остается без изменений.

По Ландау, полная энергия такого квантованного электронного газа оказывается больше классического значения на величину, пропорциональную H^2 , что приводит к отрицательной намагнитченности, линейной по магнитному полю, и таким образом объясняет причину диамагнетизма. Более того, если

$$\hbar\omega \gg kT \quad (1)$$

(k — постоянная Больцмана), в энергии появляется небольшая, быстро осциллирующая по полю добавка. В результате связь

магнитного момента с полем становится нелинейной, возникает быстрая периодичность, т.е. осцилляции намагнитченности. По сути, налицо предсказание нового эффекта. Однако Ландау исходил из модели свободных электронов, когда поверхность Ферми (внутри которой находятся все занятые состояния в импульсном пространстве) *сферическая*. Из такой модели следовали чрезвычайно высокие требования к величине и однородности магнитного поля, практически недостижимые тогда, и Ландау высказал сомнение в возможности экспериментальной регистрации подобного поведения. Однако осцилляции магнитного момента, период зависимости которого от обратной величины магнитного поля оказывается постоянным, были вскоре открыты в висмуте В.де Хаазом и П.ван Альфеном [3].

В последующие годы эффект был обнаружен и в других металлах; осцилляции наблюдались на монокристаллах хорошего качества и при гелиевых температурах ($T < 4.2$ К). Даже при небольшом увеличении температуры амплитуда осцилляций быстро уменьшалась до нуля. Оказалось, что величина периода осцилляций была различной в разных металлах, причем разница могла достигать нескольких порядков. Во многих металлах периодичность носила сложный характер, различные периоды (см. рис.2) накладывались друг на друга, а величина каждого зависела от ориентации монокристалла относительно \mathbf{H} . Неудивительно, что довольно долго никто не связывал этот эффект напрямую с предсказанием Ландау.

Такое богатство экспериментальных данных удалось понять лишь позднее. В 50-х годах прошлого века И.М.Лифшиц, М.Я.Азбель, М.И.Каганов и В.Г.Песчанский развили представление о многообразии форм и размеров поверхности Ферми. В результате взаимодействия электронов с периодическим потен-

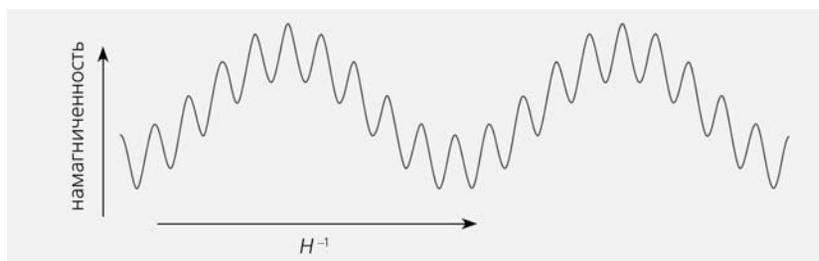


Рис.2. Пример осцилляций намагниченности в обратном магнитном поле с разной частотой. Большой и малый периоды отличаются примерно в 10 раз. Наблюдение «одновременно» сильно различающихся периодов требует на самом деле измерений в разных масштабах по магнитному полю и, порой, несколько различной техники.

циалом решетки для поверхности Ферми мы получаем вместо сферы целый набор всевозможных поверхностей, в том числе и многосвязных*. В 1952 г. Л.Онсагер [4] впервые показал, что период осцилляций намагниченности определяется площадью экстремального сечения по-

* О поверхности Ферми подробно можно прочитать в статье Л.Б.Дубовского и А.Ю.Румянцева «Восстановление поверхности Ферми металлов и сплавов» (Природа. 1997. №11. С.13—25).

верхности Ферми плоскостью, перпендикулярной \mathbf{H} (см. рис.3). И наконец, в 1955 г. И.М.Лифшиц и А.М.Косевич [5] создали полную теорию намагниченности металлов. Авторы пошли гораздо дальше Ландау, получив результат, применимый к любому металлу с произвольной формой поверхности Ферми при любых температурах. Разумеется, для модели свободных электронов он полностью совпал с результатом Ландау. Однако лишь теперь

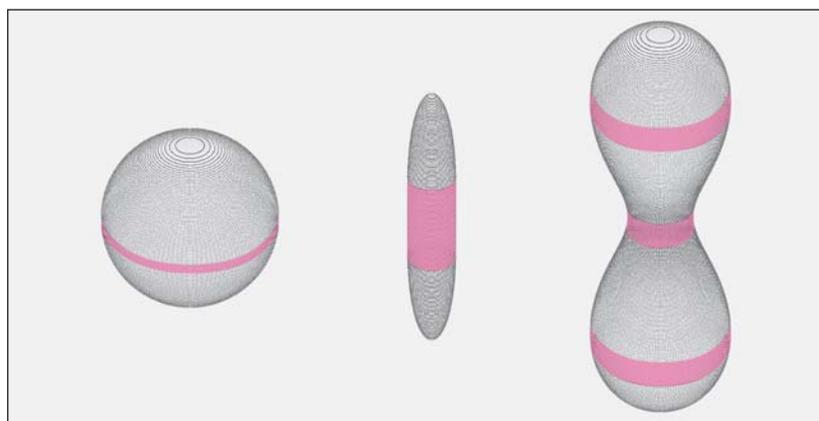


Рис.3. Схематическое изображение поверхностей Ферми различной формы — сфера, длинный эллипсоид, гантель. Цветом показан «экстремальный» поясик. Здесь площадь сечения поверхности Ферми экстремальна. Плоскость сечения нормальна \mathbf{H} . Период осцилляций обратно пропорционален площади сечения. Например, результату эксперимента от гантели отвечает картина осцилляций на рис.2. Ширина пояса определяется кривизной поверхности, чем поясок шире, тем больше электронных состояний с одинаковой энергией и тем больше осциллирующий вклад в энергию и, соответственно, амплитуда осцилляций намагниченности. Чем больше площадь сечения, тем «быстрее» осциллирует намагниченность.

стало понятным, почему диамагнетизм Ландау может быть в некоторых металлах аномально большим и практически не меняется с температурой. Измерение осцилляций намагниченности стало одним из основных инструментов в изучении поверхностей Ферми.

Прогресс в теории послужил определенным толчком к небывалому росту исследований металлов в магнитных полях при низких температурах. В течение одного десятка лет были расшифрованы поверхности Ферми почти всех металлов, по крайней мере тех, которые удалось вырастить в виде монокристаллов хорошего качества [6]. Вдобавок оказалось, что осциллирующая зависимость энергии металла от магнитного поля лежит в основе многих замечательных явлений, наблюдающихся при низких температурах и имеющих самостоятельный интерес. Одно из них, безусловно, — образование диамагнитных доменов. Чтобы понять природу этого эффекта, нам не обойтись без некоторых формул.

Простая гармоника или скачки?

Итак, пусть в однородном внешнем магнитном поле \mathbf{H} в образце из-за образования уровней Ландау возникает добавочная осциллирующая энергия $\bar{\epsilon}$ и, соответственно, осциллирующая намагниченность $4\pi\mathbf{M}$. Следовательно, за счет возникающего в образце тока намагниченности магнитное поле внутри образца, или индукция \mathbf{V} , уже несколько отличается от внешнего магнитного поля \mathbf{H} :

$$\mathbf{V} = \mathbf{H} + 4\pi\mathbf{M}.$$

Теперь кроме энергии $\bar{\epsilon}$ мы должны учесть и энергию $(B - H)^2/8\pi$, обусловленную добавочным магнитным полем в образце $\mathbf{V} - \mathbf{H}$. Чтобы упростить граничные условия, рассмотрим предельный случай — образец в форме бесконечно длинного

цилиндра, ориентированного вдоль магнитного поля. Тогда полное приращение энергии в единице объема образца выразится суммой

$$\tilde{\epsilon} + (B - H)^2/8\pi. \quad (2)$$

Поскольку $\tilde{\epsilon}$ определяется действующим на электроны магнитным полем \mathbf{B} и осциллирует в этом поле, понятно, что и \mathbf{B} будет изменяться относительно \mathbf{H} таким образом, чтобы написанная выше сумма принимала наименьшее возможное значение, т.е. ее производная по \mathbf{B} была равна нулю:

$$\frac{d\tilde{\epsilon}}{dB} + \frac{B - H}{4\pi} = 0,$$

и мы имеем для магнитного момента $\mathbf{M}(B) = -d\tilde{\epsilon}/dB$. Для $\tilde{\epsilon}$ есть точная формула теории Лифшица—Косевича, однако она очень громоздка. Вполне достаточно ограничиться простейшим приближением для $\tilde{\epsilon}$:

$$\tilde{\epsilon} = a \cos\phi, \text{ где фаза } \phi = 2\pi F/B. \quad (3)$$

Здесь амплитуда a задается различными условиями эксперимента, а величина F по формуле Онсагера прямо пропорциональна площади экстремального сечения поверхности Ферми (рис.3). Легко видеть, что если $a \ll 1$, то различие между B и H пренебрежимо мало по сравнению с периодом осцилляций в магнитном поле и фаза ϕ практически не меняется при замене B на H . Тогда и первая производная от $\tilde{\epsilon}$ — магнитный момент \mathbf{M} , и вторая производная — дифференциальная восприимчивость

$$\chi = dM/dH \cong \chi_B = dM/dB \cong -d^2\tilde{\epsilon}/dB^2$$

должны иметь форму синусоиды или косинусоиды в зависимости от магнитного поля. Обычно так оно и есть. Но не всегда.

Уже из выражения (3) для фазы имеем

$$d\phi/dH = -2\pi F/H^2,$$

т.е. период осцилляций в магнитном поле уменьшается квад-

ратично с величиной поля. Значит, осцилляции становятся очень быстрыми, соответственно, увеличиваются производные по полю, и дифференциальная восприимчивость χ может возрастать, вообще говоря, как угодно. Разумеется, это происходит только до тех пор, пока при уменьшении магнитного поля величина $\omega\tau$ остается большой (электроны по-прежнему успевают совершить более одного оборота в магнитном поле). Легко видеть, что тогда приращение индукции при изменении магнитного поля будет существенно различным в зависимости от знака χ . В самом деле, оно

$$\delta B = \delta H + 4\pi\delta M = \delta H + 4\pi\chi_B\delta B,$$

т.е.

$$1 + 4\pi\chi = \frac{dB}{dH} = \frac{1}{1 - 4\pi\chi_B}.$$

Итак, при росте χ_B , если оно отрицательно, знаменатель растет, $dB/dH \rightarrow 0$ и $\chi \rightarrow -1$, а если χ_B положительно, знаменатель стремится к нулю, и при $\chi_B \rightarrow 1/4\pi$ получим $dB/dH \rightarrow \infty$ — индукция в образце должна увеличиваться скачком.

В результате вместо синусоподобного (гармонического)

сигнала в эксперименте должна наблюдаться следующая картина. В окрестности минимума $\tilde{\epsilon}$, где χ отрицательно, индукция B остается в образце практически неизменной на протяжении почти всего периода, и $4\pi\delta M \approx -\delta H$ (подобно сверхпроводнику). В окрестности максимума $\tilde{\epsilon}$, где χ положительно, как только будет выполнено условие

$$\chi_B \geq 1/4\pi, \quad (4)$$

индукция скачком увеличивается на величину ΔB порядка величины периода (см. рис.4). Такую пилообразную зависимость $M(H)$ с практически вертикальными скачками B впервые наблюдал Д.Шенберг на образцах благородных металлов [6]. Металл в магнитном поле ведет себя очень «разумно»: индукция в образце меняется так, чтобы энергия оставалась как можно дольше вблизи своего минимального значения, а участки ΔB , где энергия велика (строго говоря, это участки абсолютной неустойчивости), периодически преодолевает скачком (см. рис.5).

Уже тут можно было бы, в принципе, догадаться — а кто же из нас не крепок задним умом, — что если выбрать дру-

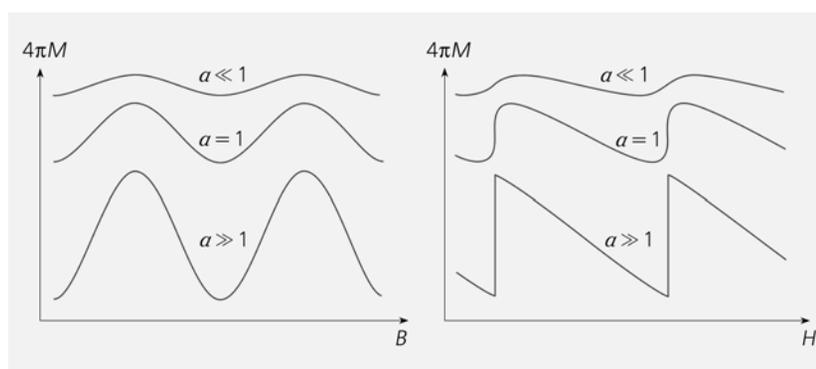


Рис.4. Осцилляции величины $4\pi M$ в зависимости от магнитного поля в образце B (слева) и от внешнего магнитного поля H (справа). Кривые изображены для разных значений параметра a (он может увеличиваться, например, при понижении температуры). Для небольшого интервала изменения поля период практически не меняется, и картинка не зависит от того, отложено по абсциссе само магнитное поле или обратная величина. Видно, что верхние кривые слева и справа почти одинаковы. На двух других точки смещаются влево ($M > 0$) или вправо ($M < 0$) соответственно величине ординаты M . На нижней кривой справа скачки $\Delta M = \Delta B$.

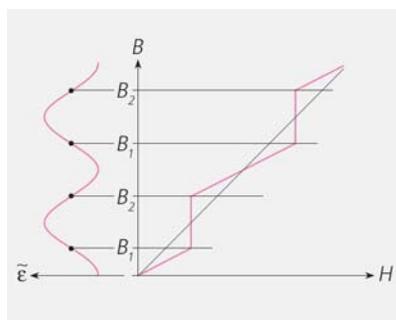


Рис.5. Зависимость $B(H)$, соответствующая нижней правой кривой с рис.4. Точки пересечения с диагональю $B=H$ означают, что $M=0$. Слева — функция $\varepsilon(B)$. Области максимальной энергии перепрыгиваются скачком ΔV .

гую геометрию эксперимента, события должны разворачиваться по какому-то иному сценарию. В самом деле, если взять вместо длинного цилиндра, ориентированного вдоль поля, образец в форме пластинки, перпендикулярной полю, реализуется другой предельный случай. В данной геометрии, когда размеры поверхности пластинки гораздо больше толщины последней, из обязательного условия непрерывности нормальной к поверхности компоненты \mathbf{V} получается требование

$$\mathbf{V} = \mathbf{H}. \quad (5)$$

Поскольку H меняется непрерывно, никаких скачков ΔV в образце просто не может быть в принципе. А это в свою очередь означает: «разумного» поведения металла, отмеченного выше, как будто больше нет — индукция обязана последовательно принимать все значения в окрестности максимума энергии, что, конечно, нехорошо. Забегая вперед, сразу скажем, что благодаря доменам металлу и здесь удастся вести себя «разумно» и проскакать невыгодный участок ΔV . Но прошло еще несколько лет, прежде чем

Дж.Кондон сформулировал идею возникновения доменов.

Надо сказать, что этому помогли эксперименты на монокристаллах бериллия. В поверхности Ферми данного металла есть участки, весьма близкие по форме к длинному цилиндру, благодаря чему амплитуда осцилляционных эффектов очень велика. Кроме регистрации скачков магнитного момента изучались и другие свойства, в том числе поперечное магнитосопротивление (оно тоже осциллирует). Существенно, что в последнем случае измерения проводятся на длинной палочке, расположенной перпендикулярно к внешнему магнитному полю. Так вот, поведение амплитуды осцилляций магнитосопротивления удалось объяснить только возникновением диамагнитных доменов.

Вперед к доменам!

Чтобы лучше в этом разобраться, обратимся к рис.6. Здесь представлен небольшой участок изменения $\varepsilon_1 \equiv \tilde{\varepsilon}(B)$ в окрестности заданного внешнего магнитного поля $H = H_0$, которое выбрано в максимуме $\tilde{\varepsilon}$. Изменение фазы на рисунке чуть больше периода. Парабола ε_2 — второй член в формуле (2), обусловленный токами намагниченности в образце. Подчеркнем, речь идет пока опять о длинном образце, расположенном вдоль магнитного поля. Верхняя кривая изображает суммарную энергию (2), т.е. $\varepsilon_3 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$. Наш рисунок соответствует ситуации, при которой кривизна параболы, всегда равная $1/4\pi$, явно меньше кривизны ε_1 в максимуме, т.е. условие (4) выполнено. Только в таком случае ε_3 имеет два минимума — в точках B_1 и B_2 . (В противном случае, если $\chi < 1/4\pi$, кривая ε_3 всегда имеет только один минимум.) Напомним, мы выбрали H_0 точно в максимуме, поэтому ε_3 симметрична и значения энергии в минимумах совпадают. Если H взять левее или правее мак-

симум ε_1 , сдвинется и парабола ε_2 , и энергия в минимуме B_1 станет соответственно меньше или больше, чем в B_2 . Поскольку состояние металла всегда отвечает минимальной энергии, при пересечении внешним магнитным полем точки $H = H_0$ данное состояние изменится скачком и индукция в образце также скачком прыгнет из B_1 в B_2 (см. рис.5). Как следствие, отрицательная намагниченность $4\pi M_1 = B_1 - H_0$ в этой точке поменяется на положительную $4\pi M_2 = B_2 - H_0$. Другими словами, образец из диамагнитного скачком станет парамагнитным. Здесь наиболее ярко проявляется принципиально коллективный характер эффекта. Намагниченность возникает не как сумма по частям образца, а в результате коллективного поведения всего электронного газа, т.е. всего металла в целом.

Посмотрим на этой же картинке, как получаются домены.

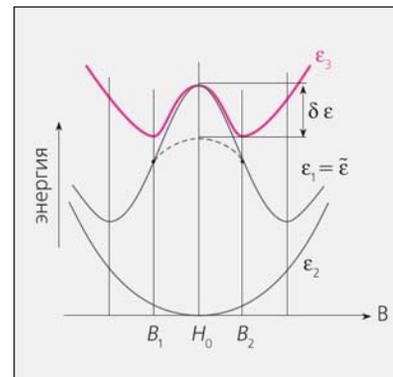


Рис.6. Функция $\varepsilon_1 \equiv \varepsilon(B)$ в диапазоне изменения фазы чуть больше периода. Парабола $\varepsilon_2 = (B-H_0)^2/8\pi$ — энергия намагничивания длинного образца в заданном магнитном поле H_0 , верхняя кривая — суммарная энергия $\varepsilon_3 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$. При пересечении магнитным полем точки $H = H_0$ состояние металла изменится скачком из минимума B_1 в минимум B_2 . Пунктир — энергия образца в форме пластинки, перпендикулярной полю, при образовании доменов, $\delta\varepsilon$ — максимальный выигрыш энергии.



Рис.7. Схематическое изображение доменной структуры в пластинке толщиной d в поле H_0 . Стрелками показано направление намагниченности в фазах 1 и 2 со значениями индукции B_1 и B_2 . Период структуры много меньше d .

Возьмем такой же монокристалл и с той же ориентацией (ϵ_1 остается без изменений). Однако придадим образцу другую форму — в виде тонкой пластинки большого размера, расположенной перпендикулярно полю, когда обязательно выполняется условие $B=H$ (5). Теперь параболу ϵ_2 можно убрать, и сумма (2) просто совпадет с ϵ_1 . Сравнивая с предыдущей кривой ϵ_3 , видим, что на протяжении большой области магнитных полей в окрестности H_0 (область неустойчивости) энергия металла оказывается выше минимального значения, которое имело место для длинной тонкой палочки. Это превышение максимально при $H=H_0$ и равно $\delta\epsilon$. Спрашивается, а если мысленно разбить нашу пластинку на множество *тонких* участков — «доменов», длина которых (т.е. толщина пластинки) будет гораздо больше их собственной толщины? Тогда, точно так же, как и для одного длинного образца, расположенного вдоль поля, для каждого из них справедлива формула (2), т.е. для каждого энергия опять состоит из двух слагаемых. Если теперь разбить их на два сорта и поместить половину в состояние B_1 (диамагнитное) и другую — в B_2 (парамагнитное), тщательно перемешать, чтобы «домены» разных сортов повсюду чередовались, то они, уже без кавычек, и есть домены Кондона. Поскольку размеры и количество доменов обоих сортов одинаковы, на каждом участке образца, большом по сравнению

с размером одного домена, среднее значение индукции остается равным H_0 . Другими словами, условие (5) теперь выполняется в среднем по всему образцу. В каждом домене энергия (2) соответствует минимуму, как для ϵ_3 , а это значит, что и для всей пластинки выигрыш в энергии будет такой же, т.е. $\delta\epsilon$. На рис.7 показано схематическое изображение доменной структуры. Если магнитное поле изменяется в сторону B_1 или в сторону B_2 , соответственно изменяются и размеры доменов — толщина доменов одного сорта увеличивается, а другого уменьшается, и условие $B=H$ (5) всегда в среднем выполнено. Расчет показывает: разбиение на домены с постоянными значениями B_1 и B_2 в каждом их сорте оказывается выгодным по сравнению с однородным состоянием во всем диапазоне $B_1 < H < B_2$. На рис.6 это понижение энергии показано пунктиром.

От предположений к эксперименту

В 1966 г. Кондон впервые сформулировал идею возникновения таких доменов. А уже через два года он и Р.Вальстедт [7] продемонстрировали образование доменов в эксперименте по ядерному магнитному резонансу (ЯМР) в серебре. Напомним, ядерный магнитный момент прецессирует в магнитном поле и угловая скорость прецессии строго пропорциональна вели-

чине магнитного поля. Если же на ядро действует еще и переменное электромагнитное поле, то, как только частота совпадет с частотой прецессии, происходит резонансное поглощение энергии электромагнитного поля ядром. Частота переменного поля, которое обычно создается при помощи небольшой катушки, намотанной иногда прямо на образец, измеряется с большой точностью, поэтому ЯМР дает возможность измерять магнитное поле в веществе с такой же точностью. Разумеется, в случае, когда удастся наблюдать само поглощение, что совсем не просто. Если магнитное поле однородно, наблюдается узкая линия ЯМР, если не очень, — линия уширяется. Кондон и Вальстедт впервые наблюдали одновременное сосуществование *двух* резонансных частот (*расщепление* линии), соответствующих двум значениям индукции B_1 и B_2 . При изменении внешнего магнитного поля это происходило периодически, период совпадал с таковым для осцилляций намагниченности в серебре, а величина расщепления $B_2 - B_1$ была равна примерно половине периода осцилляций.

Безусловная удача эксперимента была заслуженным результатом преодоления значительных трудностей. Кроме того, что очень сложно обеспечить необходимые условия возникновения: нужна температура $T=1.4$ К, магнитное поле $H=90000$ Э, очень высокая однородность поля (на фоне основного поля масштаб неоднородности должен быть гораздо меньше величины расщепления $\Delta B=12$ Э) и очень высокое качество монокристалла, — нелегко и наблюдать ЯМР в металле, особенно — высокой чистоты, как в данном случае. Поскольку переменное электромагнитное поле проникает в металл лишь на малую глубину скин-слоя, в поглощении может участвовать только совсем небольшое количество ядер, расположенных вблизи поверхности. С учетом вышесказанно-

го, казалось бы, у авторов было очень мало шансов на успех! И результат говорит сам за себя.

Разумеется, авторы попытались добиться такого же результата и для бериллия. Ведь бериллий, своего рода «чемпион» среди металлов по амплитуде осцилляций. Но тут авторов ждала полная неудача, метод не сработал. В отличие от серебра, где спин равен $1/2$ и есть только две возможности для проекции момента на направление магнитного поля: по полю или против него, — у бериллия спин равен $3/2$, и возможностей больше. В итоге, вместо узкой линии ЯМР, как для серебра, в бериллии наблюдается *квадрупольное* расщепление линии даже без всяких доменов. Это еще одна трудность в обнаружении доменов во многих металлах методом ЯМР. Не удивительно, что после удачи с серебром и фиаско с бериллием в литературе больше не было ни одной работы по выявлению диамагнитных доменов методом ЯМР. Все последние достижения в поисках диамагнитных доменов связаны с использованием нового метода исследования — метода спиновой прецессии мюона (μ SR) [8].

доменов так же, как и в методе ЯМР, проявлялось в виде расщепления пика μ SR [10].

Метод μ SR имеет и отличия от метода ЯМР. Мюоны — короткоживущие элементарные частицы, продукт деятельности мощного ускорителя, их время жизни составляет около 2 мкс. Обладая достаточной начальной энергией, положительный мюон может довольно глубоко внедриться в образец и остановиться в каком-нибудь из междоузлий, задерживаясь там до распада. Поскольку он обладает спином (который прецессирует в соответствии с величиной локального магнитного поля), позитрон, который образуется при распаде, вылетает преимущественно в направлении спина. Это событие фиксируется тем или иным детектором. В образце все мюоны начинают вращаться строго с одного положения, и в эксперименте регистрируется большое число мюонов. Если все мюоны оказываются в одинаковом магнитном поле, в каждом детекторе число отмеченных событий будет осциллирующей во времени функцией, частота которой и есть частота прецессии. В данном ме-

тоде уже нет необходимости в переменном магнитном поле, частота прецессии измеряется напрямую, и поэтому отпадает первая трудность измерения ЯМР, обусловленная скин-слоем. Точно так же отсутствует и вторая, поскольку в любом образце «работает» один и тот же пробный снаряд со спином $1/2$. Мюоны проникают в вещество достаточно глубоко, поэтому контролируются объемные свойства. В результате, как и в ЯМР, ширина пика μ SR соответствует величине неоднородности магнитного поля в образце. Если же в образце произойдет расслоение на домены с величинами магнитного поля B_1 и B_2 , то одна часть мюонов окажется в поле B_1 , а другая в поле B_2 . В результате получатся две частоты прецессии и, соответственно, пик μ SR расщепится на два.

На рис.8 показаны результаты μ SR-эксперимента для монокристаллической пластинки бериллия. Когда H изменяется в диапазоне $B_1 < H < B_2$, в спектре наблюдается расщепление на два пика с неизменными значениями частот, соответствующими величинам B_1 и B_2 . По мере роста поля амплитуда одного

Мюоны приходят на помощь

Метод μ SR развился на стыке двух областей науки — ядерной физики и физики конденсированного состояния. Он в определенном смысле аналогичен методу ЯМР. В 1979 г. Ю.М.Белоусов и В.П.Смилга предложили использовать его для наблюдения доменов Кондона [9]. Однако в то время техника была не готова, стыка еще не произошло, и их работа, увы, осталась незамеченной. Прошло целых 16 лет, и идея использовать метод μ SR для наблюдения доменов родилась заново, на сей раз в Швейцарии в Институте им.П.Шеррера. Эксперименты на бериллии увенчались успехом в 1995 г., и образование диамагнитных

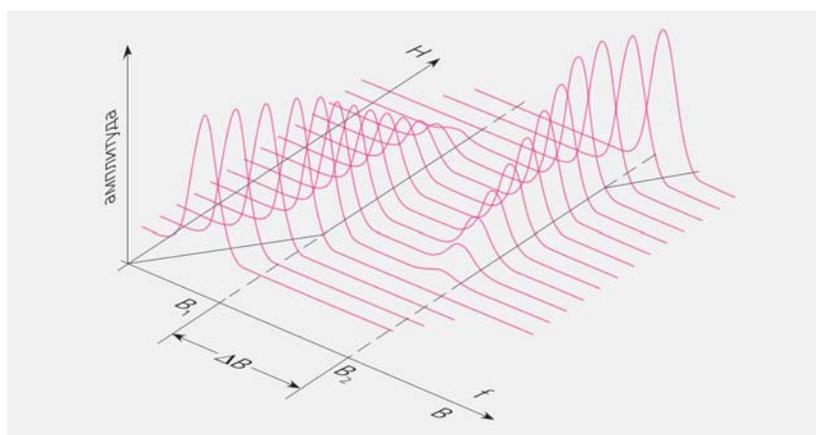


Рис.8. Трехмерное изображение нескольких спектров μ SR-измерений. Ось H — внешнее магнитное поле, при котором измеряется частота прецессии мюона в образце. На другой оси — частота или индукция, поскольку $f = gB$ и константа g известна для мюона с большой точностью. Спектральные пики при отсутствии доменов всегда располагаются вдоль диагонали $B = H$. Здесь, в отличие от реальных результатов, приведены несколько сглаженные спектры.

пика уменьшается, а второго увеличивается, что отражает перераспределение долей образца, принадлежащих той или иной фазе. Анализ полученных данных подтверждает, что соотношение (5) всюду точно выполняется. При любых других значениях магнитного поля вне указанного диапазона наблюдается стандартный узкий пик с частотой, отвечающей этому полю.

Теперь можно сказать, что успех экспериментов на бериллии вполне закономерен, ведь бериллий «чемпион» по осцилляциям. В магнитном поле 30000 Э диамагнитные домены в нем существуют вплоть до температуры $T \sim 3$ К. Однако у большинства металлов амплитуда осцилляций гораздо меньше. На первый взгляд, может показаться, что домены Кондона — весьма редкое явление природы. Однако это не так. Дело в том, что при очень низких температурах форма осцилляций уже сильно отличается от синусоиды. Анализ показывает: для любого металла, как ни мала была бы амплитуда эффекта, при достаточно низкой температуре условие (4) обязательно выполнится. Правда, величина ΔB окажется очень малой, и расщепление пика μSR наблюдать гораздо сложнее. Для этого требуются и предельно совершенные кристаллы, и более тонкая техника измерений.

Именно такие эксперименты и были проведены недавно в Институте им. П. Шеррера. Была использована разработанная в институте новая методика измерений, так называемая MORE, которая позволяет значительно понизить уровень шума. На всех исследованных монокристаллах олова, индия, алюминия и свинца, выращенных в Институте физических проблем им. П. Л. Капицы еще около 30 лет назад, было обнаружено образование диамагнитных доменов. Область их существования ограничивается несколькими десятками долями кельвина. Безуслов-

но, в успехе данной работы (она была доложена на международной конференции в Виллиамсбурге в 2002 г.) заключен труд многих и многих физиков за долгие годы. Теперь можно с уверенностью сказать, что диамагнитные домены, или домены Кондона, так же, как и эффект де Хааза—ван Альфена, присущи всем без исключения металлам, только наблюдать их несравненно сложнее.

На закуску

Хочется затронуть еще два вопроса. Во-первых, вполне закономерен вопрос о механизме электрического тока, протекающего в доменной стенке. В обычных магнитных доменах этот механизм понятен. Циркуляционные токи, обусловленные противоположным направлением спинов в соседних доменах и текущие по часовой стрелке и против нее, на границе складываются, образуя ток намагнитченности. В диамагнитных же доменах ларморовское вращение электронов по обе стороны границы совершенно одинаково, и в этом смысле граница никак не выделена. Тем не менее, магнитный момент по обе стороны границы направлен в противоположные стороны, и, например, в бериллии при величине ΔB около 30 Э плотность тока в весьма тонкой, порядка одного микрона, доменной стенке должен составлять $\approx 3 \cdot 10^5$ А/см² (очень большая величина!). Ответ заключается в том, что в эффекте де Хааза—ван Альфена изменяется не только намагнитченность, но и размеры кристалла — происходит так называемая *стрикция*. Ведь фаза осциллирующей энергии $\phi = 2\pi F/B$ (3), т.е. состояние металла, определяется не только индукцией B , но и величиной F , пропорциональной сечению поверхности Ферми, которое зависит от размеров кристаллической ячейки. Поэтому в формуле (2) следует, строго

говоря, учесть и упругую энергию. При росте магнитного поля металл меняет состояние, оставаясь в минимуме энергии не только за счет намагнитченности, но и за счет изменения сечения F , должным образом подстраивая размеры. (Стрикция и намагнитченность — близнецы-братья, но не совсем. Стрикция не зависит от формы образца, тогда как пластинку, нормальную направлению поля, невозможно намагнитить.) При скачке из B_1 в B_2 переход от одних размеров к другим также происходит скачком, и в соседних доменах с противоположной намагнитченностью деформация тоже в определенном смысле «противоположна». Изменение ее должно происходить более или менее плавно в доменной стенке. Соответственно изменяется и величина F , и плотность зарядов. А как известно, градиент плотности зарядов в магнитном поле и есть ток намагнитченности, т.е. ток есть результат стрикции. Теперь понятно, что большей плотности зарядов соответствует диамагнитная фаза, меньшей — парамагнитная, а разница плотности зарядов в доменной стенке обеспечивает нужный ток намагнитченности. Величина стрикции очень мала — в приведенном выше примере относительная деформация составляет всего одну миллионную. Таким образом, формирование доменной структуры приводит еще и к рельефу на поверхности образца, к сожалению, очень слабому. Поэтому увидеть его даже очень вооруженным глазом весьма непросто.

Образование доменов Кондона как фаз различной плотности порождает еще одно интересное явление. При измерениях поперечной относительно H стрикции в бериллиевой пластинке было обнаружено поразительное свойство доменной структуры, которое иначе как сверхмягкостью и не назовешь [11]. Надо сказать, что бериллий сам по себе является чрезвы-

чайно жестким металлом, выше его по этому свойству только вольфрам и иридий. Его жесткость, или модуль Юнга, гораздо больше, чем у меди. И вот, медное острие регулировочного винтика, прижимающего бериллиевую пластинку с минимальным усилием к измерительному устройству, периодически, при возникновении доменной структуры, проваливается в образец на весьма заметную глубину. Глубина образующейся под острием ямки, которая, разумеется, тут же зарастает, как только образец становится однофазным, предполагается по крайней мере *стократное* уменьшение модуля Юнга. Такое уникальное поведение можно объяснить только при помощи соответствующей перестройки доменной структуры вблизи острия.

И другой вопрос. На наш взгляд, существует прямая аналогия между диамагнитными доменами и чередованием нормальной и сверхпроводящей фаз при возникновении известного *промежуточного состояния* в сверхпроводнике 1-го рода. В самом деле, возьмем опять образец в форме длинного цилиндра, ориентированного

вдоль **H**. При достижении полем критического значения H_c он переходит скачком из сверхпроводящего состояния ($B_1 = 0$) в нормальное ($B_2 = H_c$). Разумеется, оба состояния отвечают минимуму энергии. А теперь возьмем образец из того же металла, только в форме тонкой пластинки, расположенной нормально к **H**. Из чисто геометрических соображений необходимо выполнение условия (5). Но при изменении магнитного поля в диапазоне между нулем и H_c никакого однородного решения нет, так как любое обладает избыточной энергией. Минимум энергии соответствует разбиению образца на чередующиеся домены с индукцией $B_1 = 0$ и $B_2 = H_c$, т.е. на сверхпроводящую и нормальную фазы. При этом условие (5) опять выполняется в среднем по образцу за счет пропорционального изменения объемов разных фаз. Еще 30 лет тому назад физики научились не только получать изображение промежуточного состояния, но и рассматривать его в движении. А можно ли увидеть диамагнитные домены? Из теории следует, что периоды обеих доменных структур могут быть очень близки в одинаковых

по толщине образцах. К сожалению, на этом сходство и заканчивается. Количественное отличие оказывается кардинальным. Если «магнитный контраст» (0 и H_c) в изображении промежуточного состояния фактически стопроцентный, то для доменов Кондона контраст (B_1 и B_2) в лучшем случае всего 0.1%. Кроме того, здесь сама величина магнитного поля почти в сто раз больше, что представляет дополнительное препятствие. Однако принципиальная возможность для получения изображения диамагнитных доменов остается, что дает основания для определенного оптимизма.

Остается вопрос — а представляют ли столь экзотические эффекты какой-то практический интерес? Ответ — да: благодаря им удастся подойти к проблеме сжимаемости металла с совершенно неожиданной стороны. Можно показать, что если весь ток намагниченности, протекающий в стенке между доменами, есть результат градиента плотности зарядов, то сжимаемость металла полностью определяется только конструкцией его поверхности Ферми. Но это уже предмет отдельного разговора. ■

Литература

1. Condon J.H. // Phys. Rev. 1966. V.145. P.526—535.
2. Landau L. // Zeitschrift für Phys. 1930. V.64. P.629—637 / Пер.: Ландау Л.Д. Собр. трудов. Т.1. М., 1969.
3. Haas W.J. de, Alphen P.M. van // Proc. Netherlands Roy. Acad. Sci. 1930. V.33. P.1106—1111.
4. Onsager L. // Phil.Mag. 1952. V.43. P.1006—1011.
5. Лифшиц И.М., Косевич А.М. // ЖЭТФ. 1955. Т.29. С.730—752.
6. Шенберг Д. Магнитные осцилляции в металлах. М., 1986.
7. Condon J.H., Walstedt R.E. // PRL. 1968. V.21. P.612—615.
8. Schenck A. Muon Spin Rotation Spectroscopy. Hilger; Bristol, 1986.
9. Белоусов Ю.М., Смилга В.Л. // ФТТ. 1979. Т.21. С.2459—2462.
10. Solt G., Baines C., Egorov V.S. et al. // Phys. Rev. Lett. 1996. V.76. P.2575—2578.
11. Егоров В.С., Лыков Ф.В. // ЖЭТФ. 2002. Т.94. С.162—171.

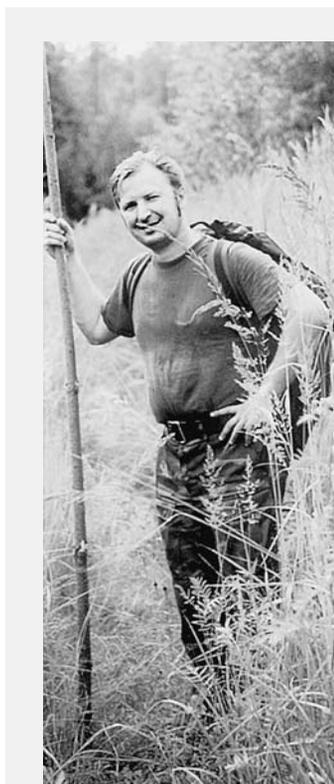
Преуспевающий реликт

С.В.Наугольных

Ранней весной даже горожанин, наверное, замечал на обрывах канав, что проложены вдоль дорог, красноватобелые столбики, устремленные вверх. Это генеративные побеги хвоща полевого (*Equisetum arvense*). На конце побега находится стробил (с лат. — шишка) — орган размножения, в котором образуются споры. После их созревания надземная часть отмирает и появляется невысокое, 15–30-сантиметровое растение, похожее на маленькую елочку. Его ажурные боковые ветви, собранные мутовками, отходят от узлов рифленого полого стебля. Листья у хвощей превратились в мелкие чешуйки, прижатые к узлам и не способные к фотосинтезу; эту функцию выполняют зеленые стебли и ветви. Другие виды этих многолетних трав с жесткими, пропитанными кремнеземом стеблями, могут достигать метровой высоты, а у некоторых лежащих видов стебель иногда тянется на 9 м.

Род *Equisetum* (кстати, его латинское название происходит от двух слов: *equus* — лошадь, и *seta*, или *saeta*, — щетина, грива) насчитывает около 30 видов и распространен повсюду, за исключением Австралии и Новой Зеландии.

У человека, сидящего на берегу подтопленного заболоченного лесного озера или речушки и смотрящего на густые прибрежные заросли хвощей



Сергей Владимирович Наугольных, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Геологического института РАН. Область научных интересов — стратиграфия пермской системы, палеофитогеография, палеоэкология, эволюция древней растительности. Постоянный автор «Природы».

с длинными трескучими членистыми стеблями, легко может возникнуть иллюзия, будто он находится в лесу, росшем в конце палеозойской эры, в пермском периоде. Близких и дальних родственников хвощей тогда было видимо-невидимо. Они так же, как их нынешние потомки, предпочитали селиться в хорошо увлажненных местах и, судя по известным местонахождениям растительных остатков этого возраста, нередко

образовывали моновидовые сообщества.

Воистину палеозойская эра была периодом расцвета членистостебельных. Но из огромного разнообразия этих споровых высших растений до наших дней дожил всего лишь один род хвощей. Известны ли их предки, что они собой представляли и благодаря чему сумел сохраниться и столь преуспеть этот единственный род реликтовых растений? Об этом и пойдет речь.

Два кандидата

Почти в любом учебнике ботаники, да и в популярной литературе тоже, говорится, что хвощи ведут свою родословную от каламитов — гигантских споровых растений с членистыми стволами, достигавшими 20 м в высоту, а то и более. Сейчас каламитов относят к самостоятельному семейству *Calamitaceae* (или *Calamostachyaceae*), которое обособляют в особый порядок *Calamitales*, называемый также *Calamostachyales* [1]. С каламитами современных хвощей сближает своеобразная ребристость ствола: против каждого ребра на междоузлии находится впадинка в узле, т.е. ребра на этих частях растения сдвинуты относительно друг друга. У других палеозойских членистостебельных ребра проходят через узлы побега прямо, без смещения. К таким растениям относятся, например, астеро-, или археокаламиты, клинолистники-сфенофиллы, а также представители семейства черновиевых, из которых наиболее известен формальный род паракаламитес (*Paracalamites*). Из перечисленных групп сфенофиллы — очень своеобразная группа споровых растений — особенно далеки от хвощей и потому не могут рассматриваться в качестве кандидатов на роль их филогенетических предшественников. Зато семейство черновиевых наравне с каламитами может претендовать на роль предков современных хвощей, несмотря на отличие в ребристости побега.

Черновиевые (*Tchernoviaceae*), составляющие самостоятельное семейство в порядке хвощевидных (*Equisetales*), произрастали в основном в каменноугольное и пермское времена на территории Ангариды, материка, который располагался в пределах современной северо-восточной Азии. Судя по многим признакам, черновиевые произошли от астерокаламитовых, живших в раннем карбоне [1].

Какие же палеозойские растения стояли в основании филогенетической цепочки, ведущей к современным хвощам? Каламиты или черновиевые?

Чтобы ответить на этот вопрос, надо понять, какие из предполагаемых предков наиболее сходны строением с хвощами.

Спороношения. Известно, что весьма важным таксономическим признаком служит строение репродуктивных органов (у членистостебельных их называют спороношениями).

У каламитов эти органы образуют компактные собрания (стробилы) и внешне несколько напоминают стробилы современных хвощей. Однако если присмотреться к некоторым важным деталям в строении тех и других растений, выяснится, что между ними существует много различий. Главное из них заключается в том, что спорангиофоры хвощей расположены на фертильной оси один за другим и примыкают друг к другу, а у каламитов находятся в пазухах видоизмененных чешуевидных листьев — бракетей.

Спороношения черновиевых во многом устроены иначе. У растений рода *Equisetino-stachys*, одного из наиболее типичных в семействе черновиевых, спороношения больше, чем у каламитов, сходны со стробилами современного хвоща. Спорангиофоры закрыты щитками, края которых на незрелых генеративных органах плотно сомкнуты, а по мере созревания спорангиев загибаются кверху. Благодаря этому споры высыпаются, выходят наружу и разносятся водой и ветром.

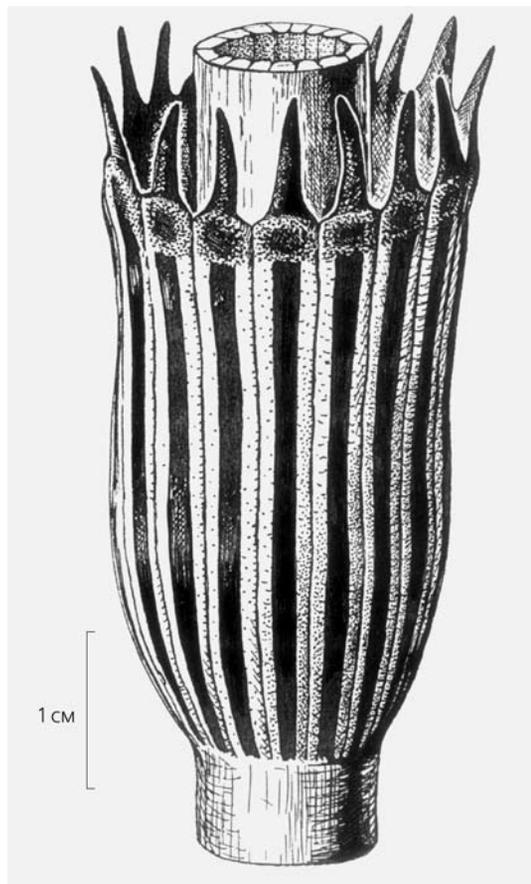
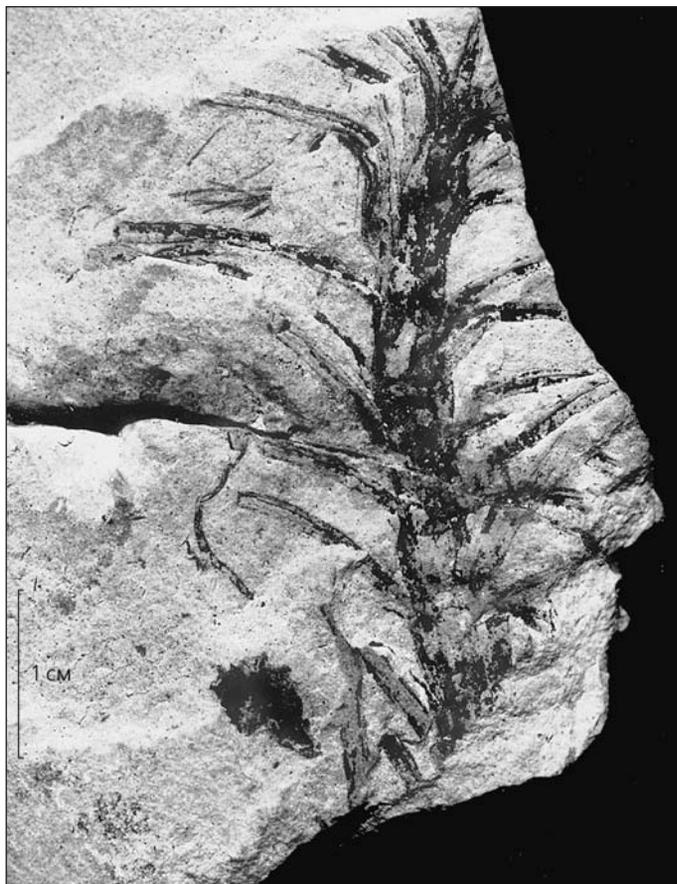
У *Equisetino-stachys* существовали и своеобразные черты строения спорошений. На верхушке побега располагался не единственный стробил, как у хвоща, а несколько фертильных зон образовывали сложную многоярусную конструкцию, разделенную мутовками стерильных листьев. Пучок листьев венчал и вершину фертильного побега эквизетиностахиса. Из

этого следует, что верхушечные меристемы побега (в отличие от стробил современного хвоща) были активными. Таким образом, спороношения *Equisetino-stachys* не образовывали настоящих специализированных стробил, а располагались непосредственно на побеге растения.

Формы роста. На реконструкциях палеозойских ландшафтов древние членистостебельные нередко изображаются как увеличенные во много раз копии современных хвощей. Однако такое представление ошибочно. Конечно, и у современных хвощей, и у их ископаемых родственников во внешнем виде много общего. Прежде всего, у них одинаковый — моноподиальный — тип ветвления, а ветви и листья собраны в мутовки. Но, по большому счету, тем сходство и заканчивается.

Формы роста каламитов еще в 20-х годах прошлого столетия реконструированы знаменитым немецким палеоботаником М.Хирмером [2]. (Его реконструкции вошли во многие учебники палеонтологии и ботаники.) По особенностям расположения ветвей на побеге Хирмер выделил несколько подродов каламитов (иногда их рассматривают в качестве самостоятельных родов): *Stylocalamites*, *Crucicalamites*, *Diplocalamites*, *Calamitina*. Позднее были добавлены еще несколько реконструкций, основанных на строении найденных стволов с ветвями и даже спороношениями, а также на результатах сравнительно-морфологических исследований [3].

Относительно ангарских черновиевых было в общем-то понятно, что по меньшей мере некоторые из них представляли собой древовидные растения, поскольку вместе с побегами, листьями и спороношениями часто встречались фрагменты стволов довольно основательного диаметра — до 10–15 см. Как выглядели при жизни эти членистостебельные Ангариды, долгое время оставалось загад-



Вегетативные и репродуктивные органы двух видов пермских черновиевых из Приуралья — филлотеки и паракаламитины. Слева направо: вегетативный побег филлотеки (*Phyllothea stenophylloides*) в породе; реконструкция части вегетативного побега; репродуктивный орган эквизетиностахис с многоярусным расположением фертильных зон (рис. по фотографии [9]) и прорисовка разных морфологических частей паракаламитины (*Paracalamitina striata*). В последнем рисунке масштаб 2 мм.

кой. Одна удачная находка помогла ее прояснить.

В представительном разрезе пермских отложений, расположенном по берегам (в основном, на левобережье) р.Кожим в Печорском Приуралье, мне посчастливилось найти крупный членистый ствол, явно относившийся к черновиевым. К узлам ствола прикреплялись облиственные побеги, на концах некоторых из них сохранились спороношения. После нескольких часов работы молотком и зубилом более полуметра ствола оказались свободными от скальной породы. По соотношению его диаметра и скорости уменьшения толщины удалось вычислить высоту растения — она

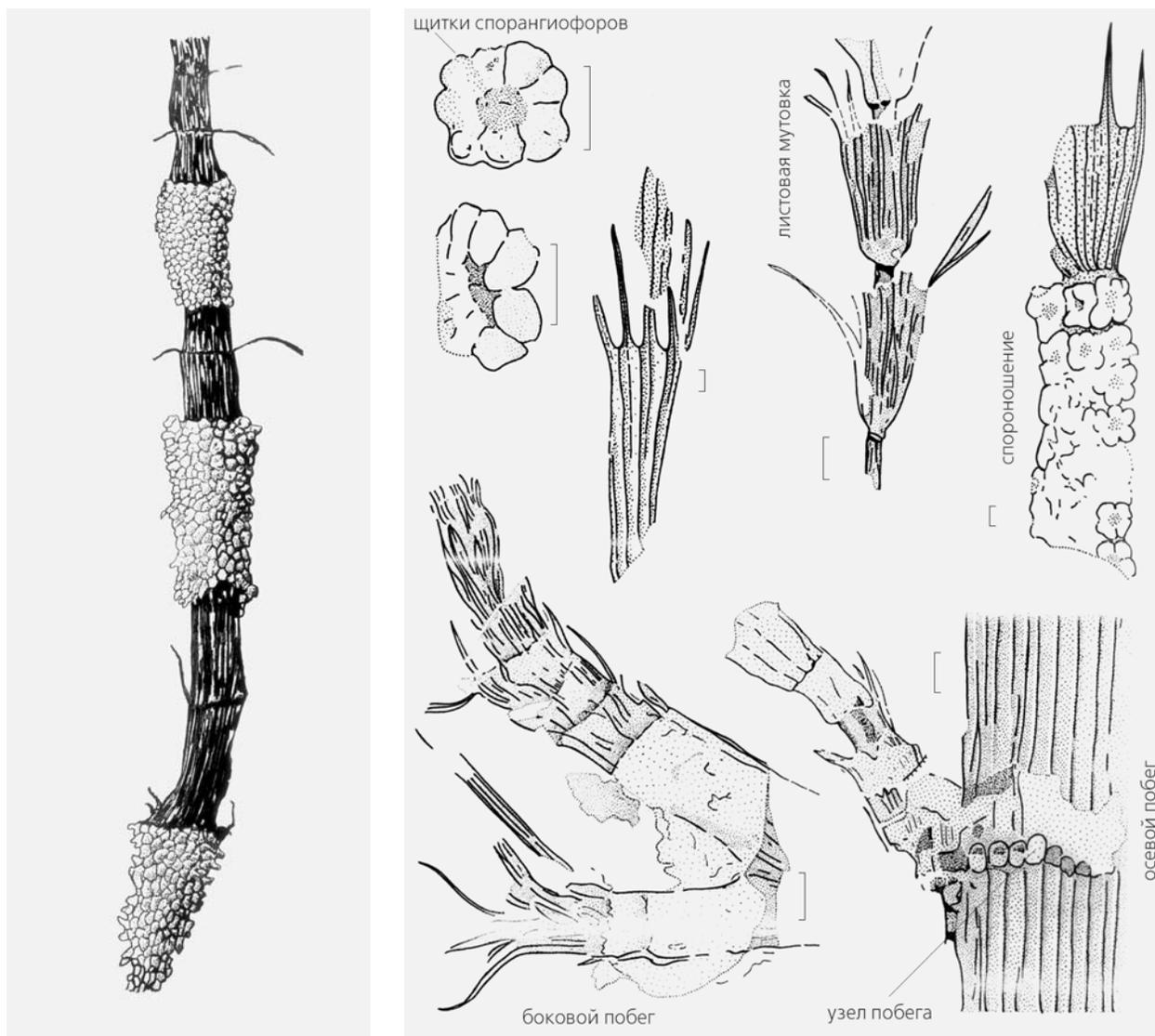
должна была превышать 3.5 м. Эта находка послужила основой для первой графической реконструкции целого растения, названного *Paracalamitina striata*, из семейства черновиевых [4]. Прежде существовавшие реконструкции касались отдельных частей побегов [5] и спороношений [6] некоторых других представителей черновиевых.

Спороношения у *Paracalamitina striata*, как и у эквизетиностахиса, сохраняли активность терминальных меристем: на верхушках фертильных зон, которые можно условно назвать «квазистробилами», располагался все тот же хохолок из стерильных листьев. Но количество фертильных зон по сравне-

нию с *Equisetinostachys* сократилось до одной, в очень редких случаях — двух. Другое пермское членистостебельное с намечающейся редукцией фертильных зон, расположенных на боковых побегах, было описано в 1983 г. С.В.Мейеном и Л.В.Меньшиковой как *Sendersonia matura* из верхнепермских отложений Кузбасса.

Древние признаки у современных хвощей

Один из эффективных способов корректировки филогенетических гипотез, высказываемых палеонтологами, — изучение из-



менчивости и aberrаций современных организмов. Такие отклонения от нормы иногда повторяют черты строения отдаленных предков, потому что некоторые древние гены сохраняются в геноме потомков в латентном, «спящем» состоянии, а затем, нередко под воздействием неблагоприятных факторов среды, могут активизироваться. Поэтому обнаружить в природе aberrантную форму — большая удача для палеоботаника.

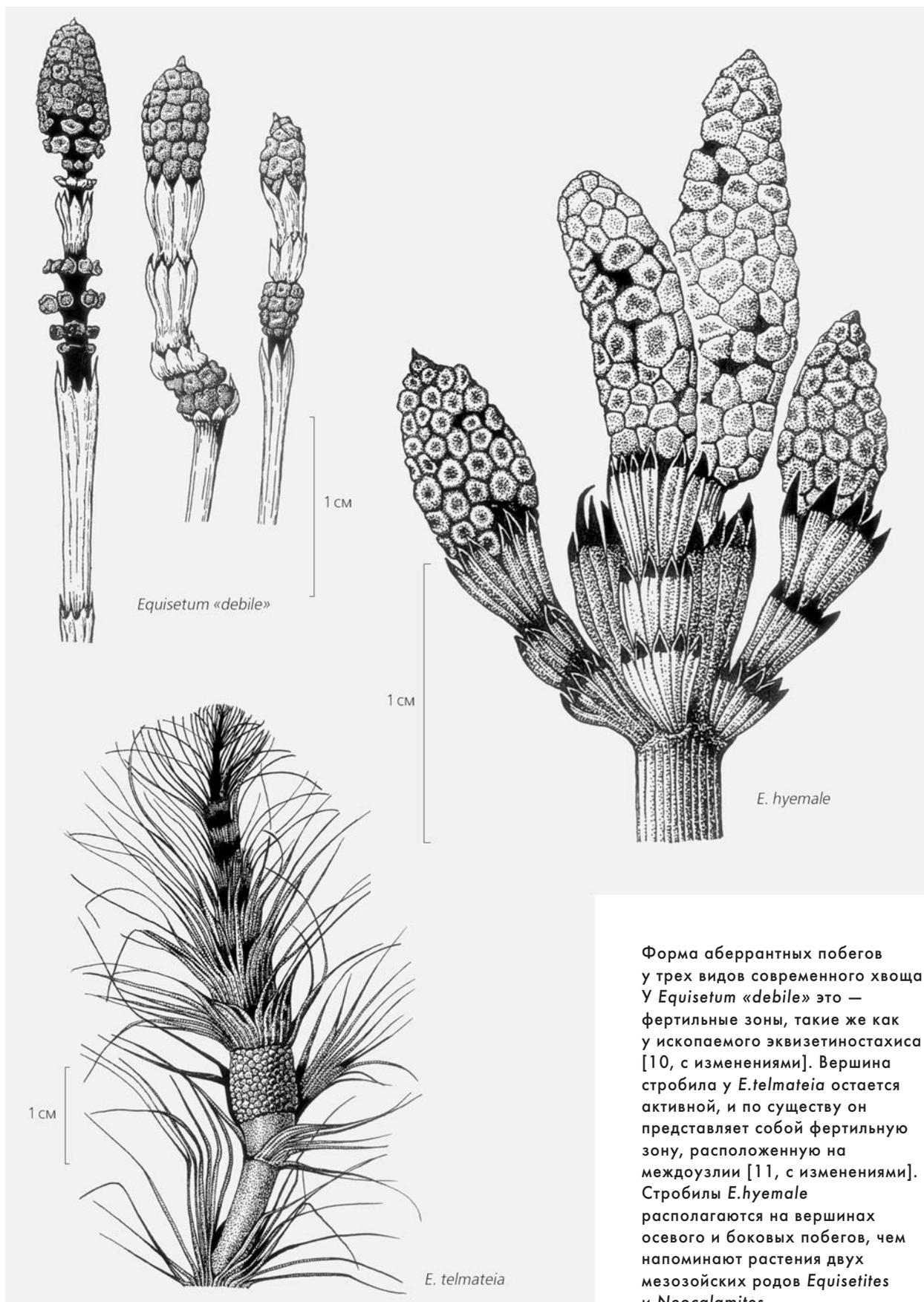
Летом 1998 г. в приустьевой части Монастырского оврага (Ульяновская обл., правый берег Волги в 10 км выше по течению от г.Тетюши, близ с. Монастырское) мне попались на глаза несколько экземпляров современ-

ного хвоща зимующего (*Equisetum hyemale*), побеги которого существенно отличались от нормальных: стробилы располагались не только на главном осевом побеге, но и на двух-трех коротких боковых ветвях, идущих от самого верхнего узла. Ниже у всех экземпляров боковые ветви на стебле отсутствовали, что весьма характерно для этого вида хвощей. Стробил на основном побеге, как правило, был значительно лучше развит, чем на боковых ветвях. Высота собранных растений колебалась от 50 до 80 см при ширине стеблей 4 мм, а длина междоузлий варьировала от 38 до 65 мм.

Развитие стробил на боковых побегах, для современных

хвощей абсолютно нетипичное, свойственно мезозойским представителям родов *Equisetites* и *Neocalamites*. Примечательно, что у *Neocalamites* aff. *carrerei*, описанного в 1958 г. В.П.Владимирович из угленосных триасовых отложений Челябинского бассейна, стробилы сидели на боковых ветвях по одному, как у *Equisetum hyemale*. У *Equisetites arenaceous*, еще одного мезозойского вида, стробилы тоже располагались на укороченных боковых побегах, но не по одному, а по три [7, 8].

Современные *Equisetum* имеют и другие aberrации. Известны экземпляры, генеративные органы которых разделены на несколько фертильных зон,

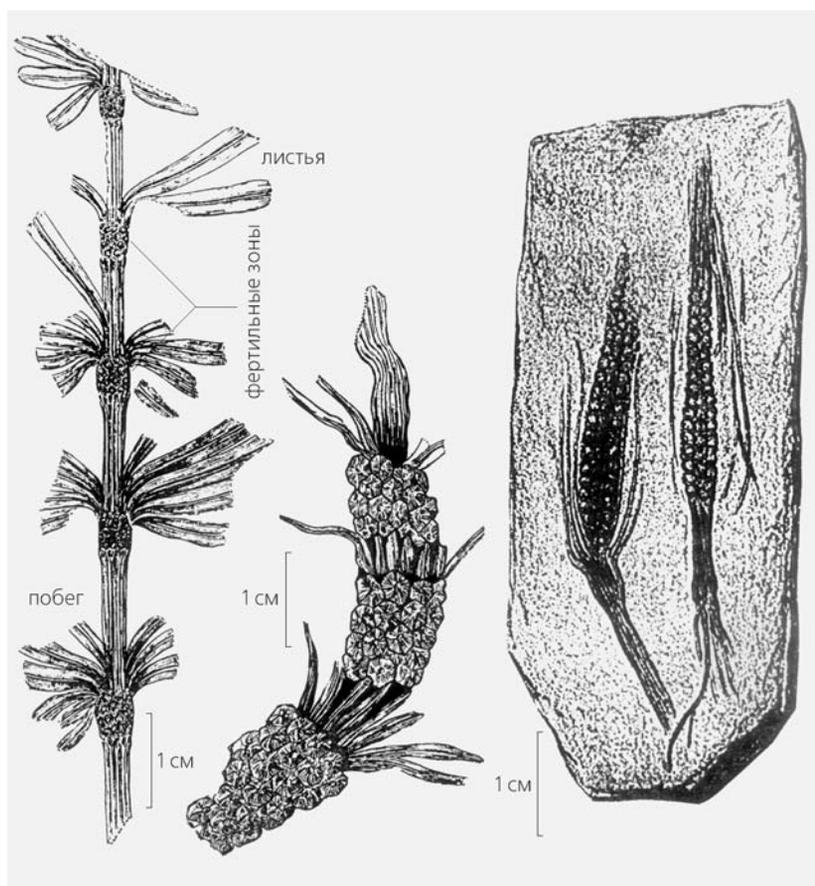


Форма aberrантных побегов у трех видов современного хвоща. У *Equisetum «debile»* это — фертильные зоны, такие же как у ископаемого эквизетиностахиса [10, с изменениями]. Вершина стробила у *E. telmateia* остается активной, и по существу он представляет собой фертильную зону, расположенную на междоузлии [11, с изменениями]. Стробилы *E. hyemale* располагаются на вершинах осевого и боковых побегов, чем напоминают растения двух мезозойских родов *Equisetites* и *Neocalamites*.

фактически идентичных спороношениям уже упомянутого пермского черновиевого из рода *Equisetinostachys*. Иногда верхняя фертильная зона несет пучок стерильных листьев, аналогичных терминальному хохолку эквизетиностахиса.

У крупного современного хвоща *Equisetum telmateia* описаны экземпляры, у которых побег развивается из верхушки стробила. В этом случае последний по существу представляет собой фертильную зону, расположенную на междоузлии. У того же вида стробилы образуются и на боковых побегах, как у позднепермской *Sendersonia matura*, причем иногда верхушку венчает пучок стерильных листьев.

Примеров проявления древних признаков у современных хвощей в литературе можно найти множество, хотя в природе подобные отклонения встречаются редко.



Близкое родство

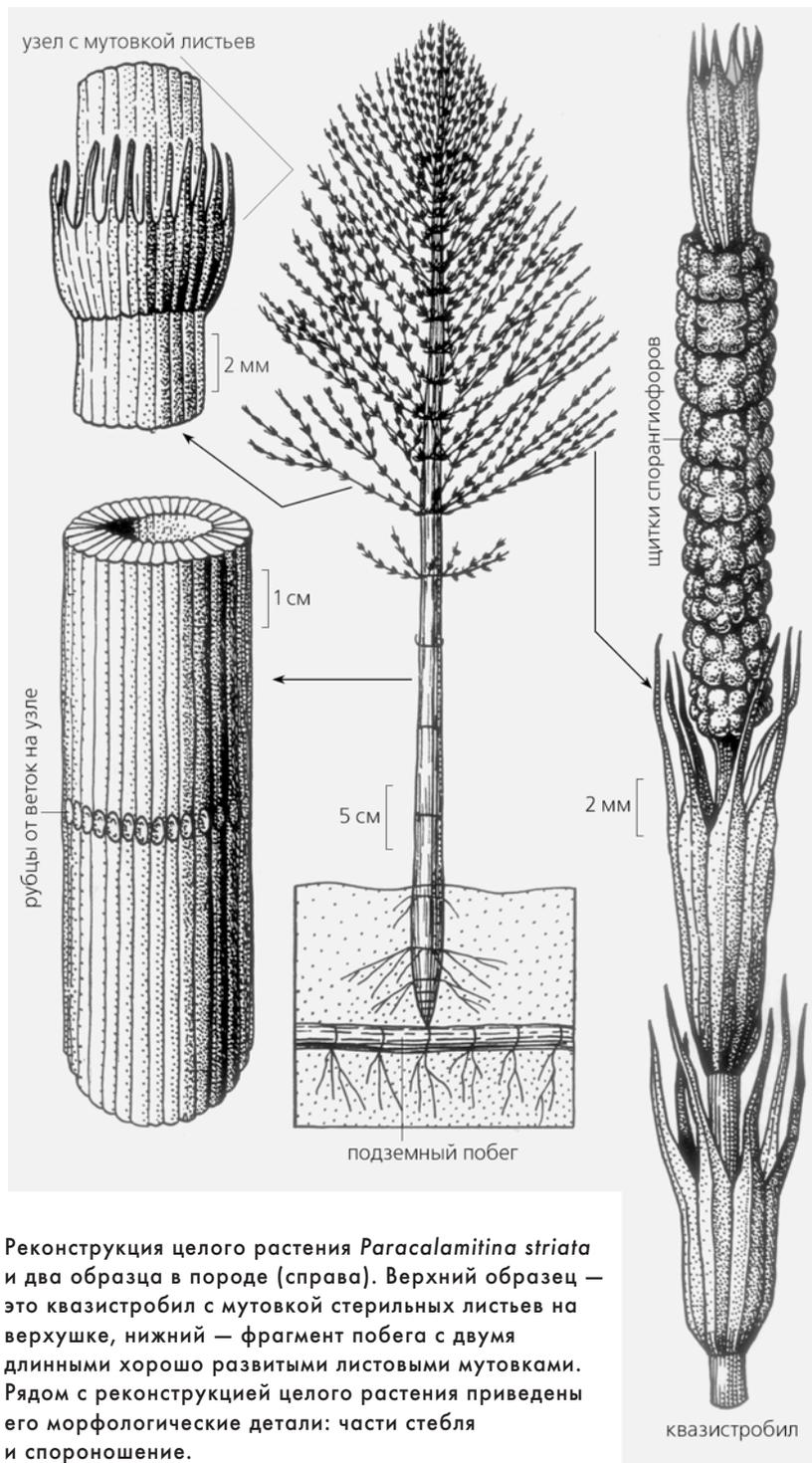
Ныне здравствующие хвощи, эти споровые растения из прошлых времен, случается, несут в себе, как уже сказано, необычные морфологические черты, которые были присущи предшественникам. Так, абберация хвоща зимующего из Монастырского оврага повторяет форму репродуктивных органов триасовых хвощей. Фертильные зоны растений из пермских родов *Equisetinostachys* или *Paracalamitina* почти ничем не отличаются от тех абберантных спороношений, которые образуются у современного хвоща, если терминальная меристема уже сформировавшегося стробила остается активной. В результате из верхушки генеративного органа вырастает побег, что совершенно несвойственно растению в норме. Такие абберантные спороношения закладываются у современного *Equisetum*, как правило, на боковых ветвях, а не на основном побеге, как нормальные

спороношения пермских черновиевых. У *Annulina neuburgiana* (слева) спороношения представляют собой фертильные зоны на генеративном побеге (описанном М.Д.Залесским [12], как *Phyllotheca bardensis*; местонахождение Красная Глинка, кунгурский ярус Среднего Приуралья). Такой же тип характерен и для *Equisetinostachys* sp. (по Залесскому это *Ph.peremensis*; местонахождение Чекарда-1, кунгурский ярус Среднего Приуралья; в середине). У *Paracalamitina striata* спороношения с хохолком стерильных листьев на верхушке можно назвать квазистробилами [13] (уфимский ярус Печорского Приуралья).

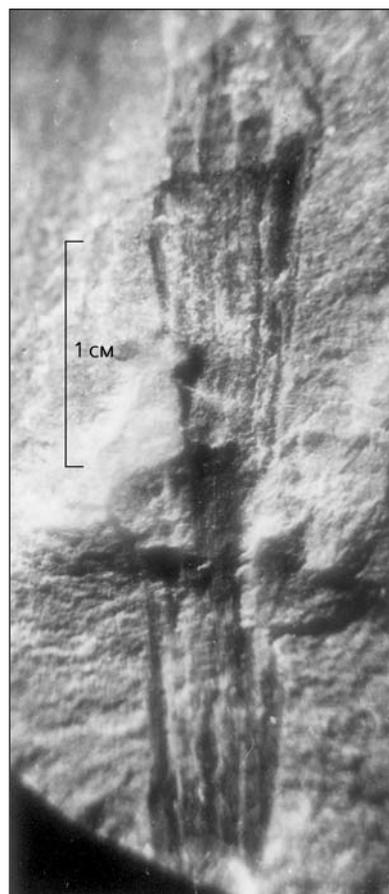
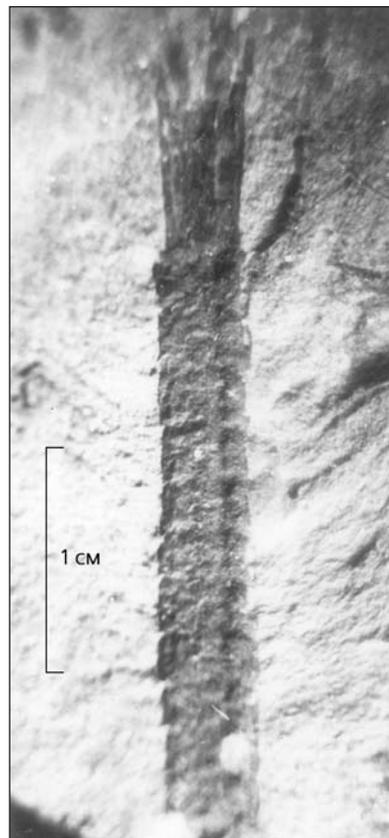
стробилы. И по этому признаку нынешние отклоняющиеся от обычной формы хвощи идентичны пермским членистостебельным семейства *Tchernoviaceae* (роды *Equisetinostachys*, *Paracalamitina*, *Sendersonia*). Следовательно, между семейством *Equisetaceae* и семейством позднепалеозойских ангарских черновиевых (*Tchernoviaceae*) существует прямая филогенетическая связь. По существу рекапитуляция примитивных генов, находящихся в латентном состоянии, превращает современные

хвощи с абберациями репродуктивных органов в уменьшенные во много раз копии их предков из палеозойской эры.

Если выстроить все формы, которые здесь обсуждались, в один ряд от древних видов к молодым, можно выявить неизменную морфогенетическую тенденцию — редукцию и генеративных, и вегетативных органов. Растения уменьшаются в размерах: от трех-четырёхметровых паракаламитин до современных хвощей, большинство которых не превышает несколь-



Реконструкция целого растения *Paracalamitina striata* и два образца в породе (справа). Верхний образец — это квазистробил с мутовкой стерильных листьев на верхушке, нижний — фрагмент побега с двумя длинными хорошо развитыми листовыми мутовками. Рядом с реконструкцией целого растения приведены его морфологические детали: части стебля и спороношение.



ких десятков сантиметров в высоту. Многочисленные фертильные зоны древних видов редуцируются до единственной, ее терминальная меристема теряет активность и в результате репродуктивные органы сохраняются только на верхушке побега —

фертильная зона превращается в стробил. По всей видимости, редукция сопровождалась ускорением генеративных процессов: созревания репродуктивных органов и начала генеративной активности (фертильности) растения в целом. Это дава-

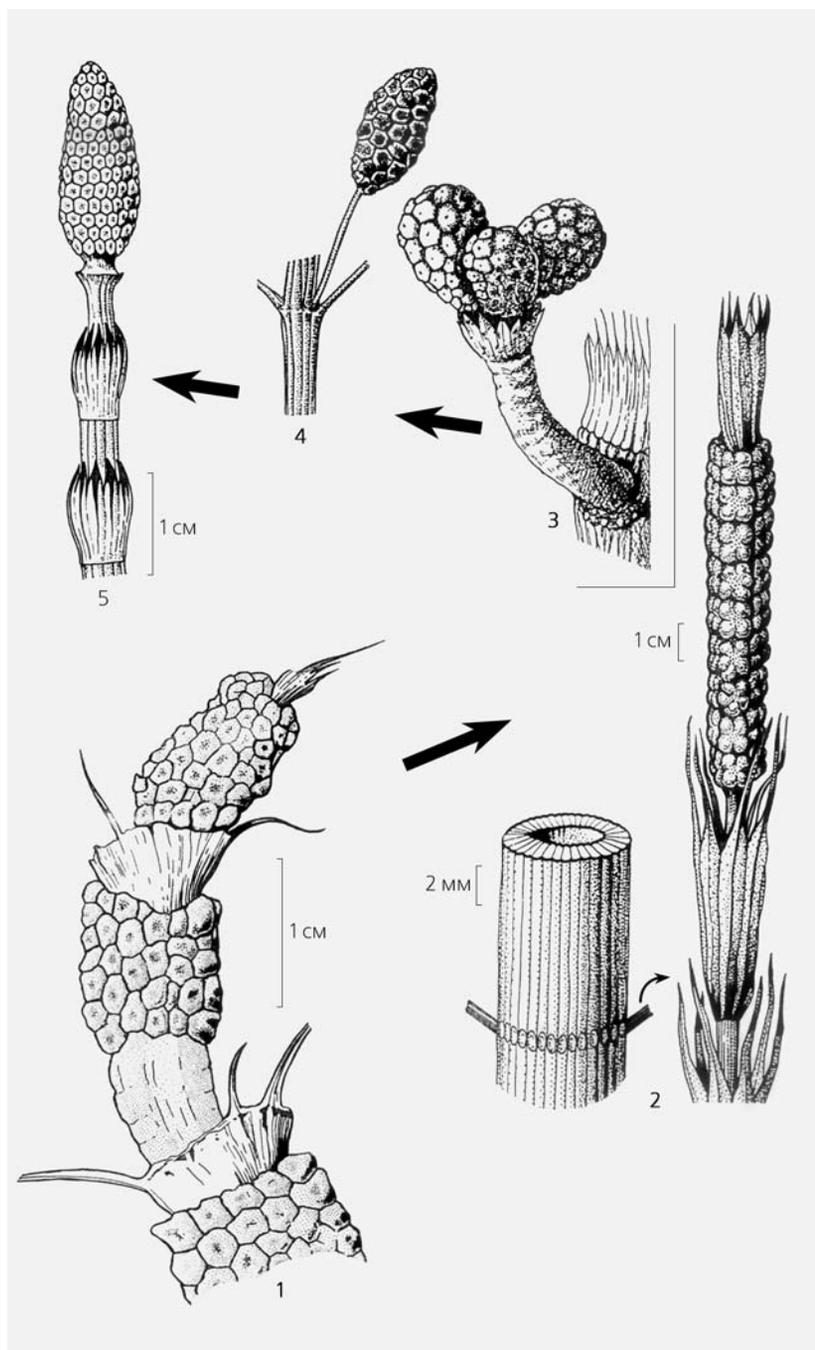
ло предкам хвощей преимуществва в конкурентной борьбе и освоении подходящих экологических ниш.

Очень сходные тенденции известны и во многих других группах относительно примитивных высших растений: у папоротников, плауновидных, птеридоспермов, цикадовых и гинговых. Не исключено, что редукция и олигомеризация наиболее значимы в эволюции споровых и голосеменных растений.

Почему процветают реликты

Несмотря на то, что от громадного разнообразия палеозойских членистостебельных до настоящего времени сохранился единственный род *Equisetum*, современные хвощи трудно назвать исчезающими растениями. Хотя количество ныне живущих видов невелико, их заросли занимают иногда весьма обширные пространства. Нередко это бывают участки с выжженной естественной растительностью или с неплодородной глинистой землей. Тот, кому случалось неоднократно оказаться в таких местах, видимо, замечал, что со временем там появляются растения. Они могут быть довольно примитивными, но их физиологическая толерантность обеспечивает им эффективную колонизацию освободившегося пространства. Сообщества растений, которые первыми осваивают пострадавшие и опустевшие в результате разрушительных паводков или пожаров (или хозяйственной, точнее, бесхозяйственной деятельности человека), называют пионерными. Таксономическим разнообразием эти сообщества не блещут, как правило, даже очень бедны, а нередко просто состоят из единственного вида.

В средней полосе России таким видом-колонистом пионерных сообществ часто бывает хвощ полевой (*Equisetum arvense*), реже другие виды, напри-



Эволюционный ряд морфогенетических изменений от пермских черновиевых до современных хвощей. Редукция генеративных органов — неизменная тенденция в этом ряду: растения древнего рода *Equisetinostachys* (1) имели по несколько фертильных зон; у более молодого вида *Paracalamitina striata* (2) осталась одна верхушечная зона, квазистробил (слева показан фрагмент стебля с веточными рубцами); затем уже появились настоящие стробилы, которые у *Equisetites arenaceus* (3) располагались по три на укороченных боковых побеггах [7, с изменениями], а у триасового *Neocalamites aff. carrerei* (4) тоже на боковых ветвях, но по одному [13, с изменениями]; современный (5) хвощ полевой (*Equisetum arvense*) в норме несет единственный стробил на вершине осевого побега. Подобно генеративным органам, редукцию претерпели и вегетативные.



Морфологически разнообразные современные хвощи и aberrantные спороношения хвоща зимующего из Монастырского оврага.

Боковые ответвления на побегах — не листья, а зеленые фотосинтезирующие ветви. Здесь не названы конкретные виды, так как для их точного определения необходимо иметь все органы растения — и вегетативные, и генеративные — на разных стадиях развития. Если есть сомнения в видовом определении, ботаники обозначают вид как *sp.*

мер, все тот же *E. hyemale*. (Главные конкуренты в заселении новых пространств — безусловно покрытосеменные, особенно — травянистые формы из числа рудералов.)

В строении современного хвоща и его древних родственников много черт, связанных именно с такой экологической стратегией. В репродуктивной сфере это — специальные выросты, элатеры, которыми снабжены споры. При изменении влаж-

ности элатеры начинают сокращаться, благодаря чему сама спора движется, «переползая» с места на место. Такое передвижение весьма способствует заселению хвощами все новых территорий, при условии, что они еще не освоены другими растениями-колонистами. Элатеры были обнаружены и на спорах некоторых ископаемых членистостебельных.

Второе важное приспособление для эффективного и быст-

рого освоения свободных пространств — наличие горизонтальных побегов, столонов, стелющихся по поверхности субстрата или неглубоко под землей. Половой процесс, связанный с чередованием диплоидного и гаплоидного поколений (спорофита и гаметофита), у хвощей протекает довольно длительное время. И вряд ли они смогли бы процветать, если бы не вегетативное размножение. Оно с избытком компенсирует малую



скорость полового размножения: из многих узлов длинных столонов развиваются новые растения, точные генетические копии родительского. Образовавшиеся заросли по сути представляют собой клон одного индивидуального хвоща. В Северной Америке таким путем размножаются некоторые стерильные гибриды хвощей и занимают обширные площади. Горизонтальные столоны также характерны для подавляющего большинства ископаемых членистостебельных, включая и калямитовые, и черновиевые.

Еще один прием, помогающий хвощам осваивать новые территории, — размножение фрагментацией, способ, который свойствен растениям водных или околоводных сообществ. При таком способе побег растения обламывается в одном из узлов, образовавшийся фрагмент переносится течением и ветром в новое место, иногда довольно далеко от материнского растения, и там укореняется.

Фрагментация известна и у некоторых ископаемых членистостебельных. Отпечатки укорененных побегов, берущих нача-

ло от фрагмента более крупного побега, обломленного в узлах, часто встречаются палеоботаникам. Но вот спороношения такого древнего хвоща практически не попадают в ископаемое состояние. Вероятно, причина кроется не в том, что не все органы растения оказываются в одном захоронении. Не исключено, что в тех условиях было гораздо выгоднее размножаться вегетативным путем, охватывая своими клонами значительные пространства, в том числе и непригодные для других растений.

Способность переносить неблагоприятные условия и успешно приспосабливаться к ним — качества, которые вместе с весьма выгодной и эффективной репродуктивной стратегией обеспечили хвощам долгую жизнь. Жизнь, корнями глубоко уходящую в палеозойскую эру. Теперь эти растения можно, пожалуй, назвать самыми процветающими «живыми ископаемыми». ■

Исследования выполнены при поддержке программы «Научные школы Российской Федерации» (проект НШ-1615.2003.5); программы № 25 «Сравнительный анализ причинно-следственных связей и факторов глобальных биосферных перестроек в фанерозое» Президиума РАН; а также программы «Факторы эволюции биосферы» Госконтракта № 100002-251/ОНЗ-06/183-181/270603-908.

Литература

1. Мейен С.В. Основы палеоботаники. М., 1987.
2. Hirmer M. Handbuch der Palaeobotanik. Bd.1. Berlin. 1927.
3. Noll R. // Veroff. Museum für Chemnitz. 2001. Bd.24. S.51—58.
4. Naugolnykh S.V. // Journ. Paleontol. 2002. V.76 (2). P.377—385.
5. Рассказова Е.С. // Тр. НИИ геологии Арктики. 1961. Вып.23—24. С.1—73.
6. Мейен С.В., Меньшикова Л.В. // Ботан. журн. 1983. Т.68. №6. С.721—729.
7. Frenzen K. // Aus Heimat. 1934. Bd.47. S.147—152.
8. Kelber K.-P., Konijnenburg-van Cittert J.H.A. van // Rev. Palaeobot. Palynol. 1998. V.100. P.1—26.
9. Вербицкая Н.Г., Радченко Г.П. Новые сибирские членистостебельные // Новые виды древних растений и беспозвоночных СССР. М., 1968. С.13—18.
10. Kasbyap S.R. // J. Indian Bot. Soc. 1930. V.9. P.240—241.
11. Tschudy R.H. // Amer. J. Bot. 1939. V.26. P.744—749.
12. Zalesky M.D. // Bull. de l'Academie des Sci. de l'URSS. 1934a. №7. P. 1093—1102.
13. Владимирович В.П. // Докл. Акад. наук СССР. 1958. Т.122. №4. С.595—598.

Чарующий чароит

С.В.Белов, А.А.Фролов

Среди десятков разнообразных полезных ископаемых, связанных с карбонатами, чароит поистине уникален. Единственное в мире месторождение этого самоцвета (его еще называют сиреневый камень) находится в нашей стране. Но прежде чем рассказать о чарующем душу камне, его месторождении и особенностях образования, надо хотя бы кратко пояснить, что же это за такие удивительные горные породы — карбонатиты [1]. Как они возникают, и почему с ними ассоциирует огромное количество различных полезных ископаемых, не характерных более ни для какой другой эндогенной геологической формации?

Большинство специалистов понимают под карбонатитами эндогенные, существенно карбонатные породы с подчиненным количеством силикатов и рудных (преимущественно редкометалльных) минералов, а также апатита $\text{Ca}_5[\text{PO}_4](\text{OH}, \text{F}, \text{Cl})$, магнетита Fe_3O_4 , флюорита CaF_2 и различных сульфидов. Они пространственно и генетически связаны с вулcano-плутоническими комплексами ультраосновных щелочных пород и обычно совместно с ними формируют в верхней части земной коры горные массивы. На сегодняшний день геологами выявлено около 300 массивов щелочно-ультраосновных карбонатитовых комплексов, образующих на всех континентах около 30 провинций. Количество раз-



Сергей Викторович Белов, доктор геолого-минералогических наук, руководитель центра «Геология и минеральные ресурсы». Область научных интересов — системные взаимосвязи между напряженно-деформированной геологической средой, магматизмом и рудогенезом. Постоянный автор «Природы».



Анатолий Александрович Фролов, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института минерального сырья им.Н.М.Федоровского. Один из основоположников научного направления по рудоносным кольцевым структурам и месторождениям штокверкового типа. Неоднократно публиковался в «Природе».

веданных карбонатитовых объектов измеряется несколькими десятками. Из них два десятка разрабатывается с получением пироксеновых $\text{NaCaNb}_2\text{O}_6\text{F}$, апатитовых, монацитовых $(\text{Ce}, \text{La})[\text{PO}_4]$, рутил-анатазовых TiO_2 , магнетитовых, флюоритовых, бадделейтовых ZrO_2 , флогопитовых (сланяных), борнит-халькопиритовых Cu_3FeS_4 — CuFeS_2 концентратов, ежегодная стоимость которых оценивается в десятки миллионов долларов. Такова визитная карточка семейства горных пород, с которым связан чароит [2].

Штрихи к портрету

Среди самоцветов, играющих выдающуюся роль в истории мировой культуры, есть камни, само существование которых вызывает не только удивление специалистов (геологов, минералогов, ювелиров), но и восторг от игры природы, создавшей эти уникальные и неповторимые объекты минерального царства. Именно к таким природным образованиям относится сиреневый чароит. Кажется, что само его название происходит от эпитета «чарую-

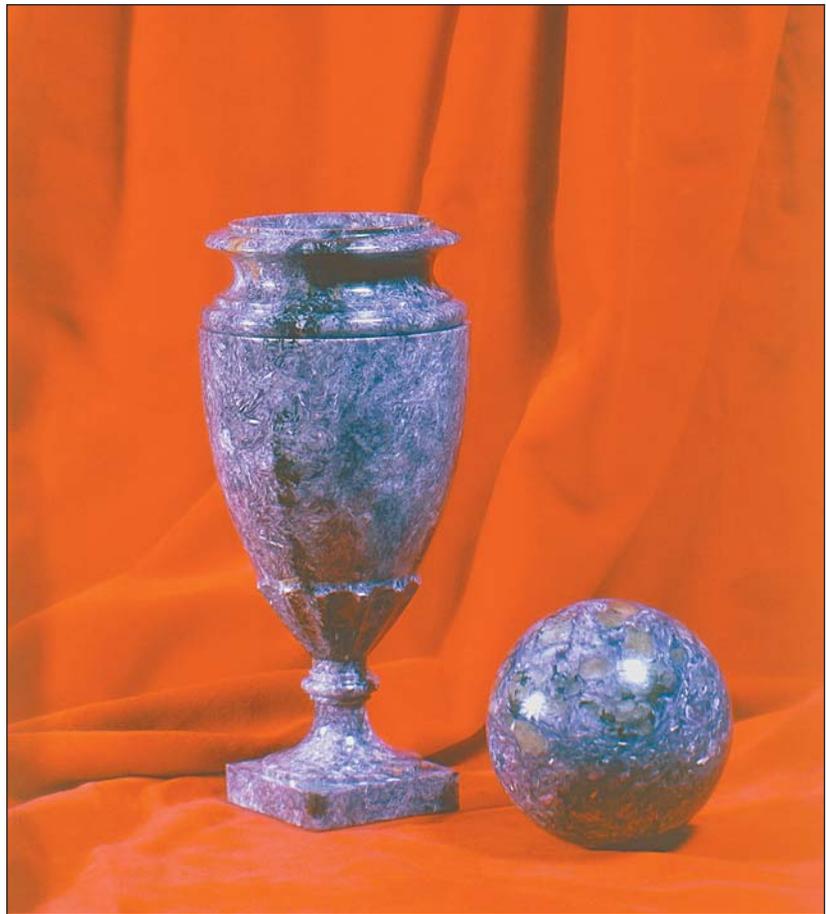
щий», т.е. завораживающий, потрясающий до глубины души. Известному минералогу, поэту камня, академику А.Е.Ферсману принадлежат меткие слова: «Среди форм изменчивой и умирающей живой природы вечными и незабываемыми остаются художественные произведения, выполненные в камне».

Среди ювелирно-поделочных камней чароит один из самых молодых. Впервые на него наткнулся в конце сороковых годов прошлого века геолог В.Г.Дитмар, условно назвав его куммингтонитовым сланцем. Однако самоцвет стал известным в мире лишь в начале семидесятых годов, когда в Восточной Сибири, на стыке территорий Республики Саха (Якутия) и Иркутской обл., на правом берегу таежной речки Чара (откуда и название минерала), были найдены его промышленные проявления. Сразу же чароит приобрел у ювелиров необычайно высокую популярность и стал пользоваться большим спросом. Открытый российскими геологами этот источник оказался единственным в мире. Нигде ничего подобного больше нет. Первые изделия, изготовленные в 1973 г., получили мировое признание. Среди самоцветов чароит занимает одно из первых мест в классе ювелирно-поделочных камней. Что же это за минерал и каковы его свойства?

Итак, чароит — силикат сложного состава:



Он достаточно твердый, вязкий (твердость по шкале Мооса 6—7). Обычно слагает плотные массивные породы, часто со звездчатыми включениями других минералов. Чароитовая порода обычно от светло- до темно-фиолетового цвета, с нежным шелковистым перламутровым блеском. Совершенно необычна для мира минералов его сиреневая окраска, скорее всего обусловленная примесью марганца. Спектр использования чароита в ювелирном деле весьма широк. Из него изготавливаются брасле-



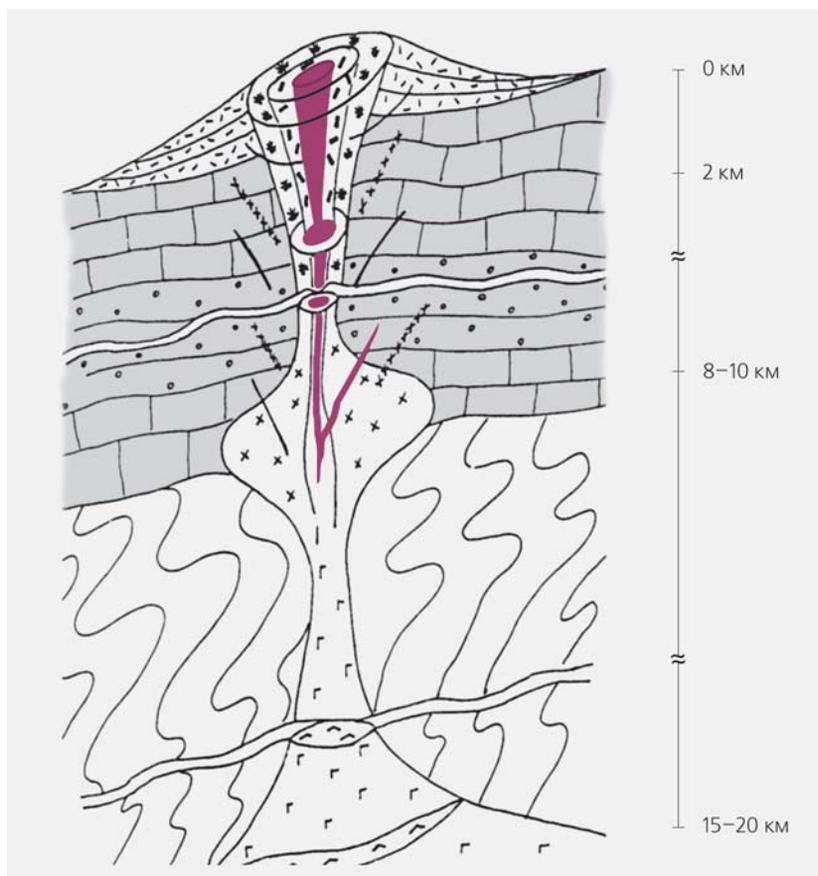
Изделия из чароита.

ты, кольца, перстни, кулоны, серьги, броши, запонки, чаши, кубки, шкатулки и многие другие изделия. Особенно хорош чароит в оправках из серебра. Стоимость камня на рынке 30—70 долл. за кг. Она сильно колеблется в зависимости от его сортности: для экстра-класса может достигать более 100 долл. за кг. Так, за одну из чароитовых ваз американцы предложили 24 тыс. долл. Несмотря на свою молодость (как новый минерал чароит утвержден Международной минералогической ассоциацией лишь в 1977 г.), он быстро вошел в моду. Недаром папа римский Иоанн Павел II для своего будущего саркофага заранее приобрел плиту прекрасного фиолетово-сиреневого чароита. Из этого самоцвета изготовлены главные призы Московских междуна-

рных кинофестивалей — глобусы с металлическим поясом, на которых выгравировано имя победителя. Примечательно, что на одного жителя Земли приходится всего лишь 0.0016 г чароита, а его запасы невелики. Лимит на добычу чароита, установленный Правительством Республики Саха, составляет 100 т в год. Скоро спрос на камень будет превышать предложение.

Место рождения чароита — карбонатитовый массив

Промышленное месторождение чароита расположено в контурах сложного по составу и строению массива магматических щелочных пород, внедрив-



Породы платформенного чехла:		Щелочные породы:	
	карбонатные		сиениты
	терригенные		фонолиты
	Кристаллический фундамент		Фоидолиты среднего яруса
	Вулканогенные образования конуса		Ультрамафиты нижнего яруса
	Карбонатиты		Дайки щелочных пород и карбонатитов

Модель горного массива ультращелочного комплекса.

шегося миллионы лет назад в Сибири, в районе современной р.Чара, в 100 км ниже по течению от поселка с одноименным названием. Открыто оно в 1960 г. выпускниками Иркутского политехнического института Ю.Г. и В.П.Роговыми. В одном из маршрутов Юра Рогов, идя вдоль ручья, обратил внимание на странную глыбу сиреневого цвета, покрытую белесым налетом. Ударил по ней молотком, и будто сиренью брызнуло: в густо-сиреновой массе медовыми вкраплениями желтели удлинённые кристаллы, золотой россыпью

блестели сульфиды. Но эта находка была всего лишь прелюдией к открытию. Только в ходе дальнейших маршрутов обнаружили коренное месторождение, и с начала 70-х годов началось его комплексное исследование.

По своей тектонической позиции месторождение располагается в северо-западной части Алданского щита, на южном окончании Уджино-Вилойского палеорифта — эдаком шраме на теле Земли — огромной своеобразной борозде-трещине, возникшей в результате растяжения земной коры. Общая пло-

щадь щелочных пород составляет около 150 км² и включает Большемурунский, Маломурунский и Догалдынский массивы. Формирование их было длительным и многоэтапным и происходило, по данным Е.И.Воробьева и А.А.Конева, в такой последовательности: 1 — шонкиниты, пироксениты, 2 — щелочные сиенит-порфиры, 3 — щелочные сиениты, 4 — нефелиновые сиениты, 5 — сынныриты, фергуситы, 6 — кальсилитовые сиениты и якутиты, 7 — агпаитовые щелочные сиениты, 8 — агпаитовые нефелиновые сиениты и пегматиты, 9 — уртиты, ийолиты, 10 — лавы, туфолавы лейцит-порфиров, фонолитов, 11 — калиевые базальтоиды, 12 — дайки лейцит-порфиров, щелочных минетт, 13 — граносиениты, граниты, ильвсбертиты, грорудиты, 14 — карбонатиты с чароитом. К образованию подобных сложных комплексов пород причастны очень глубокие горизонты литосферы, или, как говорят геологи, мантия Земли.

Территория, на которой находятся участки чароитовой минерализации, приурочена к юго-западному крылу Маломурунского массива. Последний имеет площадь около 20 км² и представляет собой расслоенную интрузию, основное тело которой располагается вдоль границы платформенного чехла и докембрийского цоколя. Возраст пород 145—125 млн лет. Более молодые по отношению к массиву лишь дайки, возраст которых 115—80 млн лет. Близкий возраст имеют и чароиты.

Основная масса чароитовой минерализации сосредоточена в карбонатитах. Самое крупное из разведанных месторождений — Торгинское, представлено телом мощностью до 200 м и протяженностью 3,5 км. На глубине 200—250 м оно приобретает штокообразную форму диаметром 100 м. Максимальный вес глыбы, добытой на одном из участков (Новом), составил около 130 т.

В чароитах в виде включений присутствуют кварц, полевые шпаты, эгирины, редкоземельные минералы, образующие радиально-лучистые сростки в виде «солнц», которые улучшают декоративные свойства камня. Однако главная ювелирная ценность определяется содержанием чароита, густотой и тональностью сиреневой окраски, текстурой. Эти факторы определяют сортность. К высшему сорту относится порода с содержанием чароита более 80%. К первому сорту — с содержанием от 50 до 80%; ко второму — от 20 до 50%. Помимо обычного сиреневого, встречаются и экзотические цвета — малиновый, коричневый, серый. По морфоструктурному рисунку выделяются следующие типы: скрытокристаллический или сливной; скорлуповато-слоистый; спутанно-волокнистый; столбчатый и блоковый, полупрозрачный. Наибольшую ценность представляет чароит, обладающий шелковистым перламутровым блеском, а также тот, в котором проявляется иризирующий эффект «кошачьего глаза». Однажды, когда о чароите еще мало кто знал, Рогов, будучи за границей, зашел во всемирно известный минералогический музей. Сотрудник музея с гордостью сообщил, что в музее собрана полная коллекция всех известных на Земле минералов. Юрий Гаврилович вытащил из кармана сиреневую пластинку. Директор музея, быстро посоветовавшись с сотрудниками, тут же предложил за отсутствующий в «полной коллекции» образец круглую сумму. Рогов только улыбнулся.

У геологов пока нет единого мнения о происхождении этого уникального камня. И хотя все исследователи единодушны в признании генетической связи чароита со щелочными порода-



<ul style="list-style-type: none"> □ Четвертичные отложения ■ Чароиты □ Т Т Т Трахитовые порфиры □ + + + Сиенит-порфиры □ + Щелочно-полевошпатовые сиениты 	<ul style="list-style-type: none"> ■ фениты калишпатовые /// эгирин-калишпатовые /// калишпат-эгириновые /// рихтерит-кальцитовые 	<ul style="list-style-type: none"> □ Осадочные породы PR₂ □ Гранитогнейсы □ Разрывные нарушения
---	--	---

Схематическая геологическая карта чароитового месторождения Сиреневый камень (составлена Е.И.Воробьевым, Ю.В.Малышонком).

Морфологические типы чароита:

- 1 — радиально-лучистый;
- 2–4 — скрытокристаллический или сливной;
- 5 — скрытокристаллический в комбинации с волокнистым;
- 6 — скорлуповатый.



ми, суть этой связи ими трактуется неоднозначно. Е.И.Воробьев выдвигает идею существования чароитовой магмы, источник которой — сложная карбонатитовая система. Н.В.Владыкин рассматривает его как продукт расслоения щелочного ультракалиевого расплав-раствора. В.М.Бирюков и Н.В.Бердников считают образование чароита результатом метасоматоза, т.е. перекристаллизации в твердом

состоянии под воздействием глубинных (преимущественно газовых) флюидов. М.Д.Евдокимов с соавторами говорят о доминирующей роли гидротерм — горячих растворов, поднимавшихся из земных недр.

Кто окажется прав, решат будущие исследования. Однако нерешенность генетических проблем не мешает нам наслаждаться этим удивительным творением природы, радуясь глаз. ■

Литература

1. Белов С.В., Фролов А.А. Посланцы мантийных магм // Природа. 1998. №11. С.44—56.
 2. Фролов А.А., Толстов А.В., Белов С.В. Карбонатитовые месторождения России. М., 2003.

Спор вокруг плюмов

А.Г.Родников,
доктор геолого-минералогических наук
Б.И.Силкин
Геофизический центр РАН
Москва

Возникновение большинства вулканов на Земле легко объяснить с позиций плитовой тектоники. В области срединно-океанических хребтов постоянный спрединг (растяжение морского дна) порождает направленный вверх поток разогретых мантийных пород. В зоне субдукции части земной коры возвращаются в недра мантии и приносят с собой воду, химически связанную в гидратированных минералах. Затем при метаморфизме эта вода высвобождается — и без того раскаленные породы под островными дугами начинают расплавляться...

Но отнюдь не все вулканы расположены над срединно-океаническими хребтами или в зоне субдукции. И горячие точки — районы, где вулканизм особенно активен, — не обязательно находятся у границ плит земной коры. Лучшим примером тому служат Гавайские о-ва, удаленные на тысячи километров от ближайшей межплитовой границы и, тем не менее, характеризующиеся наивысшим для нашей планеты уровнем выхода лавы на единицу площади. Гавайская вулканическая аномалия остается на одном и том же месте вот уже несколько десятков миллионов лет. За это время образовалась протянувшаяся на 6 тыс. км цепочка островов и подводных гор. Применяя только законы плитовой тектоники, однозначно трактовать подобное явление практически невозможно. Здесь требуется иной мантийный процесс, объясняющий поступление на таком узком пространстве столь

длительное время высокотемпературного мантийного вещества.

Еще 30 лет назад американский геофизик У.Дж.Морган выдвинул предположение, что горячие точки представляют собой узкие (не более 100 км в диаметре) плюмы, источником которых служит поднимающийся из нижней мантии столб пород [1]. С тех пор данные геофизики, петрологии и сейсмологии, говорящие в пользу подобной гипотезы, множилось. Но сегодня и в ней находят изъяны. Среди сомневаемых следует назвать Д.Дж.Де-Паоло из Национальной лаборатории им.Лоуренса в Беркли (штат Калифорния) и М.Манга из Университета штата Калифорния [2]. Они настаивают на более тщательной проверке модели. Единственным методом «заглянуть» в глубину земных недр может быть сейсмический. А его данные пока еще нельзя считать окончательными.

Так, сейсмологические исследования известнейшей Йеллоустонской горячей точки (у стыка штатов Вайоминг, Айдахо и Монтана на западе США) не подтвердили наличие у нее источника в нижней мантии. Спорным остается и существование глубинного плюма под Исландией [3]. Остается вопрос: требует ли распространенная модель пересмотра, или же сейсмологическая методика недостаточно эффективна?

Однако ученые из Института физики Земли России (ИФЗ РАН) и Франции Л.П.Винник и В.Фарра [4] провели телесеismicкие исследования глубинного строения под обширными базальтовыми плато в Южной Африке и России (на

Сибирской платформе). В Южной Африке излияния базальтов происходили около 200 млн лет назад, а на Сибирской платформе — 250 млн лет. В обоих районах до глубины примерно 360 км прослеживаются пониженные скорости сейсмических волн, свидетельствующие о существовании каналов, по которым расплавленная магма поднималась на поверхность.

Ю.С.Геншафт и А.Я.Салтыковский (ИФЗ РАН), изучавшие Исландию, рассматривают ее в качестве типичной области проявления мантийного плюма [5]. Анализ современных данных позволил им выделить зону с пониженными значениями скорости сейсмических волн и повышенными температурами, приведшими к длительному плавлению мантийного вещества, а геохимические аномалии, наблюдающиеся в излившихся здесь базальтах, говорят о том, что их источники могли располагаться на глубинах, превышающих 300 км.

Очевидное разногласие можно разбить на две части. Первая: существуют ли вообще глубинные мантийные плюмы? На это большинство исследователей готово ответить положительно. И вторая — все ли вулканы, расположенные вне границ соседствующих плит земной коры, обязаны своим возникновением глубинным мантийным плюмам? Здесь ответ часто отрицателен...

Результаты нескольких крупных экспериментов показали, что срединно-океанические хребты могут перемещаться над горячими точками, не изменяя их «пути следования». А это означает, что источники поступающего вещества располага-

ются на глубинах более 200 км. На Гавайских о-вах скорость подъема пород составляет около 50 см/год, что примерно в 10 раз превышает скорость передвижения плит. Помимо того, температура мантийных пород здесь должна быть на 200—300 К выше, чем у окружающей мантийной среды. Только тогда достигается возможность плавления крупных масс на глубинах ниже 80-километрового слоя литосферы [6]. Вещество может поступать из пограничного теплового слоя. Наиболее подходящая для этого — граница между ядром и мантией. Химический и изотопный состав многих лав, встречающихся в горячих точках (особенно, высокое соотношение ^3He и ^4He), указывают, что данные образцы отличаются от базальтов, характерных для срединно-океанических хребтов [7].

Математическое моделирование плюмов воспроизводит картину, соответствующую многим геофизическим наблюдениям, в том числе интенсивности образования магмы, топографическим и гравиметрическим аномалиям. Теоретические и лабораторные исследования флюидов также подтверждают их происхождение в недрах планеты. Тепло, поступающее из ядра, разогревает низы мантии, образуя термальный пограничный слой. По мере утолщения он становится гравитационно нестабильным. Полагают, что такой горячий слой, всплывая, образует крупную грибовидную головку и формирует на поверхности огромные базальтовые провинции, в то время как хвост становится массопроводником, по которому нагретые мантий-

ные породы продолжают поступать в горячую точку.

Вещество проходит сквозь хвост в течение более 100 млн лет, что во много раз превышает срок, необходимый для прохождения головки плюма сквозь мантию. Это говорит о том, что сам плюм обладает значительно меньшей вязкостью, чем окружающая его мантия. При субдукции тектонических плит мантия охлаждается, что может вызывать различие вязкости в породах плюмов и окружающей их среды.

Недавно выдвинуто предположение, согласно которому не все горячие точки обязаны своим происхождением глубинным мантийным плюмам [8]. Его авторы утверждают, что основные черты, полученные путем моделирования, присущи лишь семи подобным горячим точкам, включая Гавайи и Исландию, но исключая Йеллоустон.

Среди критериев, по которым распознаются плюмы, следует назвать горячие точки и связанные с ними базальтовые провинции, разность в плотности между самим плюмом и его окружением, высокое соотношение ^3He и ^4He , а также монотонное изменение возраста пород вдоль цепочки вулканов.

Плюмы несут информацию о тепловом потоке, идущем из ядра. А.Ф.Грачев (ИФЗ РАН) выделил циклы развития мантийных плюмов. Он показал, что излияния траппов в Африке и Антарктиде совпали с началом распада Гондваны, происходившим 150—175 млн лет назад, а до этого проявление мантийных плюмов выразилось в образовании сибирских траппов ~200 млн лет назад [9].

Трапповый вулканизм в Китае, происходивший 650—750 млн лет назад, вероятно отразил стадию распада суперконтинента в позднем протерозое. Кроме того, изучая базальтовые дайки, представляющие собой корни магматических провинций, Грачев наметил циклы образования мантийных плюмов в докембрии: 720, 800, 1000, 1100—1140, 1240—1270, 2000, 2200 и 2500 млн лет назад.

Данные процессы можно объяснить глобальной химической дифференциацией Земли, начавшейся при формировании ядра. Особую роль в образовании мантийных плюмов отводят промежуточному слою между ядром и мантией (D''), где возможно зарождаются первичные магматические очаги. Этот слой — источник наиболее мощных плюмов, создавших огромные базальтовые поля в юго-западной части Тихого океана и в Восточной Африке.

Для получения прямых свидетельств существования мантийных плюмов необходимо получить сейсмические изображения с достаточной высокой разрешающей способностью, позволяющей обнаруживать узкие трубообразные структуры в нижней мантии. Нынешняя разрешающая способность приборов и методик дает возможность различать лишь объекты величиной по горизонтали до 1 тыс. км, чего явно недостаточно для такой задачи. Но пока еще нет лучшего объяснения внутриплитного магматизма, чем существование мантийных струй-плюмов, поднимающихся из глубин Земли. ■

Литература

1. Morgan W.I. // Geological Society of America Memoirs. 1972. V.132. P.7.
2. DePaolo D.J., Manga M. // Science. 2003. V.300. №5621. P.920.
3. Romanowicz B., Gung Y. // Science. 2002. V.296. P.513.
4. Винник Л.П., Фарра В. Подкратонный низкоскоростной слой и траппы // Мантийные плюмы и металлогения. Петрозаводск; М., 2002. С.35.
5. Геншафт Ю.С., Салтыковский А.Я. Четвертый слой земной коры Исландии // Мантийные плюмы и металлогения. Петрозаводск; М., 2002. С.45—51.
6. Ribe N.M., Christensen U.K. Earth and Planetary Science Letters. 1999. V.171. P.517.
7. Keken P.E., Hauri E.H., Ballentine J. et al. // Annual Revue of the Earth and Planetary Science. 2002. V.30. P.493.
8. Courtillot U., Davaille A., Besse J. et al. // Earth and Planetary Science Letters. 2003. V.205. P.295.
9. Грачев А.Ф. Мантийные плюмы и биологические катастрофы в истории Земли // Проблемы глобальной геодинамики. М., 2000. С.69—103.

Архивные SMS-ки

Архиерей, летающий под небесами

Архиепископ Лука, в миру Валентин Феликсович Войно-Ясенецкий (1877—1961), — автор знаменитых «Очерков гнойной хирургии» (М.; Л., 1934) и лауреат Сталинской премии*, отвергал все попытки «системы» приручить его. Искусный хирург-глазник и ташкентский епископ, назначенный патриархом Тихоном, он вел известную в Средней Азии клинику, в операционной которой всегда висела икона. Конечно, «система» не прощала своего отвержения. Еще в 20-е годы Войно-Ясенецкий был сослан в Туруханский край, в 30-м отправлен в Архангельск. Здесь он разработал новый метод лечения гнойных ран, высокая эффективность которого не оставила равнодушными даже «сильных мира сего»: Луку вызывали в Ленинград, Киров лично уговаривал его сложить с себя сан в обмен на собственный институт. Однако непримиримый епископ окончил ссылку в 1933 г. без института и без книги, отказавшись печатать рукопись, если в ней не будет указан в скобках его сан, вернулся в Ташкент, а затем снова был выслан в Красноярский край. С начала второй мировой войны Войно-Ясенецкий интенсивно работал в сибирских госпиталях и был удостоен Сталинской премии, которую согласился принять только в полном епископском облачении. Свой земной путь архиепископ Лука закончил в Симферополе, где ныне в самом центре города ему поставлен памятник.

Публикуемые фрагменты его писем относятся к ташкентскому периоду. Корреспондент Войно-

Ясенецкого — Анатолий Михайлович Фокин (1892—1979) — его товарищ по архангельской ссылке. Сын известного народовольца М.Д.Фокина, он начинал как историк, с 1917-го служил в архивах, однако после неоднократных арестов (1924—1926, 1930) и ссылки в 1933 г. в Архангельск стал работать по инженерной геологии. С 1942 г. жил в Тбилиси, преподавал в местном Политехническом институте, был ученым секретарем Грузинского отделения Всесоюзного института минерального сырья.

6/19 августа [1935; Ташкент]

*<...> Теперь 1/2 двенадцатого ночи, а завтра в 6 ч. утра пришлют за мною машину, повезут на аэродром и в третий раз полечу уже в Сталинабад (630 км, 4 ч. 40 мин. лежа), куда меня вызывают к большим людям. В прошлый полет Господь помог мне спасти от смерти бывшего секретаря Ленина Н.П.Горбунова, теперь начальника Памирской и других экспедиций**. У него была газовая флегмона, дающая 70—80% смертности. Конечно, я единственный в СССР архиерей, летающий под небесами (2250 метров через горы). Полеты достаются не легко, т.к. мучает рвота. Работа в Ташкенте идет отлично. <...> Положение мое в Ташкенте блестяще, но это нисколько не облегчает тяжелой тоски по священнослужению. Глаз мой, конечно, стал видеть гораздо хуже, чем в январе, но все-таки я собираюсь поехать в сентябре опять на операцию, ибо она нередко удается во второй раз, а духовные препятствия*

** Горбунов Николай Петрович (1892—1938) — инженер-технолог, географ, государственный деятель. С 1935 г. — неприменный секретарь АН. В июне 1937 г. эта должность упразднена, и Горбунов отставлен от дел. Арестован 19 февраля 1938 г. 7 сентября 1938 г. осужден к высшей мере. Расстрелян в день приговора.

к этому, с Божьей помощью, устранимы.

Центральный исторический архив г.Москвы. Ф.2049 (А.М.Фокин). Оп.1. Д.60. Л.10—10 об.

2 июня 1937

<...> Лишенный возможности священнослужения, я весь ушел в научную работу и исполняю ее в форме служения Богу. Поразительно и совершенно явная помощь Божия в этой работе укрепляет меня в убеждении, что это действительно угодное Богу дело. Книга, которую я готовлю, спасет от страданий, увечий и смерти сотни тысяч больных, ибо по ней тысячи врачей научатся гнойной хирургии. Считая писание книги угодным Богу делом, я напрягаю все свои силы, чтобы поскорее закончить его, не пользуясь отпусками и каждые 1/2 часа, потраченные на другие дела, считая потерянными. Очень многое новое и весьма важное, к чему я пришел за 3 (почти) года хирургической работы после ссылки, я решил опубликовать сперва в виде отдельных журнальных статей (числом 6—7), а потом внести в виде дополнений во второе издание своих «Очерков гнойной хирургии», которое почти вдвое увеличится в объеме (до 500—600 стр.) и станет классическим руководством гнойной хирургии (ибо уже о первом издании книги рецензенты писали, что она будет настольной книгой хирургов, и я со всех сторон получаю восторженные отзывы о ней). Так сбывается на мне Божие слово: «Прославляющего Ма прославлю». Я не хочу, однако, славы для себя, а горю надеждой, что крупный научный труд, написанный епископом, станет всенародной хвалой Богу. Поэтому так и спешу поскорее вознести эту хвалу. Мне уже 60 лет, и вряд ли еще долго проживу. Как же не спешить?

Там же. Л.3—4 об.

С.М.С.

Космические исследования

Космическое зеркало из бериллия

Национальное агентство США по авиации и космическим исследованиям в сотрудничестве с европейскими и канадскими аэрокосмическими агентствами ведет активную подготовку к запуску в 2011 г. Космического телескопа им. Дж. Уэбба¹. Первоначально этот аппарат назывался «Next Generation Space Telescope» («Космический телескоп нового поколения») и должен был прийти на смену «Хаббл».

Оборудование нового телескопа будет включать сегментное зеркало из бериллия. Его апертура (диаметр отверстия объектива для астрономических наблюдений) около 6,5 м. Бериллий избран для этих целей из-за малой плотности, значительной жесткости и способности переносить высокие температуры.

Главное зеркало телескопа строится из 18 мозаичных сегментов — шестиугольных зеркал, каждое поперечником 1,3 м. В момент запуска они будут отогнуты назад, чтобы уместиться в ракетном отсеке для полезного груза, а после выхода на орбиту займут постоянное положение.

Орбита Космического телескопа им. Дж. Уэбба будет проходить на расстоянии 1,5 млн км от Земли, что позволит практически без помех (исходящих от нашей теплой планеты) вести наблюдения за малоизученными областями Вселенной в близком инфракрасном диапазоне спектра.

Отвечает за проект Центр космических полетов им. Год-

¹ См. также: Космический телескоп им. Джеймса Уэбба // Природа. 2004. №5. С.82.

дарда НАСА; работы по созданию бериллиевого зеркала ведет фирма «Ball Aerospace».

Spaceflight. 2003. V.45. №12. P.495 (Великобритания).

Космическая техника

Над Марсом — воздушные шары

Европейское космическое агентство в целях разностороннего исследования Марса заказало одной из британских фирм разработку автоматического действующего воздушного шара. Известно, что любой из нынешних марсоходов ограничен в радиусе действия, в лучшем случае он может проходить лишь десятки метров в сутки. Этот недостаток смогут, вероятно, преодолеть непилотируемые баллоны, подобные тем, что совершают сверхдальние и даже кругосветные полеты над Землей, используя бортовую систему нагрева газов-наполнителей.

Такой баллон должен будет нести комплект научного оборудования, в том числе уже сконструированную стереокамеру, способную создавать трехмерные изображения поверхности при точной фиксации места съемки.

Заклучившая этот контракт фирма построила компьютерную модель, в которую вошла вся имевшаяся информация о наиболее вероятных условиях, царящих в атмосфере Марса, и о различных маршрутах, с которыми может встретиться автоматический исследователь.

В случае положительного результата намного улучшатся возможности всестороннего изучения не только Марса, но в дальнейшем и других планет, где условия неприемлемы для пребывания людей.

Spaceflight. 2004. V.45. №2. P.48 (Великобритания).

Космические исследования

Космическая программа Японии

Агентство авиакосмических исследований Японии опубликовало программу на ближайшие годы. Предусматривается, в частности, до конца 2007 г. использовать девять мощных ракет типа «H2A» и четыре — типа «MV» для запуска 17 искусственных спутников Земли. Среди них метеорологические аппараты «Global Precipitation Mission» («Миссия по глобальному изучению осадков») и «Greenhouse Gas Observing Satellite» («Спутник для исследования парниковых газов»).

В 2004 г. на орбиту будут выведены «Multifunctional Transport Satellite» («Многофункциональный транспортный спутник») и «Advanced Land Observing Satellite» («Усовершенствованный спутник для наблюдения суши»). В этом же году должен выйти на окололунную орбиту аппарат «Lunar A», запуск которого откладывался начиная еще с 1995 г. Опробование и демонстрацию широкополосной интернетной связи предполагается осуществить в 2005 г. с использованием спутника «Wideband Internet Engineering Test and Demonstration».

На 2005 г. запланировано также начало работы в космосе аппарата «Selenological Engineering Explorer» («Инженерные исследования Луны»), а годом позже — «Solar B», в задачу которого входит исследование физики Солнца. Кроме того, идет подготовка к созданию двух американско-японских малых разведывательных спутников Земли типа «US-GX», первый из которых должен быть запущен в 2006 г.

Spaceflight. 2003. V.45. №11. P.444 (Великобритания).

Судьба российских полярных станций на фоне глобального потепления

Ф.А.Романенко, О.А.Шиловцева

Хотя появление искусственных спутников Земли и компьютеров произвело революцию в синоптике, основой прогноза погоды в Российской Арктике остаются регулярные наблюдения полярных станций. Несколько раз в день в прогностические центры мира отсюда передается информация о давлении, ветре, температуре и других метеорологических характеристиках. Эти данные чрезвычайно важны не только для населения Крайнего Севера, именно они помогают понять реальную картину климатических изменений на Земле, особенно если имеется длительный, непрерывный ряд наблюдений за погодой. Разыскивая сведения такого рода, мы обратились к архивным материалам по истории российских (советских) полярных станций, разбросанным по разным хранилищам из-за неоднократной смены ведомственной принадлежности или закрытия тех учреждений, которым станции подчинялись в разное время. Документы первого периода их существования (до конца 1920-х годов) находятся в архиве РАН в Москве и его Санкт-Петербургском филиале, Российском государственном архиве ВМФ, Главной



Федор Александрович Романенко, кандидат географических наук, старший научный сотрудник Географического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Область научных интересов — физическая география, геоморфология Арктики, история исследования полярных стран. Участник многих экспедиций в различные районы Российской Арктики от Кольского п-ова до Чукотки.



Ольга Александровна Шиловцева, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник того же факультета. Занимается актинометрией, климатологией Арктики. Принимала участие в экспедициях на Таймыр, Кольский п-ов и Белое море.

геофизической обсерватории им.А.И.Воейкова в Санкт-Петербурге и др.

Уникальной коллекцией обладает Российский государственный архив экономики в Москве. Множество документов о деятельности легендарного Главного управления Северного морского пути (ГУСМП)

и вверенного ему управления полярных станций были переданы сюда из Министерства морского флота, в которое вошел ГУСМП на закате своего существования. Это относящиеся к периоду 1932—1964 гг. научно-технические отчеты, акты инспекций, паспорта станций, отчеты начальников станций,

Полярная станция Бухта Тихая на Земле Франца-Иосифа. 1930-е годы, из коллекции А.А.Лукашова.



протоколы совещаний и т.д. Изучение этого массива (всего авторами просмотрено более 400 единиц хранения, это более 5000 документов) позволило не только восстановить некоторые ряды метеорологических наблюдений, но и многие эпизоды славной истории научных станций в Арктике.

Надеемся, что наша попытка рассказать о возникновении, расцвете и, к сожалению, закате сети российских полярных станций дополнит арктическую тему журнала «Природа», которую в свое время начинали признанные летописцы Севера — известные полярники Б.А.Кремер и З.М.Каневский [1, 2].

Начало

Сейчас, когда глобальное потепление стало темой досужих разговоров, самое время вспомнить, что в сентябре 2004 г. исполнилось 90 лет со дня начала регулярных метеорологических наблюдений в Арктике. Это произошло 14 сентября 1914 г. на мысе Марре-Сале (западное побережье Ямала), где расположились только что построенные каменные дома одной из трех первых полярных станций, организованных отделом торго-

вых портов Министерства торговли и промышленности. На зимовку оставалось четыре полярника во главе с радиотелеграфным чиновником Н.П.Батраком [3, ед.хр.3155; 4]. Дважды в день они передавали сводки о погоде в Архангельск на Исакогорскую радиостанцию. Одновременно похожие станции были построены на северо-западе о.Вайгач и у восточного входа в пролив Югорский Шар. На все плавающие в этом районе Арктики суда передавались также данные о ледовой обстановке. Сбылась многолетняя мечта судоводителей, крайне нуждавшихся в информации о погоде, положении кромки и характере льда в юго-западной части Карского моря.

Впрочем, за 32 года до этого события на пустынных берегах арктических морей уже работали две полярные станции (Сагастырь в дельте Лены и Малые Кармакулы на Новой Земле), организованные Россией в рамках I Международного полярного года (I МПГ). Их история неоднократно описана [1]. Существенно меньше известно о работе полярной метеорологической сети в XX в.

Созданная для нужд развивавшегося судоходства в 1886 г. при Главном гидрографическом

управлении (ГГУ) Министерства морского флота гидрометеорологическая часть в Арктике с центральной станцией в Архангельске заработала в 1912 г. Ее сотрудники В.А.Березкин и Н.П.Георгиевский и организовали метеонаблюдения на уже упомянутых Вайгаче, Югорском Шаре и Марре-Сале, а строили эти станции в 1912—1914 гг. участники специальных экспедиций Главного управления почт и телеграфов, радиостанции налаживали инженеры Русского общества беспроволочных телеграфов и телефонов.

В 1915 г. на о.Диксон появилась радиостанция с высокой деревянной мачтой, жилой дом и баня для экипажей зазимовавших у берегов Таймыра ледокольных пароходов «Таймыр» и «Вайгач» Гидрографической экспедиции Северного Ледовитого океана под начальством Б.А.Вилькицкого. 23 августа/5 сентября состоялся первый сеанс радиосвязи со станцией Югорский Шар, 25 августа — с Архангельском. В течение месяца проводились наблюдения за погодой, прекращенные после благополучного выхода судов из ледового плена.

В разгар первой мировой войны, 22 апреля 1916 г., Правительство России по ходатайству

Главной физической обсерватории, Полярной комиссии Академии наук и ряда предпринимателей выделило средства на стационарное обслуживание метеостанции на Диксоне. Наблюдения организовал И.К.Тихомиров [5], помощник заведующего гидрометеорологической частью ГГУ. Первых зимовщиков, в основном опытных полярников, возглавил участник экспедиции Г.Я.Седова — П.Г.Кушаков. Эта станция работала даже в самое неспокойное время 1918—1920 гг., при всех правивших в Сибири режимах — Временном сибирском правительстве, Директории, правительстве А.В.Колчака, Сибревкоме — и работает до сих пор (при перевозке там утрачены только материалы зимовки 1920—1921 гг.). Через 20 лет именно Диксон благодаря очеркам Б.Горбатова «Обыкновенная Арктика» [6] стал настоящим символом советских полярных станций, хотя первая при новой власти — Маточкин Шар — в действительности была построена на Новой Земле.

«Семеро смелых»

Станция Маточкин Шар (под началом Н.П.Кнюпфера) была создана в 1923 г. гидрографической экспедицией Н.Н.Матусевича [7]. Наблюдения вела одна из первых женщин-метеорологов И.Л.Русинова, позднее участница знаменитого плавания на «Сибирякове» (1932); в 1924—1925 гг. здесь начал свою работу в Арктике будущий радист СП-1 — Э.Т.Кренкель.

В 1920-е годы сеть полярных станций насчитывала всего 12 пунктов наблюдений. Для выполнения программы II-го МПП (1932—1933) было построено несколько десятков новых станций, в том числе на мысе Челюскин, о.Рудольфа, в Русской Гавани, Тикси, на мысе Северном (мысе Шмидта). Программа наблюдений и штаты были существенно расширены.

Полярные станции, наряду с ледокольным флотом и авиацией, стали одним из трех главных факторов организации регулярного арктического судоходства, осуществлять которое

было призвано созданное 17 декабря 1932 г. Главное управление Северного морского пути. Приданному ему Полярному управлению, которое возглавил Л.К.Шелепин, передали уже более 70 станций [3, ед.хр.1333]. Наблюдения на них велись по единой методике, проверялись, контролировались и публиковались Всесоюзным арктическим институтом [8, 9]. В навигацию полярные станции передавали судам и самолетам информацию о погоде и состоянии льдов, держали с ними радиосвязь, давали пеленги для определения точного положения в море и в воздухе.

Тогда-то и сформировалась инфраструктура полярной станции, без особых перемен дожившая до настоящего времени. Обычно в одном или нескольких жилых домах размещаются радиорубка и метеорологический кабинет, баня, дизельная (механка), склады, иногда гараж, ранее — собачник (или группа собачьих будок) и сарай для скота. Каждая станция представляет собой миниатюрный



Полярная станция Югорский Шар. Фото 1960-х годов из архива Л.Н.Пеклера.

поселок и по сей день является центром притяжения для окружающего населения.

Источником энергии в первые годы в основном были аккумуляторные батареи постоянного тока, помещения отапливались дровами и углем. В конце 1930-х годов появились первые ветроэлектрические агрегаты («ветряки»), а в 1960—1970-х годах станции перевели на энергоснабжение от дизель-электрических агрегатов. В 1990-е годы именно отсутствие своевременного завоза жидкого топлива для дизелей стало причиной катастрофического сокращения сети.

В штат полярной станции входили начальник (или старший по зимовке), один-два метеоролога, гидролог, два—четыре радиста, повар, механик, в первые годы — служитель, вычислитель или каюр. На более крупных станциях работали также врачи, аэрологи, актинометристы, магнитологи, специалисты по атмосферному электричеству, радиоволнам, иногда — биологи, геологи и экипажи легких самолетов.

В 1920—1930-е годы начали складываться кадры полярных работников, зимовавших на разных станциях по 30—40 лет. Возникали даже комсомольско-молодежные зимовки, одну из первых на мысе Стерлегова в 1934 г. возглавил консультант знаменитого фильма «Семеро смелых» К.М.Званцев. Восемнадцатилетним парнем он начал работать в 1925 г. на Марре-Сале, не побоявшись поехать на станцию, где весной этого года от цинги погиб почти весь персонал, кроме радиста И.И.Ростовцева. Прославился тем, что во время длительной и тяжелой зимовки на о.Врангеля в 1929—1932 гг. охотился на белых медведей, залезая в берлогу, и полтора года ухаживал за буйнопомешанным поваром П.Н.Петриком [3, ед.хр.1307]. На мысе Стерлегова возглавляемый им небольшой коллектив в 1934 г. организовал станцию на одном

месте, а через год перенес ее на целых пять километров, т.е. фактически построил две станции.

Арктика тогда жила единой семьей — по радио сообщали о праздниках, проводили политинформации, знакомились, влюблялись, играли в шахматы, принимали роды. Так, будущий папанинец Е.К.Федоров сделал предложение своей будущей жене А.В.Гнедич по радио, находясь на Земле Франца-Иосифа [12]. В 1934—1935 гг. на мысе Челюскин они зимовали уже вместе. Полярные широты обживали не только женщины, но и дети. В 1938—1940 гг. на о.Домашнем (Северная Земля) вместе с четой Харитонович зимовал их двухмесячный сын, а в бухте Тихой в 1934—1936 гг. были настоящие ясли — за это время здесь родилось трое детей [3, ед.хр.1320]. Случались и трагедии — в феврале 1941 г. на мысе Желания родами умерла гидролог Т.Н.Пинчукова и один ее ребенок. Прилетевшему на самолете врачу с трудом удалось спасти второго новорожденного [3, ед.хр.1441].

Полярникам приходилось сталкиваться с большими трудностями и в работе, и в быту. Часто не хватало продовольствия, теплой одежды, оборудования, появлялась цинга. Леды не пускали суда-снабженцы, энтузиазм оставался неоцененным начальством. Жили зимовщики, особенно в послевоенное время, в тесноте и холоде. Бичом для станций были пожары, безжалостно уничтожавшие всю аппаратуру и результаты наблюдений. Борьба с ними практически не было возможности из-за недостатка воды, которую топили изо льда и снега. Так, основатели станции Пролив Санникова на Новосибирских о-вах (ее возглавлял гидролог Ф.А.Куренков) четыре года (1942—1946) жили и работали в промысловой юрте якутского типа — тардохе — присыпанной блоками дернины землянке площадью 25 м². Заселенный в июне 1946 г. новый жилой дом сгорел

уже 7 ноября от искры, попавшей на утепленный мхом чердак, и новая смена (начальник В.Н.Архипов) еще два года работала в том же тардохе [3, ед.хр.3338].

Остро не хватало приборов, бланков наблюдений, лент для самописцев, часов, даже карандашей. Очень часто, а во время войны — повсеместно, зимовщики сами расчерчивали ленты для приборов — гелиографа, барографа, термографа и гидрографа, а ежегодные научно-технические и оперативные отчеты писали в самодельных тетрадках на обороте старых документов, листов кальки или миллиметровки, которые собирали по станции. Начальник станции острова Уединения С.В.Шманёв из селенового фотоэлемента от фотоаппарата ФЭД собрал фотометр-люксметр для измерения естественной освещенности земной поверхности, создал три пиранометра для измерения солнечной радиации. Используя клей, сваренный из сквашенного сгущенного молока, он конструировал приборы для аэрологов [3, ед.хр.1321, л.303].

Энтузиазм большей части полярников преодолевал многие трудности. Каждому значительному событию в жизни страны — съездам Советов, ВКП(б), ВЛКСМ, дню рождения И.В.Сталина, пролетарским праздникам и знаменательным датам — 1 мая, 8 марта, Дню Парижской коммуны, Международному юношескому дню зимовщики дарили подарки — серии дополнительных наблюдений. Суровым испытанием для зимовщиков стала Великая Отечественная война.

Полярная линия фронта

Информация о погоде и состоянии льдов приобрела стратегический характер, от нее часто зависело оперативное и тактическое планирование военных операций. Недаром гитле-

ровское командование организовало свои метеостанции на Шпицбергене, в Гренландии и даже на Земле Франца-Иосифа сравнительно недалеко от советской станции Бухта Тихая. Здесь была своя линия фронта.

27 июля 1942 г. германская подводная лодка U-601 40—50 мин обстреливала полярную станцию Малые Кармакулы на Новой Земле [3, ед.хр.1445, л.44]. Был разбит ветродвигатель, сожжены два склада, стоявший на рейде гидросамолет. В здание радиостанции попало два снаряда.

Утром 8 сентября подводная лодка U-251 полчаса вела огонь по полярной станции острова Уединения, на которой находились семь человек. Три снаряда попало в жилой дом, несколько — в радиостанцию, один — в свинарник, более двадцати упало в районе ветродвигателя, основной радиомачты, актинометрического павильона. Но радиоаппаратура не пострадала, и после окончания бомбардировки станция продолжила работу.

Но вскоре она стала ареной другой трагедии. Найдя выброшенную на берег бочку со спиртом — видимо, метиловым, измученные длительной многолетней вахтой полярники не смогли побороть искушения... [3, ед.хр.3331]. На пустынных берегах появилась новая могила. Работавший с начала 1930-х годов на Югорском Шаре и на Чукотке метеоролог А.Н.Пятыго, зимовавший четвертый год подряд, навсегда остался на острове.

Боевые действия в Арктике продолжались и в следующем году. 18 сентября 1943 г. подводная лодка U-711 артиллерийским огнем разрушила выносную (действовавшую только в период навигации) полярную станцию на о.Правды в архипелаге Норденшельда. Работавшие там А.П.Будылин и И.Ковалев успели укрыться в камнях, а затем переправились на лодке на располагавшуюся в 4 км на о.Нансена полевую артиллерийскую ба-

тарейку №265, организованную за месяц до этого и состоявшую из четырех 122-миллиметровых орудий [11]. С батареи видели зарево пожара, но полагали, что на станции вспыхнул бензин. В сентябре 1945 г. на базе этой батареи была основана полярная станция, которая вскоре переехала во вновь построенный дом на острове Правды.

Через несколько дней, 24 сентября эта же лодка уничтожила полярную станцию в заливе Благополучия (начальник — один из первых метеорологов-зимовщиков Г.А.Шашковский). Персонал через трое суток вывели летчики И.И.Черевичный и А.Т.Стрельцов. Станция более не восстанавливалась.

Наиболее драматические события развернулись в Карском море в 1944 г. В начале сентября к полярной станции мыс Стерлегова подошли незамеченные постом Службы наблюдения и связи три подводные лодки и высадили десант из 50 автоматчиков. Полярники (начальник станции Л.М.Поблодзинский, зимовавший с 1939 г., радист Л.Э.Венцовский, метеоролог Д.С.Марков) и краснофлотцы-наблюдатели (начальник поста Н.Уткин, В.Кондрашев) были захвачены врасплох — они были крайне утомлены, ежечасно передавая погоду на Диксон. В 3 часа ночи пять немецких автоматчиков ворвались в радиорубку и бросили Венцовского на пол. Привели Поблодзинского и Маркова, а затем и наблюдателей-краснофлотцев в одном белье.

Началась пурга. Немцы требовали продолжать связь с Диксоном, чтобы там ничего не заподозрили. Несмотря на то, что Поблодзинский и Венцовский передавали дополнительные группы знаков с сигналом SOS, малоопытные ученики-радиотехники на Диксоне не сумели его принять. Венцовский при очередной попытке предупредить своих получил удар в висок, свалившийся его наземь. Затем немцы начали громить станцию —

стрелять по посуде, радиоаппаратуре, ломать мебель.

Зимовщиков перевезли на подводную лодку U-711, которая, отойдя от берега, почти полностью разрушила строения артиллерийским огнем. Пятых пленных отвезли в Нарвик, затем в Тронхейм, Осло, датский город Орхус, Гдыню, где размещался концентрационный лагерь для моряков северных конвоев, и в Данциг. Они отказались служить немцам, несмотря на постоянную угрозу расстрела. В 1945 г. полярников освободили войска 2-го Белорусского фронта.

Станцию мыс Стерлегова восстановили под руководством Н.Г.Мехреньгина, товарища Э.Т.Кренкеля и Б.А.Кремера по тяжелой зимовке на о. Домашнем [2]. Поначалу новая смена размещалась в уцелевшем скотном сарае, а 5 ноября 1945 г. переехала в редкий в Арктике двухэтажный дом [3, ед.хр.3206]. Мехреньгин и его ученик В.С.Сидоров, впоследствии Герой Социалистического Труда, стали прототипами многих героев известных в советское время повестей В.Санина («За тех, кто в дрейфе», «Трудно отпускает Антарктида» и др.).

В 1944 г. остались без смены многие станции центрального сектора Арктики. Пароход «Марина Раскова» с новыми работниками, многие из которых ехали с семьями, был потоплен 12 августа в районе о.Белого германской подводной лодкой U-365 вместе с кораблями охранения — тральщиками АМ-114 и АМ-118 [12]. Погибло 362 человека, в том числе 107 женщин и 24 ребенка. Это была самая крупная военная катастрофа в Северном Ледовитом океане. Часть пассажиров с огромным трудом спасли летчики М.И.Козлов и С.М. Сокол, многие замерзли уже в спасательных шлюпках.

В конце августа к о.Белому прибило кунгас с телами погибших. Высланная похоронная команда захоронила их близко к урезу воды, и могила была раз-

мыта волнами и разорена медведем. Сотрудники полярной станции во главе с Ф.П.Снегиревым в середине августа 1947 г. сделали новое захоронение за линией самых сильных штормов и поставили столбик с надписью [3, ед.хр.3253]. В 1994 г. вместе с группой участников российско-шведской экспедиции «Экология тундры—1994» и охотником Петром Окоэтто мы искали его, но безуспешно...

В 1944 г. Управление полярных станций было преобразовано в Управление полярных станций и связи [3, ед.хр.1444, л.313—317]. Территорию его деятельности от Карских ворот до бухты Провидения разделили на Амдерминский, Диксоновский, Челюскинский, Тиксинский, Шмидтовский, Провиденский арктические районы, в каждый из которых входил радиоцентр (РЦ) с научной группой и синоптическим бюро, несколько крупных («кустовых») станций и от 5 до 15 небольших станций [3, ед.хр.1400]. Они передавали информацию («сдавали погоду») на кустовую станцию, а те — в РЦ, в 1953—1957 г. преобразованные в РРМЦ (районные радиометеорологические центры). Кроме того, в состав Управления входили 24 станции при арктических аэропортах.

Мирная вахта

Принципы размещения новых станций несколько изменились. В 1920-е годы осваивался преимущественно бассейн Карского моря, в 1930-е же новые станции строились относительно равномерно по всему побережью. В 1940-е годы изучался в основном самый тяжелый в ледовом отношении район пролива Вилькицкого, а также Северная Якутия. Следующие десятилетия характеризовались максимальным развитием арктических исследований, проводились аэрофотосъемка, геологическая съемка, гидрографическое изучение огромных ак-



Полярная станция Острова Известий ЦИК в Карском море.

Здесь и далее фото Ф.А.Романенко

ваторий. Многочисленные экспедиции, суда и самолеты требовали информации о погоде, поэтому именно в 1950-е годы возникли станции в самых труднодоступных уголках Арктики — на далеких островах Ушакова, Исаченко, Виктория, Жохова, а также в новых аэропортах — Тадибеяха, мыс Каменный, Усть-Тарей и т.д.

С 1950 г. восстановилось нормальное снабжение продовольствием и оборудованием. На Рижском и Тбилиском заво-

дах, а также в мастерских Главной геофизической обсерватории в Ленинграде наладились производство метеоприборов. Создание специализированных учебных заведений, как средне-технических — Ленинградского арктического училища (ЛАУ), Московских курсов полярных работников, так и высших — Ленинградского высшего инженерно-морского училища им.адмирала Макарова, способствовали существенному повышению уровня под-



Полярная станция Валькаркай на берегу Восточно-Сибирского моря (основана в 1935 г., перенесена на нынешнее место весной 1941 г.).



Нивелирование футштока на станции о.Четырехстолбовой проводит гидролог В.А.Совершаев. Фото 1958—1960 гг. из архива Г.Д.Совершаевой.



Готовят майну для гидрологических наблюдений (1958—1960, о.Четырехстолбовой). Фото из архива Г.Д.Совершаевой.

готовки наблюдателей и качества наблюдений. В середине 1950-х годов зимовать на полярные станции отправлялись и выпускники-географы Московского и Ленинградского университетов и других учебных заведений.

Особенно способствовал расширению наблюдений и по-

вышению их качества I-й Международный Геофизический год (I-й МГГ) в 1957—1958 гг. В 1966 г. был осуществлен переход на 8-разовые наблюдения через каждые три часа. Регулярно проводилось инспектирование станций опытными специалистами, оценка материалов наблюдений в специализирован-

ных отделах ГГО и Арктического института.

Лучше по сравнению с довоенным временем работали занимавшиеся проектированием, строительством и снабжением полярных станций «Арктикснаб», «Арктикпроект», «Арктикстрой». Постройка новых мощных ледоколов обеспечила более стабильную доставку на зимовки топлива, продовольствия, предметов снабжения, а также киноустановок, книг и других товаров культурно-бытового назначения. Тем не менее некоторые станции из-за тяжелой ледовой обстановки все же приходилось на год-два консервировать, но это было существенно реже, чем раньше.

Таким образом, улучшение качества самих наблюдений за погодой и климатом способствовало увеличению оправданности прогнозов, что существенно повысило безопасность мореплавания по Северному морскому пути и полетов в Арктике. В 1950—1970-е годы сеть из 100—105 советских полярных станций была едва ли не лучшей в мире.

С середины 1950-х годов ГУСМП начал постепенно передавать свои функции специализированным союзным ведомствам. Вместе с Арктическим институтом полярные станции перешли в Государственный комитет по гидрометеорологии при Совете Министров СССР (Госкомгидромет). В 1973 г. на базе четырех самых крупных РРМЦ были созданы Управления по гидрометеорологии. В составе Амдерминского управления было 15 станций, Тиксинского — 22—25, Певекского — около 25. Самым крупным и знаменитым управлением было Диксонское, насчитывавшее 34 станции, в том числе самые северные и труднодоступные (о.Виктория, о.Ушакова, о.Визе и т.д.).

Девять десятилетий для трех первых станций не прошли бесследно. Одна из них (Югорский Шар) закрыта; станцию Вайгач

в 1950 г. зимовщики под руководством опытного полярника В.А.Корнеева перенесли на мыс Болванский Нос, где она работает и сейчас. И только Марре-Салле продолжает регулярную службу практически на прежнем месте. Правда, увидеть каменные дома, построенные в 1912 г., уже нельзя — в середине 1950-х годов они упали в море в результате отступления берега, разрушаемого волнами. Борьба с абразией продолжалась до 1952 г., когда в 250—300 м от берега построили новые здания. До этого зимовщики постоянно тратили силы и время на разборку и сборку домов, а некоторые постройки умудрялись переносить на десятки метров целиком.

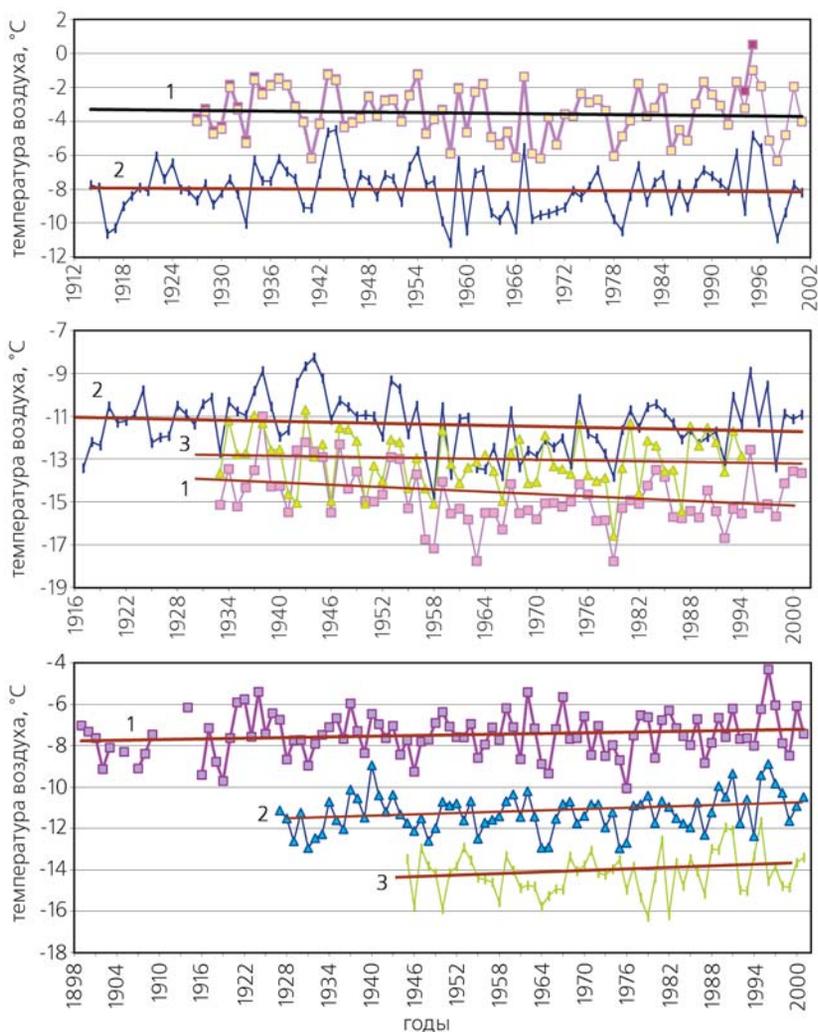
К сожалению, в последние годы уникальная сеть российских полярных станций пришла в плачевное состояние. Прекра-



Зимовщики полярной станции о.Гейберга встречают 1964 г. Фото из архива Л.Н.Пеклера.



Основные этапы развития сети советских (российских) полярных станций.



Тенденции многолетних изменений среднегодовой температуры воздуха в Арктике: вверху — на станциях Нарьян-Мар (1) и Марре-Сале (2) не наблюдается ни потепления, ни похолодания; в середине — на станциях мыс Челюскин (1), о. Диксон (2) и бухта Тикси (3) наблюдается похолодание; внизу — на станциях Анадырь (1), о. Врангеля (2) и Чокурдах (3) — потепление. Коричневой линией показан тренд изменения температуры.

тилаь специализированная подготовка кадров, закрыты ЛАУ и КПР. Работает менее половины станций, на которых осталось всего по два-три человека, а летом иногда остается даже по одному. Каково ему приходится, трудно даже представить, ибо обязанности зимовщика чрезвычайно многообразны [13]. Программа наблюдений на многих станциях сокращена до предела, хотя компьютерные моде-

ли пока не в состоянии заменить реальные данные.

Для науки

Нам удалось все же провести анализ рядов среднемесячных и среднегодовых температур воздуха 20 действующих в настоящее время полярных станций. К сожалению, многие из них с длительными (с 1920—



1930-х годов) рядами закрылись в 1990-е годы. Часто наблюдения прекращались на время из-за переносов станций с одного места на другое. Каждая авария, пожар, стихийное бедствие, временная консервация станции — пропуск; чем их больше, — тем менее точен анализ.

Реальная картина климатических изменений на протяжении XX в. гораздо сложнее, чем представляется широкой общественности. В Восточной Арктике — на Чукотке, в Восточной Якутии — действительно наблюдается заметное потепление. Четкая, статистически значимая тенденция к потеплению выявляется на о. Врангеля, мысе Шмидта, в Анадыре и Маркове.

В других районах, наоборот, холодает. На мысе Челюскин, самой северной оконечности Евразии, за 70 лет (1933—2001) среднегодовая температура воздуха упала почти на 2°C. В то же время она практически не изменилась во многих районах Арктики за последние 50—80 лет.

Средние температуры января на большей части арктических территорий понижаются, а средние температуры июля практически везде испытывают лишь периодические колебания. Исключение — Чукотка, где летнее потепление статистически достоверно.

Наблюдения проводит начальник полярной станции о.Русский в архипелаге Норденшельда А.П.Морозов. Станция основана в 1935 г., закрыта в 1999 г. Фото 1993 г.



Белый медведь пришел на полярную станцию (Северо-Восточный Таймыр, 1994).



В то же время в последние 40 лет (после 1961 г.) температуры повышаются, и это повышение наиболее заметно на самых северных станциях, где за весь период наблюдений наблюдается похолодание. В районах, где наблюдается наибольшее потепление за весь период наблюдений (Чукотка), средние температуры января понижаются.

Причины столь различных тенденций изменения температуры воздуха, которые имеют явно выраженный циклический характер, видятся нам в изменениях глобальной циркуляции атмосферы.

Таким образом, героическая работа нескольких тысяч полярников в течение девяти десятилетий позволяет делать аргументированные выводы о тенденциях изменения климата Земли. Внешне незаметная, она имеет огромное значение для всего человечества. Сеть российских полярных станций создавалась усилиями всей страны в течение многих десятилетий, даже во время войны, а разрушили ее за считанные годы. Восстановление же «законсервированных станций» обойдется гораздо дороже, чем поддержание их существования. Российские

полярные станции — это уникальное явление в истории исследования высоких широт, ценнейшие памятники науки, культуры и техники, и сохранение их — наш долг не только перед потомками, но и перед теми, кто вложил в их создание свое здоровье, молодость, все силы ума, души и тела. Ведь рядом почти с каждой станцией находятся могилы зимовщиков, которые отдали своей стране все, даже жизнь...

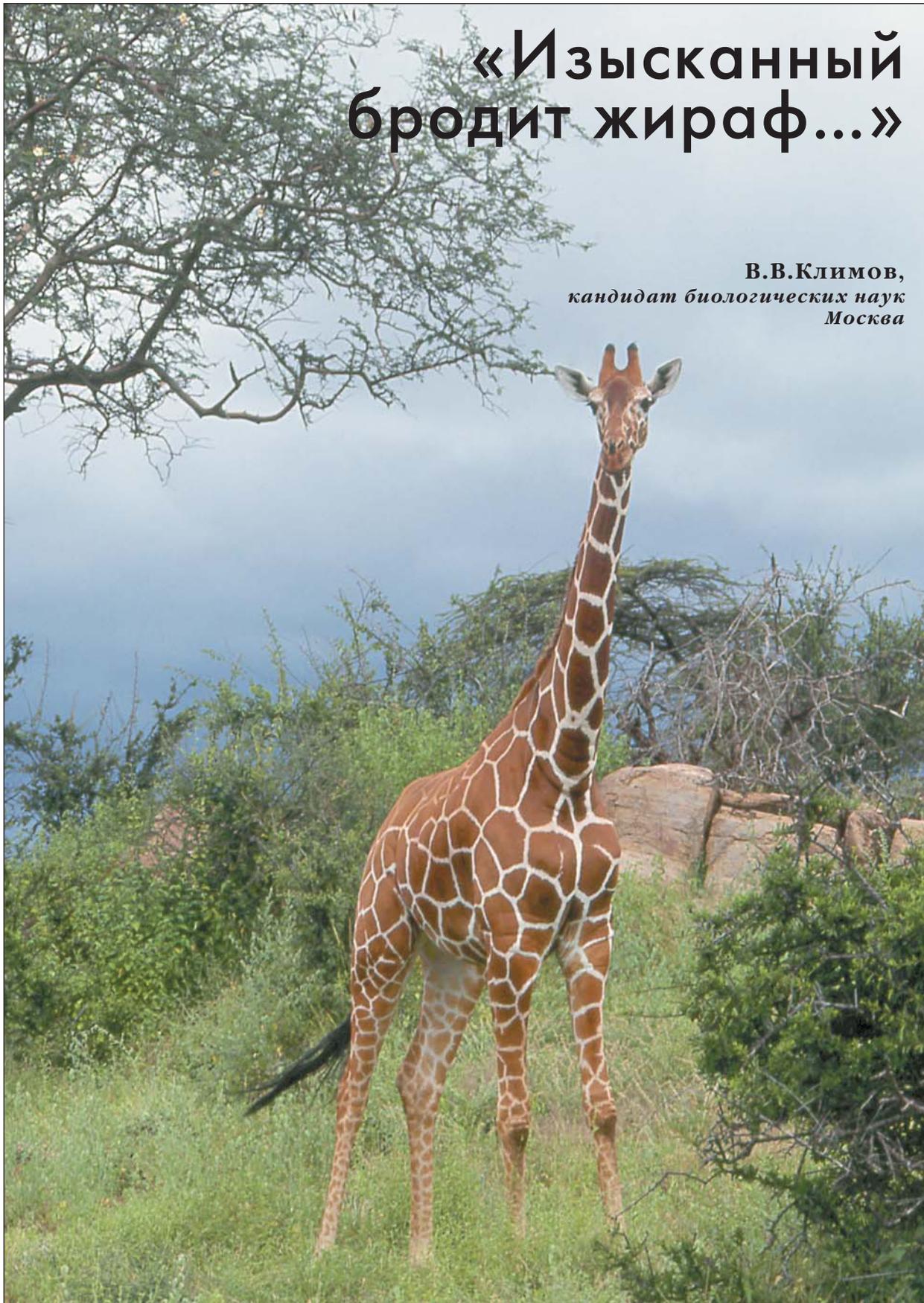
Труд полярных станций, созданных для прикладных целей, в наше время стал важен и для фундаментальной науки. ■

Литература

1. Кремер БА. Первые полярные станции // Природа. 1974. №6. С.65—72.
2. Каневский З.М. Полярник // Природа. 1976. №5. С.52—63.
3. Российский государственный архив экономики (РГАЭ). Ф.9570. Оп.2.
4. Березкин В. Гидрометеорологические станции Карского моря // Труды отдела торговых портов Министерства торговли и промышленности. Вып.LVII. 1917.
5. Тихомиров И.К. Гидро-метеорологическая станция на острове Диксона // Записки по гидрографии. 1917. Т.XLI. Вып.1. С.129—144.
6. Горбатов Б. Обыкновенная Арктика. М., 1987.
7. Кузнецов МА. Матшар. Л., 1967.
8. Материалы гидрометеорологических наблюдений полярных станций. Т.I. Вып.3. Основные наблюдения п/ст Четырехстолбовой. Сентябрь 1934 г. — август 1935 г. М., 1937.
9. Научные работы станции в бухте Тихой на Земле Франца-Иосифа. Труды Арктического института. Т.V. 1934.
10. Федоров Е.К. Полярные дневники. Л., 1979.
11. Пузырев В.П. Беломорская флотилия в Великой Отечественной войне. М., 1981.
12. Белов М.И. Научное и хозяйственное освоение Советского Севера 1933—1945 // История открытия и исследования Северного морского пути. Т.4. Л., 1969.
13. Кремер БА. Снова, как прежде, наедине со льдами // Природа. 1973. №5. С.84—95.

«Изысканный бродит жираф...»

В.В.Климов,
кандидат биологических наук
Москва



Ему грациозная стройность дана,
И шкуру его украшает волшебный узор,
С которым равняться осмелится только луна,
Дробясь и качаясь во влаге зеркальных озер.

Н.Гумилев

Вести из экспедиции

Объехав с фотокамерой чуть ли не весь мир, я не раз убеждался в старой мудрой истине – лучше раз увидеть, чем сто раз услышать. Конечно, при желании на экзотических животных можно полюбоваться в зоопарках, а чтобы больше узнать о них, достаточно открыть книги А.Брэма или Б.Гржимека. Однако ни с чем не сравнятся собственные впечатления от наблюдений за животными в природе. Только в естественной обстановке, например, можно увидеть сцены любви или турнирных боев. Жирафы при этом обвиваются или размахивают с невероятной силой шеями и наносят друг другу удары головой, к счастью, почти никогда не приводящие к трагедии.

Именно шея с семью позвонками, но длинными, 40-сантиметровыми, выделяет это самое высокое (более шести метров) млекопитающее среди других животных. Относительно сердца его голова находится на высоте около двух метров. И чтобы кровь могла достичь мозга, природа наделила жирафа мощным (массой 10–11 кг) сердцем, пропускающим около 60 л крови в минуту, крепкими сосудами (толщина стенок сонной артерии 12 мм) и системой клапанов, регулирующих напор крови и сдерживающих резкие перепады давления при наклонах и подъеме головы.

Двигается жираф медленно, с достоинством, поочередно переставляя обе ноги с каждой стороны. Похоже, иноходь позволяет этому гиганту (массой 700–1200 кг) шагать шире и не дает заплетаться длинным ногам. Жираф обычно ходит со

скоростью 6–7 км/ч, перейдя же на галоп, может разогнаться и до 60 км/ч. Однако долго бежать не может, поскольку объем легких у него относительно мал – около 12 л (для сравнения, у лошади – 30 л). На любых аллюрах шея и голова плавно раскачиваются взад-вперед в такт движению.

Необычные пропорции и поведение жирафа, а также частичное сходство с другими животными подмечены людьми в давние времена. Прежде его называли «камелопардом» (верблюдо-пантера) или «серафе» (в переводе с арабского – милый), что полностью отражено в современном научном имени животного – *Giraffa camelopardalis*.

Обитает жираф почти по всей Африке к югу от Сахары, куда я и отправился, преодолев тысячи километров заповедных территорий, в надежде получить новые впечатления и редкие кадры.

Масаи Мара

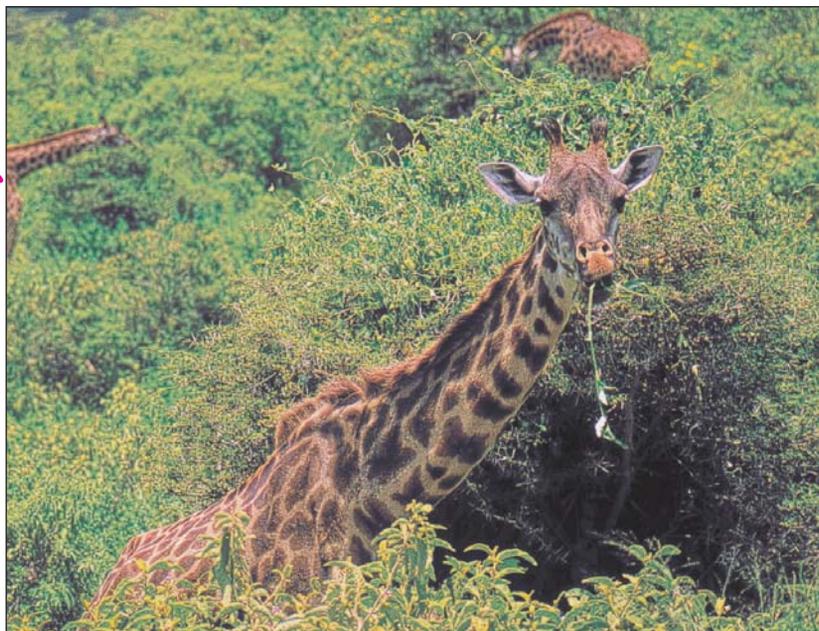
Первое самостоятельное путешествие по Восточной Африке началось довольно безрадостно. Из-за обильных тропических ливней, размывших аэродромы, пришлось томиться в одном из отелей г.Момбасу, расположенного на коралловом острове вблизи кенийского побережья Индийского океана. По красоте эти места, безусловно, сравнимы с Сейшельскими о-вами, однако я стремился попасть в глубь континента, чтобы оказаться среди жирафов, львов и обезьян. К счастью, удалось уговорить пилота частного самолета доставить меня в Масаи Мара – один из старейших (ос-

нован в 1948 г.) национальных парков Кении. Расположен он в северной части равнины Серенгети. По его территории в 1,5 тыс. км² протекают две реки: Мара и Талек, вдоль которых тянутся акациевые леса. На севере и востоке начинаются предгорья, покрытые колючим кустарником и низкорослыми деревьями. Масаи Мара славится богатством животного мира: там обитает около 80 видов млекопитающих и около 450 видов птиц; в августе–сентябре здесь проходят пути миграции более 200 тыс. зебр, 500 тыс. газелей Томпсона, 1,3 млн антилоп гну.

И вот я уже в кабине крошечного самолета, под нами зеленые саванны, красные горы, а на горизонте в обрамлении облаков вершина Килиманджаро. Когда пролетали рядом, даже без бинокля было видно, как с ее плоской вершины сползают ледники, оставляя желоба с рваными краями. Вскоре после озер Натрон и Магади раскинулись равнины Лоита и Парадиз – это и есть Масаи Мара.

Оказавшись на земле, жадно оглядываю окрестности. Красная взлетная полоса, прорезавшая бархатистую поляну, окружена ярко-зеленой акациевой саванной. На краю поляны жираф, помахивая головой, обыденно объедает вершину акации. Мне же кажется все нереальным, как во сне. Жираф был первым диким зверем, встретившим меня прямо на аэродроме и очаровавшим навсегда. Потом я уже специально искал этот образ в саванне, и он частенько появлялся передо мной.

На следующий день, когда мы на джипе двинулись в путь, солнце только-только поднялось над горизонтом, и все вокруг искрилось после ночного



Не прерывая трапезы, жираф постоянно осматривается. Его сторожевые способности очень полезны зебрам и другим копытным.

Здесь и далее фото автора

дождя. Поляны настолько ровные, будто специально подстриженные. Проехав мимо стайки настороженно застывших чернопятых антилоп, или импал (*Aepyceros melampus*), вскоре натолкнулись на трех жирафов. Молодые самцы, которые, как им и положено, держались отдельно от основного стада с самками, обступили огромный куст. Не прерывая трапезы, они

постоянно крутили головами, осматривая окрестности, не забывая следить и за нами. Ярко-оранжевые, пятнистые, освещенные солнцем, они смотрелись как игрушечные.

Один из них кивал головой, будто приглашая меня подойти ближе. Это зрелище было настолько неожиданным, что я даже опустил фотоаппарат. Тем временем другой перестал же-

вать и на прямых ногах, как на ходулях, пошел через полянку; вскоре к нему присоединились и остальные. Все трое удалились, грациозно балансируя головками на змеиных шеях и помахивая хвостиками с кисточками на конце. У одного из них был разодран бок, видимо, от встречи со львом. Через 15 минут с той стороны, куда смотрели жирафы, приполз маленький колесный трактор, который, похоже, их и спугнул. Стало ясно, что импалы оказались здесь не случайно; они держатся рядом с передвижными «сторожевыми вышками», зная, что вовремя будут предупреждены об опасности.

Мы начали спускаться в долину, когда неожиданно со стороны горы появилось еще несколько жирафов. Они шли вниз по склону, откинув головы назад, — так они удерживали равновесие. Вдруг они дружно развернулись головой к склону и начали пастись. Но даже в таком положении им было явно неудобно щипать траву, поэтому некоторые из них широко расставляли передние ноги или даже вставали на колени.

Оказавшись у подножья горы, мы выехали в саванну. В небольшой акациевой рощице паслось около десятка жирафов. Но на этот раз жирафов сопровождали саванновые зебры Гранта (*Equus burchelli bobte*) и павианы анубисы (*Papio anubis*). Это вполне обычная картина для саванны: обезьяны, антилопы и зебры часто используют сторожевые способности не только жирафов, но и слонов и носорогов.

Два жирафа отделились от основной группы и паслись посреди поляны, предпочитая акации густую сочную траву. Расставив передние ноги и дугообразно изогнув шеи, они объедали все, до чего позволяла дотянуться шея и доставал язык, который высывался чуть ли не на полметра. Когда же все было съедено, жираф рывком, вскидывая шею и тело, выпрямлялся,

переступал на несколько шагов и опять «разъезжался» в поклоне. Спустя время все стадо вытянулось в цепочку и, изящно покачивая головками, переместилось в другую рощу. Зебры двинулись за ними.

У подножия хребта Олооло нам встретились несколько жирафов, которые бесцельно бродили по дороге. Мы долго наблюдали за ними, а они, похоже, за нами.

Самбуру

На берегу мутной реки Эвасо-Нгири («коричневая вода») раскинулся еще один национальный парк — Самбуру, созданный в 1962 г., площадью 105 км². Здесь начинаются северные сомалийские пустыни и резко меняется состав растительного и животного мира. Это царство колючего кустарника, пальм, акаций и тамаринд (рождовое дерево рода *Tamarindus*). Кроме того, здесь обитают такие редкие виды животных, как зебра Гриви (*Egrevyi*), орикс бейза (*Oryx gazelle beisa*) — антилопа с длинными прямыми рогами, геренук (*Litocranius walleri*) — жирафовая газель и т.д.

Обследуя речную долину, мы продирались сквозь заросли, встречались со стадами слонов и геренуков, спугивали карликовых антилоп дикдиков, и только в предгорьях нашли местную легенду — сетчатого (сомалийского) жирафа. В отличие от масайского, у него четко очерченные пятна в форме многоугольников с ровными краями, словно на него накинута золотистая сеть. Пятнистый рисунок заходит на живот и ноги почти до пальцевых суставов. Кроме того, шоколадно-бурые неправильной формы пятна у масайского жирафа разбросаны на желтовато-рыжем фоне, а у сетчатого они почти сливаются и немного светлее. Надо сказать, трудно найти двух одинаковых по расцветке жирафов, однако все цветовые вариации



Чтобы полакомиться травой, жирафу приходится опускать голову с шестиметровой высоты. На склоне это делать проще.

этих животных — лишь отклонения окрасок масайской и сомалийской форм.

Когда жираф кормится лиственной верхних ярусов, он вытягивается до шестиметровой высоты, но при этом, в отличие от жирафовых газелей или даже слонов, никогда не встает на задние ноги. Жирафы — настоящие гурманы; мы наблюдали, как они переходили от мимоз к акациям,

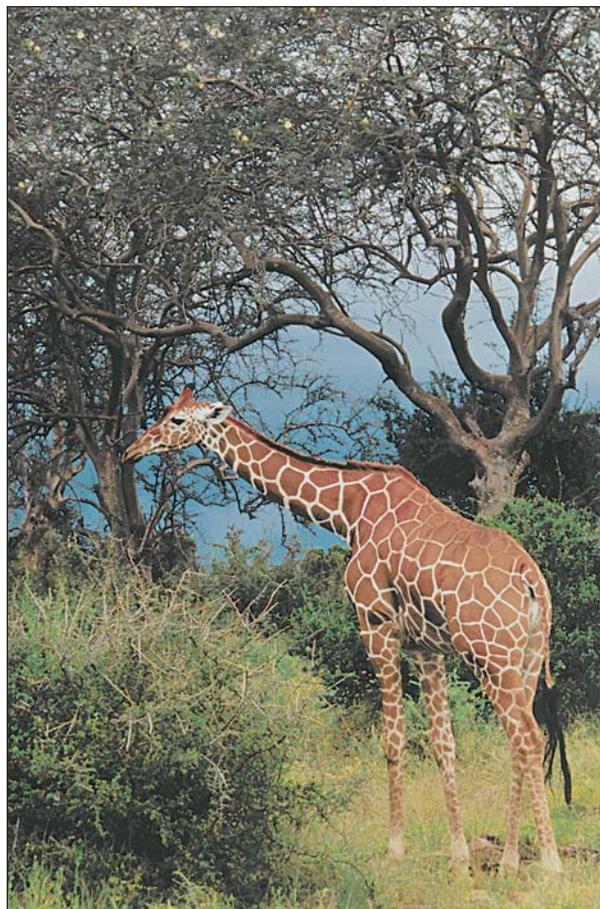
пробуя молодые побеги и бутоны в одной роще, но не задерживались и там — брели к другой.

Наиваша и Накуру

Оба озера находятся в Большой рифтовой долине и расположены всего в часе езды от столицы Кении. Наиваша окружено с юга и запада горами, где оби-



У подножья хребта Олоололо мы встретили жирафов, бесцельно бродивших по дороге.



Сетчатый жираф.

тает более 450 видов птиц (пеликаны, бакланы, орел-рыболов и т.д.). В южной его части находится небольшой остров Кресент, где организован природоохранный резерват и куда завезены водяной козел (*Kobus*), равнинные зебры, антилопы и другие животные. Меня же интересовали в первую очередь жирафы, и я их быстро отыскал в северной части острова. Животные почти полностью были скрыты кустами, над акациями видны были только головы на тонких шеях, которые вертелись во все стороны подобно перископам. Группа состояла только из самок, у одной из них был детеныш. Мамаша не спускала с него взгляда, он же бегал по поляне, «козлил», подпрыгивая на месте и смешно забрасы-

вая непослушные длинные ноги. Жирафиха была встревожена появлением людей, несколько раз подходила к малышу и пыталась шеей прижать к себе. Наконец ей удалось увести его в глубь рощи, а вслед за ними потянулись и остальные.

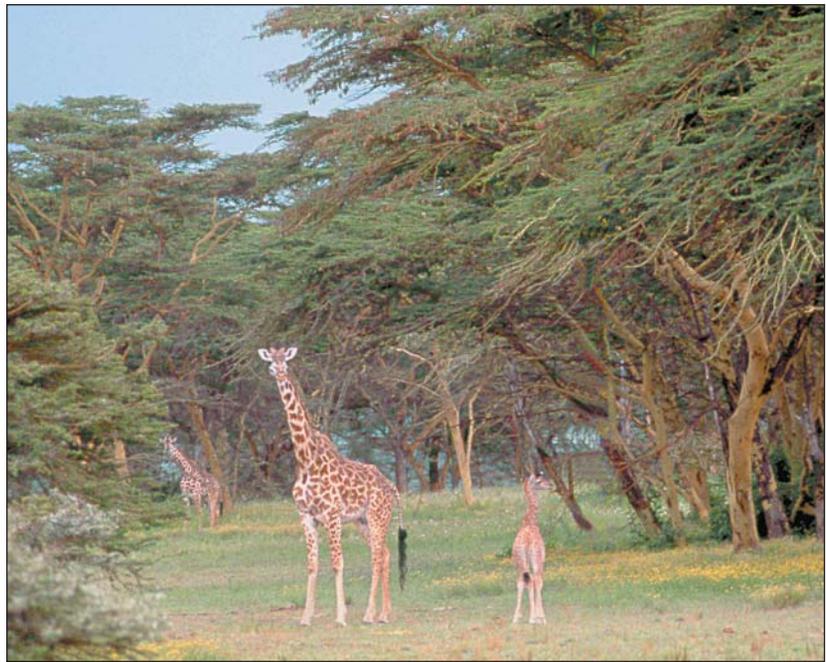
Самки становятся половозрелыми примерно к трем годам; беременность длится 14,5 месяцев. Для родов жирафиха уединяется в зарослях акации или колючего кустарника, рождает стоя в течение 1,5–2 часов. Новорожденный появляется на свет довольно крупным — около двух метров и 60–70 кг весом. Его голову, на месте будущих рожек, украшают кисточки черных волос, а копытца обуты в своеобразные калоши, которых он лишается, как только встанет на

ножки. Как правило, это происходит уже через полчаса после рождения, а еще через полтора-два часа он готов следовать за матерью. Когда мать приводит детеныша в стадо, другие самки его приветствуют нежными прикосновениями губ, тщательно обнюхивают и обследуют его. Малыши держатся вместе, как единая возрастная группа.

К сожалению, около половины всех детенышей жирафа погибает в первый месяц после рождения в лапах львов, леопардов и гиен. Самки пытаются защищать детей, но это редко бывает успешным: покрутившись рядом и поугав хищника, она старается увести малыша. Если же он уже ранен и не может следовать за ней, она в конце концов бросает его.

Главная достопримечательность озера Накуру — миллионные стаи розовых фламинго. В одноименном национальном парке расположен самый старый в Кении питомник носорогов, где зоологи пытаются возродить популяцию черного носорога, которому грозит исчезновение. Кроме того, здесь можно увидеть пеликана, баклана и цапель, бородавочника, водяного и тростниковых козлов, буйвола, газель Томпсона и антилопу-клиппшпрингера (прыгуна) и т.д. Но мало кто знает, что в этих местах есть необычная разновидность жирафа — угандийский, или Ротшильда, который обитает по северным берегам озера Виктория, в основном на территории Уганды. Это нечто среднее между северным сетчатым жирафом и южным — масайским. Темно-оранжевые и светло-коричневые пятна хорошо выделяются на фоне желтоватой «сетки» и обычно правильной геометрической формы, но иногда они состоят из вкраплений, которые лучами расходятся от центра пятна. Чем больше таких вкраплений, тем сильнее пятна угандийского жирафа становятся похожи на «кляксы» и «иероглифы» масайского. Внутренние поверхности ног, запястные суставы и уши жирафа Ротшильда белые.

Я встретил этих жирафов, едва спустившись к подножию горы и оказавшись в роще желтокорой акации, которая опоясывает все озеро. Опушки рощи окаймлены зарослями колючих кустарников. Жирафы Ротшильда небольшими группами обступали кустарник и тщательно освобождали от листвы ветки, густо покрытые крупными, размером с мизинец, колючками. Длинный черный язык ловко проскальзывает между ветвей, дотягивается до самых вкусных и питательных побегов и, обвиваясь вокруг них, срывает и подтягивает ко рту. К слову, мало кто знает, что передние зубы у жирафа есть только на нижней



Мама и сын.



Жираф Ротшильда.

челюсти, а на верхней находится только плоская мозоль. Пропуская ветку между зубами и мозолью, жираф обдирает зелень. Его ротовая полость выстлана плотной слизистой оболочкой, устойчивой к уколам игл колю-

чих кустарников и акаций, а поперечные борозды на нёбе облегчают пережевывание. За день взрослый жираф поглощает в среднем 70–80 кг зелени. В его рационе около 70 видов растений.

Серенгети

В Восточной Африке, да и на всем африканском континенте, нет национального парка, равного по площади (14,7 км²) и богатству животного мира. Всего в 35 км от кратера Нгоронгоро, на бескрайних равнинах (именно так переводится слово «серенгети» с языка маа), раскинувшихся от границы с Кенией на юге до озера Эяси на севере, от ущелья Олдувай на востоке до озера Виктория на западе, обитает более миллиона крупных копытных и тысячи хищников. Такого скопления диких животных, пожалуй, нет нигде в мире. Европейцы узнали об этом в конце XIX в. после экспедиции немецкого путешественника О.Баумана. Тогда началось безжалостное истребление в Серенгети буквально всего, что попадалось на глаза охотникам, — зебр, антилоп, жирафов, слонов, носорогов... Лишь в 1921 г. здесь была организована охраняемая территория, в 1937 г. — резерват дичи, а в 1951 г. равнины Серенгети были объявлены национальным парком. Произошло это в первую очередь благодаря другому немецкому исследователю — Б.Гржимеку и его сыну Михаэлю, посвятившим жизнь исследованию этих мест. Их книга

«Серенгети не должен умереть», а затем и фильм с одноименным названием обошли весь мир. Как известно, Михаэль погиб в авиакатастрофе — во время очередного облета территории Серенгети. На сооружение памятника ученому были собраны огромные средства, но его отец предпочел ограничиться скромным монументом на гребне Нгоронгоро, а деньги вложил в создание Мемориальной научно-исследовательской лаборатории им.Михаэля Гржимека. Впоследствии эта лаборатория была преобразована в одно из крупнейших научных учреждений Африки — Международный научно-исследовательский институт Серенгети, куда приезжают работать тысячи ученых из разных стран мира.

Жирафы редко посещают южную, занятую степью часть, предпочитая северную, где протекают две реки — Грумети и Оранги, вдоль которых тянутся заросли пальм, акаций и колючих кустарников. С трудом пробираясь по берегу Оранги в высокой траве и сквозь часток кол колючих кустарников, на опушке акациевой рощи мы натолкнулись на лежащего в траве молодого жирафа. Тело его было полностью скрыто, из травы торчала, как перископ, только голова, которой он кру-

тил во все стороны, хлопая ресницами и подергивая ушами. Если бы он не шевелился, мы, скорее всего, проехали бы мимо. Его взрослые родственники паслись неподалеку: поодиночке или разбившись на пары и тройки. Они старательно объедали невысокие акации.

Далее, вдоль по реке, в сплошных зарослях акаций, на опушках и на полянах мы нашли еще несколько групп по пять, восемь и более особей. На открытых местах встречались стада по 20—30, а то и 50 жираф. Такие большие сообщества вели себя на удивление согласованно и координированно. В случае опасности не видно было ни паники, ни суеты, все организовано вместе поворачивают, останавливаются, опять двигаются и находят оптимальные пути выхода из сложившейся ситуации. Одиночки же держатся, как правило, в зарослях и на маленьких лесных полянках, где легче оставаться незамеченным. Встречаются и пары: самки с детенышами, молодые или взрослые самки-подружки и самцы-холостяки. Размер групп зависит и от сезона года. В сухой сезон, когда корма мало, жирафы бродят в основном парами или небольшими группами по четыре—пять особей. В сезон дождей, когда саванна расцветает, они объединяются в стада. Обычно состав групп может меняться каждый день или каждую неделю без каких-либо определенных закономерностей. Дело в том, что у жирафов нет проблем с безопасностью — отличный обзор с высоты верхушек деревьев и отсутствие постоянных врагов (только лев и изредка леопард рискнут напасть на жирафа) позволяют жирафу жить спокойно и беззаботно, особенно теперь, когда численность львов в саванне уменьшается. Поэтому связи между особями слабые и непрочные. Но тем не менее инстинкты объединения с себе подобными «тянут» друг к другу. Так образуются пары, группы

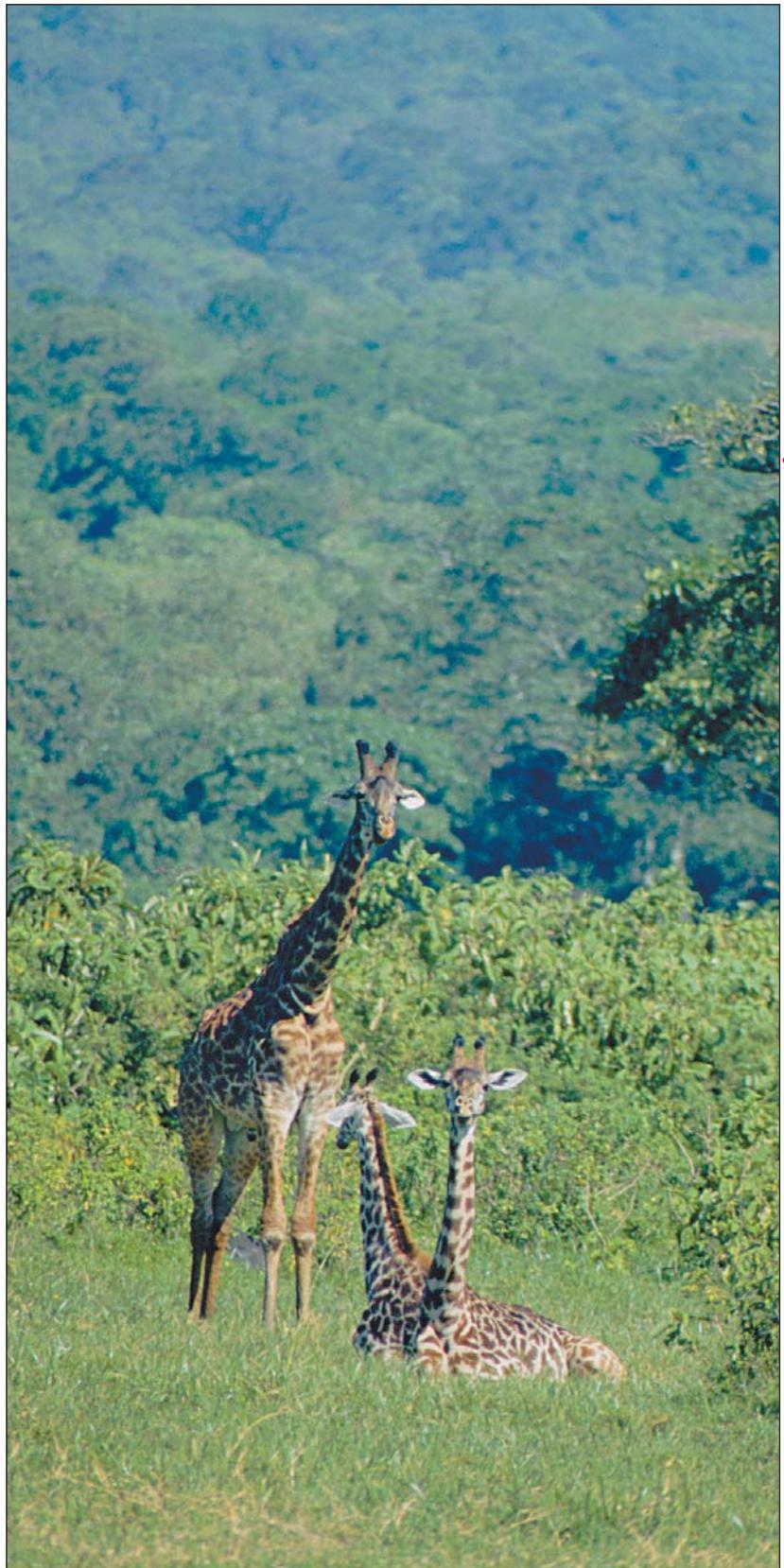


В зарослях невысоких акаций жирафы пасутся группами.

и стада, но они быстро рассыпаются, не имея под собой прочной функциональной основы.

Несмотря на то, что у жирафов нет индивидуальных территорий, в их объединениях существует своя иерархия. Самец-доминант при встрече с сородичами задирает подбородок и гримасничает. Если же это не производит соответствующего впечатления, он бросается на соперника, выгнув шею, опустив голову и угрожая рожками. Бывает, дело доходит и до драки: оба соперника становятся рядом и обмениваются ударами головой и шеей. Низшему по рангу не позволяется в присутствии иерарха «улыбаться» (вздергивать верхнюю губу и вытягивать вперед голову — так самец реагирует на присутствие самки). Самый простой способ демонстрации превосходства — заставить ретироваться в присутствии самки, которая, кстати, будучи значительно легче и изящнее самца, безоговорочно уступает ему, и конфликтов между ними не бывает. Однако в женском коллективе существует своя иерархия: лидирующей самке всегда уступают лучшее место в зарослях акации и дорогу на тропе. В группе, состоящей только из самок с детенышами, старшая самка обязана охранять и координировать движения при переходах и отступлениях в случае опасности. Если же группа смешанная, состоящая из животных обоих полов, то эта роль лежит на самце-доминанте. Как правило, у такого самца вся голова в шишках и наростах от частых стычек.

Спустившись по густо заросшему лесом склону кратера Нгурдото (в кальдере которого, кстати, живет огромное стадо африканских буйволов, *Syncerus caffer*), мы встретили табунок жирафов. Двое из них стояли на страже по краям полянки, а еще восемь лежали и дремали в самых разнообразных позах: одни, вытянув шеи вдоль туловища и склонив головы к земле, дру-



Во время отдыха выставляется дозор.



Шеи — главный инструмент для выяснения отношений и в драке, и в любви.

гие, как сказочные цветки на гибких стеблях, держали их высоко, но расслабленно. Вдруг все изменилось. Заметив нас, все разом подняли шеи и устались, прядая ушами, на прищельцев. Поскольку мы не двигались, они поизучали нас минут десять, успокоились, расслабились и задремали.

С наступлением сумерек жирафы всегда ложатся спать, при этом процесс укладывания (сначала опускаются на грудь, затем на живот) занимает секунд 15–20. Сон часто прерывается (иногда до восьми раз за ночь) и в общей сложности не превышает получаса.

Таранджире

Спустившись с восточного склона вулкана Нгоронгоро и миновав озеро Маньяра, мы повернули на юг и вскоре подъехали к пропускному пункту. Надпись на указателе гласила, что мы въезжаем в Национальный парк Таранджире, и тут же, перед воротами, стоял живой символ парка — огромный кряжистый баобаб. Проехав в дальнейшем по парку десятки километров, я убедился, что это «парк великанов» — баобабов, слонов и жирафов. Причем таких огромных баобабов я не видел в Африке ни до, ни после.

Отдельные жирафы попадались всюду, а их группу мы нашли в долине реки, впадающей в озеро Бурунди. Жирафы на полянке общались друг с другом, паслись, ходили на водопой к реке. Но двое молодых самцов привлекали особое внимание. Они переплелись шеями и замерли. Затем расплелись и устались друг на друга. Насмотревшись вдоволь, сплелись вновь, при этом каждый из них пытался прижать шею соперника к земле, а тот выкручивался, как мог. Расставив ноги, каждый действовал шеей как рычагом, подсовывая голову товарищу под грудь и стараясь лишить его равновесия, перекинуть набок или прижать к земле. Они то стояли грудь к груди, то бок о бок, то валетом. Поскольку длительная борьба не принесла результатов, соперники перешли к более радикальным методам. Шея одного из них откинулась и голова, мотнувшись, полетела в сторону соперника, который не только успел увернуться, но и нанес аналогичный, но более меткий удар, попав нападавшему в холку. Так повторялось несколько раз, однако точность ударов, мягко говоря, оставляла желать лучшего, и каждый из них за час наблюдений попал в цель лишь один-два раза. Тем не менее известны редкие случаи, когда после удара один из соперников терял сознание или даже погибал в результате перелома позвонков шеи. Обычно же кто-то из соперников не выдерживает и отходит в сторону, а победитель с гордо поднятой головой следует за ним еще несколько метров, но не прогоняет с участка, а вскоре бывшие враги уже мирно кормятся вместе.

К сожалению, подобраться к дерущимся жирафам поближе мне помешало болото, и я не смог снять все крупным планом. Съемка издалека не удалась, поэтому я зарисовал некоторые сцены турнира жирафов уже дома.

* * *

Казалось бы, столь несуразное по пропорциям животное должно выглядеть уродом, однако это не так. Жираф красив и грациозен, его глаза и мимика очень выразительны, а шея — прекрасный инструмент не только для пропитания и защиты от врагов, но и балансир при ходьбе. Кроме того, используется для выражения различных эмоций (материнской нежности, дружелюбия, агрессии и т.д.) и демонстрации места в иерархии.

Многочисленные встречи с жирафами убедили меня в том, что это кроткое, миролюбивое и даже любознательное животное. Это же отмечают все, кому довелось общаться с жирафами. Во многих национальных парках Африки они настолько привыкли к людям и транспорту, что уже не воспринимают их как опасность. Подходят к людям и подолгу их рассматривают, берут зелень из рук, срывают искусственные цветы со шляп и даже залезают головой в открытое окно машины или отеля. В Серенгети я наблюдал за двумя красавцами прямо у себя под окнами. Они паслись среди акаций перед бассейном, изредка оглядываясь на здание отеля.

Кротость жирафа, вошедшая в африканские поговорки, сочетается с его огромной физической мощностью. Однако даже от хищников он предпочитает уйти и обороняется ногами только в случае крайней опасности. А ведь такие удары фантастически сильны. Известны случаи,

когда, отбиваясь от льва, жираф ударом задних ног смертельно ранил хищника, вдавив грудную клетку и сломав чуть ли не все ребра. Однако этого никогда не бывает при выяснении отношений с соплеменниками.

По данным палеонтологов, предками жирафов были оленеподобные копытные раннего миоцена. Около 10 млн лет назад существовало несколько родов (например, *Paleotragus*, *Giraffokeryx*, *Orasius*, *Samotragus*). Многие пражирафы отличались гигантскими размерами и мощным телосложением и были распространены в Азии, Африке и Америке. В плейстоцене почти все они вымерли; уцелело всего два вида (помимо собственно жирафов не менее экзотическое животное — окапи, *Okapia johnstoni*). Оба уже довольно давно значатся в списках Красной книги Международного союза охраны природы. Танзания даже выбрала жирафа в качестве эмблемы страны. Тем не менее численность и ареал жирафа продолжает сокращаться; сейчас он сохранился лишь на территориях национальных парков, которые занимают около 10% от всей территории Африки.

Африканцы высоко ценят мясо жирафов. Его коптят на костре, вялят на солнце, режут ремнями и заготавливают впрок. Из пятнистой шкуры делают бурдюки для воды, плети, ремни, барабаны, обувь, амулеты. Щиты из кожи жирафа легче, чем из шкур буйвола, но при этом надежно защищают от копья, стрелы или меча. Сухожилия исполь-

зуют для изготовления музыкальных инструментов, тетивы для лука или нитей для плетения и шитья.

Когда единственными охотниками на жирафов были африканские аборигены, виду ничто не угрожало. Ситуация изменилась лишь с появлением в саванне европейцев. Казалось, что численность этих животных на континенте безгранична, причем зачастую жирафов убивали и убивают не из-за мяса или шкуры, а лишь за кисточку на хвосте, из которой делают браслеты и амулеты. К началу прошлого века в Африке оставалось несколько мизерных популяций этих животных, а в знаменитом национальном парке Крюгера — всего около 20 особей.

Теперь в Восточной Африке приняты самые строгие природоохранные законы. Достаточно сказать, что сотрудники национальных парков, завидев человека с ружьем, пусть даже и зачехленным, имеют полное право без предупреждения открыть огонь на поражение. Но дело не только в браконьерстве. В некоторых местах, где еще недавно паслись стада длинношеих красавцев, их уже нет совсем из-за того, что разрушена естественная среда обитания. В катастрофическом положении находится нубийская популяция; неизвестно даже, остались ли вообще в Нубийской пустыне жирафы. Хочется верить, что на остальной территории Африки судьба этих уникальных животных будет счастливей. ■

Вести из экзотических

Экологичные привычки жителей Хазарского Каганата

С.А.Плетнева,

доктор исторических наук
Институт археологии РАН
Москва

На территории Хазарского Каганата — раннефеодального государства, занимавшего некогда степные и лесостепные пространства Восточной Европы, известно около 1000 археологических памятников, датированных серединой VIII — серединой X в. [1].

Материалов, свидетельствующих об отношении жителей Хазарии к окружающей их природой, сохранилось очень немного, не приходилось встречаться и с их интерпретацией в аспекте развивающейся ныне области знаний — социальной экологии. В этой связи мне бы хотелось обратить внимание читателей на некоторые наблюдения и факты, полученные во время моих собственных полевых исследований и работ других археологов.

Прежде всего, речь пойдет о расположении поселений на местности. Так как близость воды всегда была необходимым условием освоения берега под жилье, они обычно создавались вдоль больших и малых рек, на незатопляемых вторых террасах берега, в максимально возможной близости к воде. Изредка удавалось проследить и наиболее удобные спуски (тропинки, ведущие к берегу), которыми иногда еще пользуются жители современных сел.

Впрочем размещение поселений на незатопляемых участках берегов было характерно не только для степных народов. Но только у них существовали небольшие селища в поймах рек. В зимнее время, когда часть высокого травостоя оставалась над поверхностью снега, а дальние перекочевки становились невозможными, пойменные травы использовали как пастбища. Рядом с ними сооружались сезонные стойбища с небольшими юртами. Раскопки показали здесь почти полное отсутствие хозяйственных ям и обломков керамических сосудов.

Каждый год с приближением половодья стада перегоняли в степь, стойбища заливались водой, но иногда, расположенные на холме (высокой дюне), они оставались сухими и люди — в основном, вероятно, старики — продолжали здесь жить и ловить мелкую дичь и рыбу.

Что касается культурного слоя зимних стойбищ, то на пойменных поселениях он обычно просто смывался или же не накапливался из-за очень малого срока их заселения в летнее время. Труднее объяснить и понять отсутствие культурного слоя на стационарных поселениях второй террасы. Обследование разведками не менее 100 таких поселений показало, что отдельные попадавшиеся на пахоте или в обрывах берега об-

ломки керамики и костей бываю-ют разбросаны на очень большой территории. Не насыщен отбросами человеческой деятельности значительной толщины чернозем, он почти так же чист, как окружающие породы — глинистые, меловые, песчаные и пр.

Объяснить такое явление я пыталась по-разному. Во-первых, можно допустить, что это остатки временных кочевий, вторых, поселения могли быть полностью уничтожены пахотой, растащившей слой по большой площади. Но удивляло малое количество находок даже там, где в Приазовщине сохранились на поверхности остатки каменных цоколей домов и была зафиксирована как бы хуторская или гнездовая планировка.

В настоящее время раскопкам подверглись несколько десятков таких поселений и появилась возможность понять странную стерильность культурных слоев на них. Оказалось, что между жилыми и хозяйственными постройками находки попадают редко, хотя, конечно, чаще, чем на поверхности.

Весь материал, по которому можно определить время и степень экономической развитости (мусор, состоящий из обломков керамики, костей животных, обломков каменных поделок и иных производств), сосредоточен в заброшенных хозяйст-

венных ямах и котлованах жилищ и погребов. Совершенно очевидно, что этими сооружениями перестали пользоваться по их прямому назначению, а использовали в качестве помоек. Наряду с различными ямами, забитыми мусором до краев, на поселении попадались и совершенно чистые. Эти комплексы существовали и функционировали вплоть до конца жизни поселения. За прошедшие столетия у них разрушилась верхняя часть, заполнившая примерно половину глубины. Сверху ямы и котлованы были затянuty черноземом.

Интересно, что не только на поселениях, но и в формирующихся хазарских городах культурный слой не накапливался, зато окружающее жилища пространство было как пчелиными сотами изрезано ямами, большинство из которых было заполнено мусором. В хазарском городке Саркеле (Нижний Дон) за 130 лет существования на предматериковый слой наслоилось около 10—15 см натопанной земли. Она перемешалась со слоем разрухи и пожара, возникшего при разгроме города в 965 г. В этот перемешанный слой были втоптыаны первые наслоения нового строительства. В результате образовался черный углистый слой около 60 см толщиной, который исследователи памятника долгое время считали слоем «мирной жизни» Саркела.

Подобный ход событий показали наши раскопки в древней столице Дунайской Болгарии — Плиске (северо-восточная часть современной Болгарии). Там прямо на стерильном дерне лежат наслоения снесенных до основания белокаменных стен (уничтожены они были по приказу взявшего город византийского императора Никифора в 811 г.). Однако этот слой, прослеженный на всей площади малого города в виде ровной полосы, состоявшей из мелкого щебня и меловой пыли (толщиной примерно в 50 см)

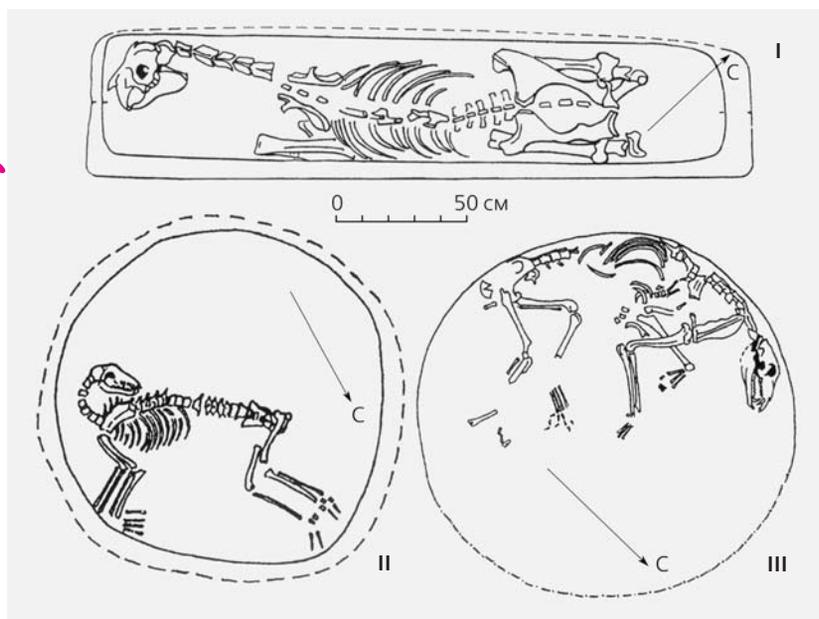


Планы Карнаухова (I) и Ютановского (II) поселений: 1 — пятна зольников на поселениях, 2 — жилые и хозяйственные постройки, 3 — вал и ров на Карнауховском поселении, 4 — вал на Ютановском поселении, 5 — границы лесных массивов. План и разрезы помещения для скота на Карнауховском поселении (III). Реконструкция этого помещения (IV).

был перемешан со слоем нового строительства стен Плиски. Образование культурного слоя и здесь, и в Саркеле началось только после активной бытовой застройки города, заселявшегося более пестрым в этническом отношении населением, не освоившим степной привычки очищать площадки вокруг жи-

лищ, используя при этом старые заброшенные ямы.

Следует отметить также, что в большинстве случаев производства, которые сопровождались значительным количеством отходов (шлаков, бракованных сосудов и их обломков и т.д.), как правило, помещали на самом краю поселения или за его пре-



Захоронение коня (I) и собак (II, III) на Дмитриевском могильнике и в Саркеле.

делами. От гончарных или плавильных печей, размещенных в ближайших оврагах, на жилые участки не попадал даже дым.

На некоторых поселениях на поверхности пашен были отчетливо видны пятна золы, частично развеянные и растащенные плугами. Вслед за другими исследователями [2] считаю, что это следы от куч золы, систематически вынимаемой женщинами из очагов жилищ, принадлежавших одной семье. Поскольку очаги считались священными, то и кучи золы из них, видимо, становились объектом почитания — семейными святилищами.

Не исключено и использование золы в виде удобрений. Жители Хазарии активно занимались земледелием. Возделывались просо, карликовая пшеница, двурядный ячмень, а также лен, конопля, кольза (масляничное растение), горох. Весьма существенны находки в Саркеле косточки кавказской сливы — алычи, а на ближайшем от Саркела хазарском памятнике — Правобережном Цимлянском городище — виноградных ножей. Сады и виноградники тре-

бовали не только ухода, но и подкормки.

Поскольку поселения с пятнами от зольных куч попадаются нечасто, можно предположить, что жители в определенное время года свозили золу на огороды и виноградники почти полностью. В следующем году на месте прежней накапливалась новая куча. Вполне вероятно также, что жители поселений с обнаруженными на них полными зольниками просто не успели очистить свое домашнее святилище: их захватили и перебили печенеги.

Что касается взаимоотношений хазар с представителями дикой фауны, то в какой-то мере о них свидетельствуют находки костей на поселениях. Их состав определялся всего несколько раз, но его однообразие на разделенных сотнями километров памятниках позволяет перенести собранные данные на всю Хазарию. Костей животных, мясо которых шло в пищу, обнаружено много: лось, сайга, олень, косуля, разная птица, бобр. Кости животных с несъедобным мясом — волк, лиса, медведь, рысь — попадают крайне ред-

ко, на поселения привозили, очевидно, только ободранные шкуры.

Естественна забота жителей Хазарии о домашних животных. Прежде всего, необходимо было достаточное количество травы летом и зимой, для этого скот перегоняли из степи в поймы, о чем уже говорилось выше. В степных стадах преобладали овцы, а в лесостепи и Предкавказье и козы. Второе место по количеству голов в стаде занимал крупный рогатый скот и, конечно, лошади. Помимо этого постоянного состава в хозяйстве довольно часто разводили свиней, хотя в Саркеле, например, их костей в 10 раз меньше, чем на древнерусских поселениях. Очень редко встречаются в слоях разных памятников кости верблюдов (они умирали в степи), хотя отдельные остатки могли притащить на поселение собаки. Столь же уникальны в городе кости домашней кошки: мы знаем, что и в наше время это животное стремится уходить умирать подальше от людей.

Необычайно интересны длинные большие полуземлянки (3—3,5×10—14 м), явно нежилого характера, обнаруженные на известном Карнауховском поселении, расположенном недалеко от Саркела [3]. Пол в них пропитан золой и отложениями органики и слегка скошен с обеих длинных сторон к центральной линии, вдоль которой прорыта узкая канавка. Входы в помещения находились в торцевой стенке или около нее: это вырытые в материке покатые спуски в постройку. Очевидно такие сооружения предназначались для содержания скота и, в частности, «стельных» овец с ягнятами в весенне-зимнее время.

Однако наибольшим вниманием и любовью пользовались лошади, в основном, боевые кони [4]. В могилах всадников вместе с прочим инвентарем встречаются складные небольшие серпы с костяными, вернее, роговыми рукоятками, служившие хазарину в походе, чтобы ко-

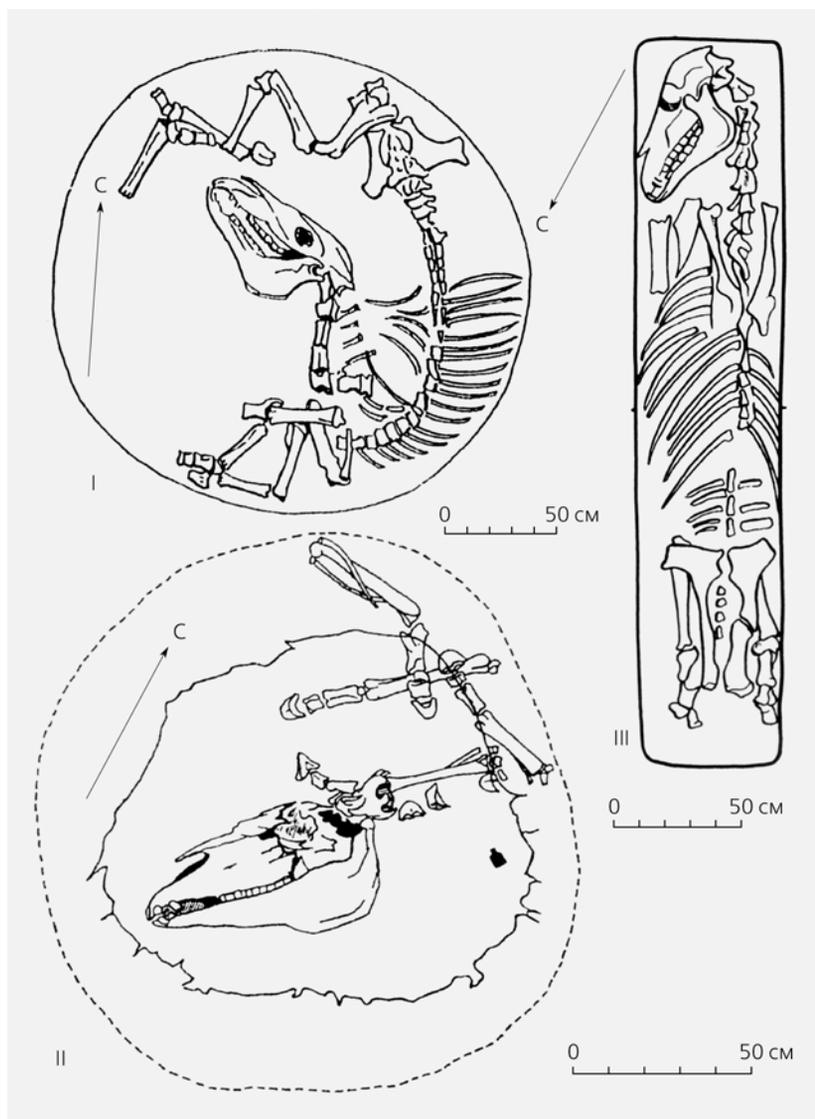
свить траву во время ночевки. Далеко не всегда, несмотря на жесткие кары за воровство лошади, можно было отпустить стреноженного коня на выпас. Впрочем это могла быть обычная забота об уставшем коне.

Раскопанное на Дмитриевском могильнике захоронение коня, пожалуй, свидетельствует о нежной склонности хозяина к своему другу, похороненному на человеческом кладбище. Подчеркивая особое положение этого захоронения среди других, хозяин ориентировал могилу поперек направления своеобразных коридоров — дромосов катакомб, нарушив этим порядок. Погребенный конь был расседлан и без узды. Зубы и копыта у него были стерты почти до основания, а ноги изуродованы старческим артрозом. Он прожил более 30 лет (по определению палеозоолога В.И.Цалкина), хозяин содержал своего товарища до естественной смерти.

Погребения коней при хозяевах попадают в обряды различных этнических групп, входивших в каганат. Вместо целого коня чаще укладывали только голову и отчлененные по первой-второй сустав ноги. Их соединяли шкурой, создавая как бы чучело коня, или складывали аккуратной кучкой в ногах погребенного человека. А мясо коня, видимо, съедали на тризне. Эти кони, как правило, были молодыми и не могли быть боевыми товарищами умершего хозяина.

Годовалых или полторагодовалых жеребят, или их части хоронили нередко в ямах на поселении и в отдельных домах в качестве «закладных жертв» — своеобразных оберегов.

Ответственные функции в жизни человека той эпохи выполняли и собаки. Во-первых, их использовали в охране и перегоне стад с пастбища на пастбище, во-вторых, очень крупные и сильные собаки нужны были, чтобы охотиться на крупного зверя, в-третьих, для охраны жилища. Вот эти-то функции в реальной жизни и наделяли их



Закладные жертвы коней на начинающем застраиваться участке Маяцкого (I) и Дмитриевского (II) поселений. Закладная жертва под полом кирпичного здания в Саркеле (III).

в представлении людей чудодейственными охранными свойствами. Недаром в могилах женщин, обычно в ожерельях, мы находим собачьи клыки-обереги.

Собаки, как и кони, нередко сопровождали хозяев в дороге на тот свет. Их помещали в дромосы, часто вместе с лошастью. Изредка собаку, свернувшуюся калачиком, укладывали на круп коня. Не исключено, что именно так при жизни некоторые собаки «путешествовали» от дома до места охоты.

Череп и отдельные кости собак встречаются в жертвенных ямах вместе с костями других животных. В частности, в Саркеле в большой яме было сожжено более 20 молодых овец, телята и собака, как бы охраняющая это стадо.

Наиболее яркое проявление особого почитания собак — безусловно их захоронения, обнаруженные в Саркеле на людском кладбище, рядом с могилами, где в круглых ямах погребены мужчины и женщины. В таких

же ямах, немного меньшего размера, хоронили и собак. Две из них уложены на боку, в спокойно бегущей позе, но головы обеих повернуты мордами назад — к хвосту. Собака словно оглядывается на хозяина, как на охоте, увидев дичь или зверя. Оба захоронения относятся к раннему этапу освоения этого участка городища, т.е. еще до постройки юго-западной стены крепости. Третье погребение очень крупной собаки (рост в холке не менее 60 см) совершено в период после окончания

строительства стены — яма даже врезана в известковый натек или отмостку, прослеженную вдоль стены.

Скелет собаки был подвергнут ритуальному разрушению, как и скелеты большинства погребенных здесь людей. Видимо, после гибели её хотели обезвредить, оказав ей ту же почесть, что и людям, которых считали необходимым лишать возможности передвижений среди живых.

Таким образом, намечающиеся следы заботы об окружаю-

щем мире, т.е. экологически продуманное устройство жизни хазар, представляется, несмотря на пока очень небольшой материал, вполне ощутимым. Очевидна привязанность человека к животному, иногда даже большая, чем к людям. Постепенно утверждается уверенность в том, что четвероногие друзья не предадут и всегда помогут при встрече с опасностью. Отсюда — многочисленные животные — друзья и соратники человека, появившиеся в легендах, сказаниях и сказках [5]. ■

Литература

1. Плетнева С.А. Исчезнувшие народы. Хазары // Природа. 1980. №1. С.59—70.
2. Русанова И.П. Культовые зольники скифского времени // Материалы по археологии, истории, этнографии Таврии. Симферополь, 1998.
3. Ляпушкин И.И. Карнауховское поселение // Материалы и исследования по археологии СССР. М.; Л., 1962.
4. Липец Р.С. Образы батыра и его коня в тюркско-монгольском эпосе. М., 1984.
5. Протт В.Я. Исторические корни волшебной сказки. СПб., 1998.

Э.Уолш (E.Walsh; Бойстаунский исследовательский госпиталь, Омаха, США) и его коллеги установили: тигры не только рычат, мяукают, хрипят, но также издают инфразвуки, которые заставляют их соперников держаться на большем расстоянии или же призывают соплеменников к сбору. Замерив у спящих хищников уровень реакции слуховых нейронов, выяснили: тигры более чувствительны к низкочастотным звукам. Волны инфранизкого диапазона распространяются на расстояние до 8 км, не угасая при большой влажности воздуха или наложении звуков более высоких частот.

Sciences et Avenir. 2003. №676. P.20 (Франция).

По материалам Центра прикладных исследований биораз-

нообразия, Карибское море — самый насыщенный жизнью бассейн во всей Атлантике. Почти из 1170 морских видов 22% — эндемики, а 100 видов — микроэндемики (ареал их распространения ограничен небольшим островом или прибрежной лагуной). Такие представители редкой фауны крайне чувствительны к любому антропогенному вмешательству (промышленному рыболовству, углублению судоходных фарватеров, прокладке подводных трубопроводов и т.п.). Микроэндемики отличаются очень слабой репродуктивностью, и активное применение таких способов лова, как трал, может оказаться для них катастрофическим.

Terre Sauvage. 2003. №188. P.14 (Франция).

В ходе полной «инвентаризации» биоты Мирового океана, которая началась в 2000 г. в рамках программы CoML (Census of Marine Life — Перепись обитателей моря), описано почти 210 тыс. видов растений и животных (10% биоразнообразия океана). Ежегодно биологи (в работе занято 300 специалистов из 53 стран) открывают 1700 не известных ранее видов. Уже составлены списки 15 тыс. видов рыб, из которых 500 — новые для науки. Проект (его бюджет 1 млрд долл.) рассчитан на 10 лет и должен охватить всю акваторию Мирового океана. На ближайшее время намечено исследовать атлантические воды вблизи берегов Анголы.

Sciences et Avenir. 2003. №682. P.50 (Франция).

ЛИДЕР ЭВОЛЮЦИОННОЙ БИОЛОГИИ

К 100-летию Эрнста Майра



Эрнст Майр.

Отмечать столетние юбилеи выдающихся ученых вошло в обычай. Но большей частью самих ученых в это время уже давно нет в живых. Эрнст Майр (Ernst Mayr) — один из столпов эволюционной биологии XX в. — счастливое исключение. Наш журнал традиционно и неуклонно поддерживал и пропагандировал эволюционную биологию. И, естественно, не раз мы обращались к трудам Майра. Его статья «Биологическое значение вида» с предисловием Н.В.Тимофеева-Ресовского появилась на страницах «Природы» в 1970 г., когда ее автор был уже ведущим американским биологом-эволюционистом.

Как убежденный эволюционист, к тому же владеющий широким фактическим материалом, Майр проявил себя в книге «Систематика и происхождение видов», сразу переведенной на несколько языков (Systematics and the origin of species. N.Y., 1942 / Рус. пер. М., 1947). Для начавшегося по окончании войны подъема науки книга была очень кстати, а для молодых биологов (каким был тогда и пишущий эти строки) она стала как бы прямым продолжением труда Дарвина.

Переведены на русский язык были еще две книги Майра: «Зоологический вид и эволюция» (Animal species and evolution. Cambridge Mass., 1963 / Рус. пер. М., 1968) и «Принципы зоологической систематики» (Principles of systematic zoology. N.Y., 1969 / Рус. пер. М., 1971). В первой из них был раздел о челове-

ке, в те времена в СССР сомнительный с идеологической точки зрения, и потому в русское издание книги эта глава не вошла. Но «Природа» напечатала ее в двух номерах (1973. №12; 1974. №2) с небольшим вступлением автора: «...Я написал «Человек как биологический вид» для того, чтобы познакомить читателя с соответствующими фактами и привлечь его внимание к событиям, происходящим на нашей планете и в нашем обществе, игнорируя которые, мы можем придти в конце концов к катастрофе <...> будем надеяться, что те, на кого возложена задача планировать будущее человечества, должным образом учтут биологические аспекты эволюции человека».

Книга о зоологической систематике вышла без купюр. В ней систематика трактовалась не только применительно к зоологии, но и разбирались принципиальные вопросы этой науки, интересные и для ботаников, — почему и наш «Ботанический журнал» поместил на нее подробную рецензию (1972. №11).

В сфере интересов Майра самый широкий круг биологических проблем. Каких именно — лучше всего говорят заголовки разделов его книги «Эволюция и разнообразие жизни» (Evolution and the diversity of life. N.Y., 1976): Эволюция; Видообразование; История биологии; Философия биологии; Теория систематики; Вид; Человек; Биогеография; Поведение.

Основная идея, которую Майр развивал начиная с 40-х годов, — противопоставление нового эволюционного «популяционного» мышления старому «типологическому», противостоявшему эволюционизму. Вторая и, пожалуй, не менее важная проблема, занимавшая его, особенно во вторую половину жизни, — это специфичность биологии, ее отличие от наук физического цикла и, соответственно, малая пригодность для биологии идей, понятий и логики науки, предлагаемых физиками или логиками. Физик имеет дело с объектами, существующими в неопределенном количестве, но при этом идентичными. Атом натрия остается атомом натрия всегда и везде, какую бы историю он ни претерпел. Но среди живых объектов нет двух идентичных, они все уникальные. Но при этом биологи, изучающие процессы и функции, конечно, отличаются от систематиков и эволюционистов: первые во многом близки к физическим наукам, а вторые — к историческим.

По мнению Майра, биология должна иметь свою философию, исходящую из особенностей самой этой науки и ее объектов. Он писал: «Многие философы — быть может, даже большинство, включая и такую выдающуюся личность, как Карл Поппер, все еще ищут альтернативу дарвинизму». Но философы также сумели повлиять на Майра: предложенный Поппером термин «эссенциализм», будто бы составляющий философскую основу «типологического мышления», Майр принял, хотя он отнюдь не способствует пониманию сути дела.

В этом номере мы публикуем небольшую статью историков науки Э.И.Колчинского и М.Б.Конашева, эссе Майра, в котором он анализирует становление своих философских взглядов как диалектика, и фрагменты из переписки Э.Майра с Н.Н.Воронцовым.

* * *

Редакция и редколлегия журнала «Природа» поздравляют юбиляра и желают ему доброго здоровья. Хочется поблагодарить его за тот огромный вклад в нашу науку и в наши взгляды на мир, который он сумел сделать.

Dear Professor Mayr,

We congratulate you most heartily on your remarkable jubilee and express our highest appreciation of your contribution to biology and to proper understanding of its basic tenets.

Needless to say, we shall be glad to receive from you few lines as a kind of spiritual heritage.

А.К.Скворцов,

доктор биологических наук
заместитель главного редактора
журнала «Природа»

Творческое долголетие в науке

Э.И.Колчинский,

доктор философских наук

М.Б.Конашев,

кандидат биологических наук

Санкт-Петербургский филиал Института истории естествознания и техники им.С.И.Вавилова РАН

Уже более 75 лет труды эволюциониста, систематика, орнитолога, биогеографа, историка и философа биологии Эрнста Майра в значительной степени определяют облик биологии XX в., особенно в отношении эволюционной теории. Майр по праву считается одним из главных архитекторов синтетической теории эволюции (СТЭ), объединившей генетику, систематику, биогеографию, экологию, этологию и палеонтологию. Майр — член более 50 научных обществ и академий, включая Национальную АН США, Лондонское королевское общество, Российскую академию наук, Германскую академию естествоиспытателей «Леопольдина», Национальную академию деи Линчеи, Берлинско-Бранденбургскую академию наук и др., почетный доктор нескольких наиболее прославленных университетов мира, лауреат около 40 престижных научных премий и медалей.

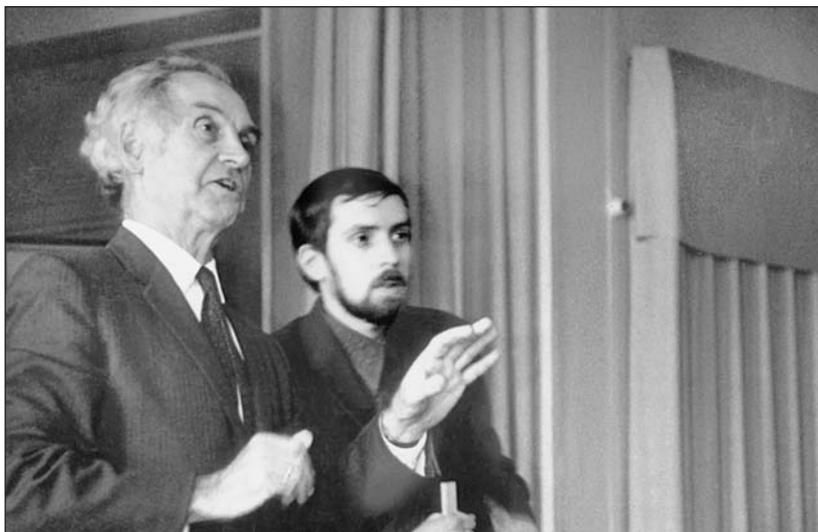
Родился Майр в 1904 г. в Германии, в г. Кемптене. Получив степень кандидата медицины в Грейфсвальдском университете в 1925 г., он стал изучать орнитологию у Г.Штреземанна в Берлинском университете, где в июне 1926 г. получил доктор-

скую степень и занял должность помощника куратора Зоологического музея. Как зоолог-натуралист сформировался, работая в трех экспедициях в Новой Гвинее и на Соломоновых о-вах (1928—1930). В 1932 г. его пригласили в Американский музей естественной истории в Нью-Йорке. В 1945—1946 гг. активно участвовал в создании Общества по изучению эволюции и журнала «Эволюция». С 1953 г. связан с Гарвардским университетом: сначала был профессором зоологии, с 1961 по 1970 г. — директором Музея сравнительной зоологии, а с 1975 г. — почетным профессором.

В начале своей научной карьеры Майр придерживался механоламаркистских взглядов, так как полагал, что книга Ч.Дарвина «Происхождение видов» не отвечает на главный вопрос эволюции: почему и каким образом появляются новые виды и как в результате градуальных изменений возникают дискретные, репродуктивно изолированные виды? Выход из кризиса, в котором оказалась эволюционная теория в начале XX в., появился после формирования популяционной генетики. Тогда впервые был достигнут синтез генетики и теории естественного отбора, концептуально оформленный в книге Ф.Добжанского «Генетика и

происхождение видов». Монографией «Систематика и происхождение видов» [1], которую, к счастью, успели издать в СССР в 1947 г. до августовской сессии ВАСХНИЛ, Майр способствовал окончательному становлению СТЭ. Развивая эволюционную (биологическую) концепцию вида и изолирующих механизмов как необходимых факторов становления полноценного вида как замкнутой генетической системы, он придал синтетической теории статус полноценной концепции. Разработанная им теория аллопатрического видообразования, согласно которой популяции организмов становятся новыми видами только после отделения друг от друга географическими или иными барьерами и потери способности скрещиваться, стала общепризнанной.

В своих фундаментальных монографиях «Зоологический вид и эволюция» [2], «Популяции, виды и эволюция» [3], «Эволюция и разнообразие жизни» [4] он детально описал генетическую и экологическую структуру вида, а также обосновал представления о генетической революции и мгновенном видообразовании, особую роль малых периферийных популяций, принцип основателя и другие оригинальные идеи и концепции. Опираясь на внутривидо-



На лекции в Институте биологии развития им.Н.К.Кольцова РАН в 1972 г., когда Э.Майр приехал в Москву. Рядом с докладчиком М.И.Евгеньев (он переводит).

вое разнообразие как главную предпосылку эволюции и адаптивной радиации, Майр показал, как в условиях генетической революции и репродуктивной изоляции происходит смена адаптивных зон и вырабатываются видовые признаки. По существу он впервые создал генетически и экологически обоснованные модели прерывистого равновесия и доказал возможность дарвиновской эволюции на молекулярном уровне. Таким образом, он подтвердил гипотезу Дарвина: образование вида — ключевой момент в эволюции.

Вместе с В.Провайном Майр руководил подготовкой коллективной монографии «Эволюция. Современный синтез» (1980), в которой впервые были проанализированы пути выработки современных эволюционных представлений и вклад биологов разных стран в создание СТЭ. Широкую известность получили также собственные фундаментальные историко-биологические труды Майра «Рост биологического знания. Разнообразие, эволюция и наследственность» [5], «Один длинный аргумент: Чарльз Дарвин и генезис

современной эволюционной теории» [6], а также его философско-методологические сочинения «К новой философии биологии: наблюдения эволюциониста» [7] и «Это биология. Наука о жизни» [8].

Велика заслуга Майра в восстановлении приоритета и пропаганды идей российских эволюционистов, таких как А.Н.Северцов, И.И.Шмальгаузен, Н.К.Кольцов, С.С.Четвериков, Н.В.Тимopheев-Ресовский. Многие из нас постоянно чувствуют доброжелательное внимание Майра. Он продолжает следить за публикациями своих российских корреспондентов, регулярно снабжая их не только оттисками своих статей, но и книгами.

Статья Майра, публикуемая ниже, имеет свою предысторию, о которой надо рассказать подробнее. М.Адамс, американский историк науки, встретился с К.М.Завадским в начале сентября 1971 г., когда находился в Ленинграде вместе со своим учителем, основателем и редактором журнала «Journal of the History of Biology» Э.Мендельсоном. Годом позже Майр приехал

в Россию в качестве гостя Академии наук. В программу своего пребывания он попросил включить встречу с Завадским, с которым они в течение многих лет переписывались и обменивались публикациями [9]. У них было много общих интересов: Завадский, как и Майр, занимался проблемами вида и видообразования, историей эволюционного учения, философией биологии. Хотя Майр не читает по-русски, его сотрудник, который всегда просматривал всю корреспонденцию из СССР, а затем из России, держал Майра в курсе интересующих его проблем.

В июне 1972 г. Майр посетил возглавляемый Завадским сектор истории и теории эволюционного учения Ленинградского отделения Института истории естествознания и техники АН СССР. Ему настолько понравилась обстановка в коллективе, что он попросил у Завадского разрешения встретиться еще раз с его учениками. Вторую встречу вел А.Б.Георгиевский. Позднее Майр написал Я.И.Старобогатову, куратору его пребывания в Ленинграде, что он восхищен и удивлен мужеством Завадского и Георгиевского, которые в условиях тоталитарного режима, где доминирует лысенкоизм, открыто защищают синтетическую теорию эволюции, а молодые историки науки хорошо ориентируются в литературе по современным проблемам эволюционной теории, систематики, генетики, экологии и этологии. Эта встреча побудила Добржанского и Майра предпринять ряд шагов по изданию в Америке книги Завадского «Развитие эволюционной теории в СССР» (1973). Однако реализовать этот проект им не удалось из-за бюрократических преград со стороны Всесоюзного агентства по охране авторских прав.

В 1997 г. готовилась конференция, посвященная памяти Завадского. На просьбу напи-

сать воспоминания об их встрече Майр ответил, что лучше напишет статью, посвященную человеку, сыгравшему большую

роль в осознании им философских и методологических основ собственных работ. К сожалению, подготовка статьи затяну-

лась, и она вышла в русском сборнике на английском языке [10]. На русском языке она публикуется впервые.

Литература

1. *Mayr E. Systematics and the Origin of Species*. N.Y., 1942; Систематика и происхождение видов. М., 1947.
2. *Mayr E. Animal Species and Evolution*. Cambridge (Mass.), 1963; Зоологический вид и эволюция. М., 1968.
3. *Mayr E. Populations, Species and Evolution. An abridgement of Animal Species and Evolution*. Cambridge (Mass.), 1970; Популяция, виды и эволюция. М., 1974.
4. *Mayr E. Evolution and the Diversity of Life. Selected Essays*. Cambridge (Mass.), 1976.
5. *Mayr E. The Growth of Biological Thought. Diversity, Evolution, and Inheritance*. Cambridge (Mass.), L., 1982.
6. *Mayr E. One Long Argument: Charles Darwin and the Genesis of Modern Evolutionary Thought*. Cambridge (Mass.), 1991.
7. *Mayr E. Toward a New Philosophy of Biology: Observations of an Evolutionist*. Cambridge (Mass.), 1988.
8. *Mayr E. This is Biology: The Science of the Living World*. Cambridge (Mass.); L., 1997.
9. Письма Э.Майра к К.М.Завадскому // Ученый, учитель, гражданин. Памяти К.М.Завадского. СПб., 1997. С.119—122.
10. На переломе. Советская биология в 20-х — 30-х гг. СПб., 1997. С.12—18.

Корни диалектического материализма

Эрнст Майр

Посвящается памяти крупного мыслителя и педагога К.М.Завадского

В 1960-х годах американский историк биологии Марк Адамс приехал в Санкт-Петербург, чтобы взять интервью у К.М.Завадского. Во время их дискуссии Завадский спросил: «Вы знаете Эрнста Майра?»

Адамс: «Да, очень хорошо».

Завадский: «Он марксист?».

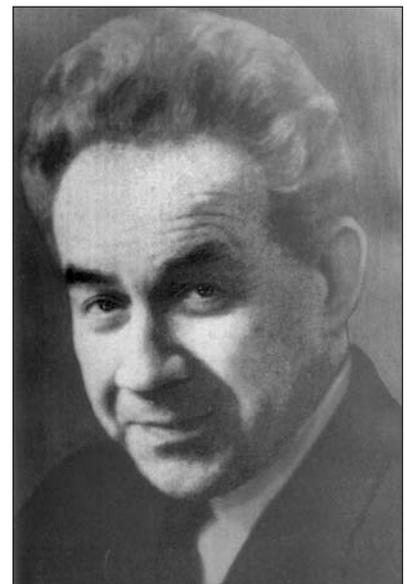
Адамс: «Нет, насколько я знаю».

Завадский: «Это очень удивительно, поскольку его труды — чистый диалектический материализм».

Я был озадачен замечанием Завадского: какие же из моих идей или концепций он счел близкими диалектическому ма-

териализму? Я размышлял об этом на протяжении 30 лет и, думаю, частично приблизился к ответу. В этом мне помогли многочисленные публикации, в том числе Ф.Энгельса [1] и других теоретиков марксизма, а также Р.Левина и Р.Левонтина [2] и Л.Грэхема [3, 4]. Неожиданно для себя я открыл, что по крайней мере шесть моих идей в той или иной мере разделяются большинством диалектических материалистов, но об этом чуть позже.

Чтобы понять диалектический материализм, обратимся к его истории. Это теоретическое учение было развито Энгельсом и Марксом, но в большей степени Энгельсом, который воспринял гегелевский



К.М.Завадский (1910—1977).

© Майр Э., 2004

подход к истории, но отказался от гегелевского эссенциализма и физикализма. Действительно, Энгельс утверждал это вполне определенно, когда говорил: «Мы постигаем идеи нашими головами вполне материалистично — как отражение реальных вещей, а не воспринимаем реальные вещи как отражение идеи или как определенную стадию развития абсолютной идеи» [1]. Несмотря на исторический подход, Гегель строго следовал картезианцам (физикалистам), от чего отказались Маркс и Энгельс. Они, видимо, и сами до конца не понимали, насколько эволюционной была их теория, пока не прочитали «Происхождение видов» Ч. Дарвина. В связи с этим Маркс восторженно написал в письме Энгельсу: «...книга содержит естественноисторическое обоснование нашей точки зрения». Этот строго эмпирический подход произвел огромное впечатление на Энгельса. Он критиковал Гегеля за его объяснения законов диалектики, считая ошибкой утверждение, что они навязаны природе и истории законами мышления, а не выводятся из них. Кстати, Грэхем обратил мое внимание на то, что Энгельс никогда не использовал словосочетание «диалектический материализм», предпочитая называть его «современным» или «новым».

В то время, когда Энгельс и Маркс выстраивали свою теорию диалектического материализма, доминирующим учением в философии было неприемлемое для них картезианство. Следовательно, им было необходимо развивать теорию, которая базировалась бы частично на их собственных размышлениях, частично на аналогичных размышлениях современных естествоиспытателей.

Дарвин традиционнo цитируется как источник эволюционных суждений, которые хорошо отражены, например, в работах Дж. Аллена [5, 6]. Однако такие идеи были широко распространены среди ученых-естест-

венников еще в начале XIX в. За последние 200 лет можно выделить две группы биологов. В одну из них входят экспериментаторы, стремящиеся сделать биологию столь же точной наукой, как физика, приверженцы в большей или меньшей степени картезианства. В другую — натуралисты, которые понимали исторические и холистические аспекты жизни природы, но зачастую были виталистами [7]. Дарвиновские идеи, которые так привлекали диалектических материалистов, разделяли натуралисты XIX в.

Тщательно исследовав литературу по диалектическому материализму [2, 3, 4, 8 и др.], я столкнулся с длинным списком принципиальных положений, которые с давних пор были мне хорошо знакомы как принципы естественной истории. В качестве примера приведу шесть из них.

1. Вселенная находится в состоянии постоянного развития. Это утверждение, конечно, было аксиомой для любого натуралиста со времен Дарвина, но как общая идея оно существовало еще во времена Бюффона.

2. Неизбежно все явления в живой и неживой природе имеют историческую составляющую.

3. Типологическое мышление (эссенциализм) не готово воспринимать изменчивость всех явлений природы, включая часто встречающиеся случаи их внутренней неоднородности и широко распространенный феномен гетерогенности.

4. Все процессы и явления, включая компоненты природной системы, внутренне связаны и проявляются во многих ситуациях как единое целое. Такой холизм или органицизм поддерживался натуралистами с середины XIX в.

5. Следовательно, редукционизм — вводящий в заблуждение подход, поскольку с его помощью нельзя представить упорядоченное единство взаимодействующих явлений, в особенности частей более крупных сис-

тем. Понимая это, я на протяжении многих лет обращал внимание на широкую распространенность эпистатических взаимодействий генов и целостность генотипа.

Диалектический материализм подчеркивает существование разных иерархических уровней структуры, в каждом из которых может работать свой набор диалектических процессов.

6. Важность качественного подхода, незаменимого, в частности, при рассмотрении явлений уникальных, единственных в своем роде.

Неизвестно, какие из перечисленных принципов (возможно, большинство) возникли независимо от естественной истории и диалектического материализма. Так или иначе, нетрудно показать, что восприятие многих из них научным миром восходит к XIX в. И весьма вероятно, что именно они оказали влияние на развитие идей диалектического материализма.

Тот факт, что принципы диалектического материализма и направление мыслей натуралистов имеют много общего, не несет в себе чего-то нового. Несколько авторов, в том числе Аллен [5, 6], указывали на это обстоятельство. По словам Аллена, «Процесс естественного отбора есть диалектический процесс, который мы обнаруживаем в природе». Этот автор полагает, что диалектическое видение было утеряно естествоиспытателями между 1890—1950 гг. Правда, Аллен детально проанализировал лишь пути развития экспериментальной генетики, в отношении которой его вывод действительно справедлив. Что касается замечания Завадского о моих диалектических взглядах, то оно сделано главным образом в ответ на мою книгу, опубликованную в 1942 г. Но в тот период и другие эволюционисты выступали с тех же диалектических позиций.

По мнению Аллена, в «холистический материализм» естест-

венников не укладываются два важных диалектических принципа. Первый — «представление о том, что внутреннее изменение в системе есть естественный результат взаимодействий противостоящих сил или тенденций внутри самой системы». На самом же деле литература, посвященная проблемам эволюции, поведения и экологии, насыщена дискуссиями о такого рода взаимодействиях. Конкуренция — типичный пример, как и другие формы борьбы за существование. То же можно сказать о коэволюции, где идет своего рода «гонка вооружений». Вновь и вновь ученые приходят к мнению, что каждый фенотип — компромисс между противоположно направленными давлениями отбора. Системы территориального поведения и социальные иерархии также построены на столкновениях противоборствующих тенденций.

Не удается мне найти никаких подтверждений и второму, по мнению Аллена, несовпадению взглядов естественников с диалектическим материализмом, касающемуся тезиса «количественные изменения приводят к качественным». Во всех примерах, приводимых Алленом, изменения, количественные в его трактовке, уже оказываются качественными. Хромосомная инверсия — качественное изменение, которое, подобно любой другой мутации, ведет к становлению нового изолирующего механизма. Иными словами, я не смог найти у естественников — холистически мыслящих натуралистов — ни одной идеи, которая была бы несовместима с доктринами диалектического материализма.

Теперь мы должны задать следующий вопрос: «Существуют ли какие-либо принципы диалектики, которые не разделяют естественники?» Например, поддерживают ли они три известных закона диалектики Энгельса:

– перехода количества в качество и обратно;

– взаимопроникновения противоположностей;

– отрицания отрицания.

Закон отрицания Энгельса называют также принципом противоречия (contradiction). Это слово многозначно и потому может ввести в заблуждение. Вполне очевидно, что противоречивость может быть конструктивной. Очень часто наилучший фенотип есть результат баланса между несколькими противонаправленными давлениями отбора. Дарвинисты постоянно указывают на это обстоятельство.

Будучи переформулированными в современных диалектических понятиях, эти три закона приобретают следующий вид.

Первый закон видится просто как принцип ирредукционизма.

Второй закон можно рассматривать как объяснение того, что энергия имманентно присуща природе, т.е. не привнесена в нее извне (например, Богом).

Третий закон, закон отрицания отрицания, говорит, по сути дела, о непрерывности изменений в природе, где нет ничего постоянного, поскольку каждая сущность постепенно сменяется другой.

Совершенно очевидно, естествоиспытатели должны быть согласны со всем этим.

Поддержал ли бы Энгельс все то, что происходило в мире с согласия марксистов? Случай Лысенко ясно показывает, что Энгельс не сделал бы этого. В действительности лысенковская псевдонаука не имела ничего общего с диалектическим материализмом. То, что он имел столь сильную поддержку правительства, объясняется исключительно политическим влиянием и научным невежеством Сталина и Хрущева. Было бы ошибкой оценивать лысенковские идеи как повод для критики диалектического материализма.

Другой аспект современного марксизма, который я затрудняюсь вывести из диалектического материализма, — неприятие некоторыми ведущими би-

ологами-марксистами адапционистского стиля мышления. Мне кажется, что это неприятие основано на ложном представлении об адаптации как процессе телеологическом. Согласно Левину и Левонтину, «организмы приспосабливаются к изменениям во внешнем мире». Однако эта формулировка не дает адекватного описания самого процесса адаптации. Дело в том, что образующие популяцию особи не в равной степени адаптированы к сиюминутным условиям окружающей среды. Поэтому наилучшие шансы противостоять силам естественного отбора у того, кто адаптирован наиболее оптимально. Это утверждение безусловно не выражает подход картезианства, поскольку Декарт никогда бы не допустил такой степени вариативности внутри популяции. Таким образом, я не вижу здесь какого-то противоречия с принципами диалектического материализма.

Значение самого слова «адаптация», конечно, несколько неопределенно, поскольку его используют для определения и процесса, и его результата. Именно поэтому многие современные эволюционисты говорят, что результат процесса — не адаптация, а адаптированность. В этом процессе нет преднамеренности, нет элемента целеполагания или чего бы то ни было иного, обдуманного активности самого организма. Перед нами попросту констатация ежедневно наблюдаемого процесса элиминации индивидов, которые менее других приспособлены к переменам среды.

Если я правильно понимаю, хотя вполне могу и ошибаться, некоторые марксисты находятся в оппозиции к дарвиновской идее уникальности индивидов. Среди них нет двух абсолютно идентичных — с одинаковыми генотипами, с одними и теми же наклонностями и пристрастиями. Такой взгляд есть естественное и неизбежное следствие отказа от идей эссенциализма.

Именно такая неоднородность популяции и делает возможным естественный отбор.

По странному недоразумению, многие марксисты (в том числе, по-видимому, Левин и Левонтин) считают указанные трактовки несовместимыми с принципом равенства индивидов. Я придерживаюсь иного мнения и считаю, что генетическая уникальность и гражданское равенство — две совершенно разные вещи. Дж.Б.С.Холдэйн [9], который пришел к тому же заключению, формулировал свою позицию следующим образом. Чтобы добиться равенства, необходимо каждому из индивидумов, имеющих очень разные способности, предоставить широкий спектр разнообразных возможностей. Холдэйн ясно понимал, что разнородность человеческого общества не противоречит основам диалектического материализма. Ведь и сам Энгельс постоянно подчеркивал вездесущность гетерогенности.

Было бы разумно утверждать, что диалектический материализм при противостоянии картезианству, редукционизму, эссенциализму и другим направлениям физикалистского мышления никак не сдерживает развития биологической мысли. В тех же случаях, когда кажется, что это происходит, мы в действительности имеем дело с некорректными интерпретациями тех или иных принципов диалектического материализма.

Повторю еще раз то, что так поразило в свое время Завадского, — идеи натуралистов и диалектических материалистов удивительно схожи. Так называемый диалектический взгляд на мир в целом совпадает с пониманием природы естествоиспытателями, чего нельзя сказать о физикалистах. Натуралисты всегда были противниками редукционизма и прочих физикалистских интерпретаций картезианства. Я бы не удивился, узнав, что Энгельс приобрел свой взгляд на мир отчасти в резуль-

тате чтения трудов Дарвина и других натуралистов.

Для Энгельса и Маркса диалектический материализм был общей философией природы. Этот взгляд был выработан в результате изначального отказа от идей физикализма и картезианства. Но можно ли считать философией науки лишь то, что выработано интеллектом человека в области биологии? С моей точки зрения (которую я подробно изложил в книге «This is Biology»), необходимо развивать принципы и подходы различных дисциплин, включая и физику, чтобы в конечном счете создать всеобъемлющую Философию Природы, которая будет одинаково справедлива для всех наук [7].

Я глубоко признателен профессору Л.Грэхему за полезные замечания, улучшившие первоначальный вариант этой статьи.

Перевод О.И.Шутовой

Литература

1. *Engels F.* The Dialectics of Nature. 1888.
2. *Levins R., Lewontin R.C.* The Dialectical Biologist. Cambridge, 1985.
3. *Grabam L.* Science and Philosophy in the Soviet Union. N.Y., 1972.
4. *Grabam L.* Science in Russia and the Soviet Union: A Short History. Cambridge, 1993.
5. *Allen G.* The Several Faces of Darwin: Materialism in Nineteenth and Twentieth Century Evolutionary Theory // Evolution from Molecules to Man. Cambridge, 1983. P.81—103.
6. *Allen G.* History as science and science as history // Evolution and History. N.Y., 1989.
7. *Mayr E.* This is Biology. Cambridge, 1997.
8. Reader in Marxist Philosophy. N.Y., 1963.
9. *Haldane J.B.S.* Human Evolution: Past and Future // Genetics, Paleontology and Evolution. Princeton, 1949. P.405—418.

Э.Майр—Н.Н.Воронцов

Н.Н.Воронцов (1934—2000), известный зоолог, эволюционист и историк науки, был, вероятно, одним из самых близких отечественных корреспондентов Э.Майра. Очевидно, что интересы этих двух натуралистов, переписка которых продолжалась почти 30 лет, во многом совпадали. Она началась в 1972 г., после приезда Майра в Москву, хотя личное знакомство состоялось только в конце 80-х годов, когда Воронцов впервые смог выехать за рубеж. Одной из главных тем, обсуждаемых и в редких личных беседах, и в письмах, была эволюция.

24 мая 1983

Дорогой профессор Воронцов,
спасибо Вам за Ваши различные почтовые послания. Я восхищен тем, что в СССР сохраняется такой живой интерес к эволюционным проблемам.

Не могли бы Вы подсказать мне, публиковался ли когда-нибудь перевод статьи Четверикова* 1905 г. (Волны жизни) на английском или немецком языках? Вероятно, Вы слышали от Тимофеева-Ресовского**, что у меня были сходные идеи, совершенно независимо от Четверикова, но, не видя его статьи, не знаю, насколько они совпадают. Поскольку это довольно короткая статья (5 страниц?), Вам, вероятно, стоит ее перевести, чтобы сделать идеи Четверикова более широко известными. Мне думается, что он был пионером в этой области, так же как и во многих других.

* С.С.Четвериков (1880—1959) — советский биолог, основоположник популяционной генетики.

** Н.В.Тимофеев-Ресовский (1900—1981) — советский генетик, радиобиолог, биофизик, заложивший фундамент учения о микроразнообразии.

10 сентября 1983

Дорогой профессор Майр,
чувствую себя виноватым, что заставил ждать ответа на Ваше письмо от 24 мая 1983 г.; я только 2 дня назад вернулся из длительной экспедиции в горы и пустыни Советской Центральной Азии и Казахстана. Ваш интерес к статье Четверикова «Волны жизни» — приятная новость для меня. К сожалению, в данный момент у меня ее нет. В ближайшие дни я надеюсь получить ксерокопию оригинального издания и думаю послать Вам также новую книгу эволюционных работ Четверикова, опубликованных в 1983 г. в Новосибирске проф. Зоей Софроньевной Никоро (она воз-

главляла кафедрой генетики в Горьковском университете до Четверикова и пригласила его в 1935 г. на свое место, а сама осталась на кафедре как приват-доцент до 1948 г.).

Посылаю Вам в отдельном конверте мою монографию «Низшие хомякообразные (Cricetidae) мировой фауны. Т.1. Морфология и экология», опубликованную на русском в Ленинграде (1982) как отдельный том в серии «Фауна СССР». Я понимаю Ваши лингвистические трудности, но надеюсь, что рисунки, которых в книге много, помогут разобраться, если Вам интересны пути дивергенции этого крупнейшего семейства млекопитающих. Закончил предварительную версию следующей части этой книги — «Генетика, зоогеография и эволюция» и надеюсь выслать Вам ее в следующем году.

В двух других отдельных конвертах посылаю Вам шесть книг трудов 14-го Международного генетического конгресса*, опубликованные на английском в Москве (1980—1981). К сожалению, у меня нет экземпляра избранных статей этого конгресса <...>.

В мае 1983 г. был организован в Ереване мемориальный симпозиум. Его труды надеюсь послать Вам в следующем году.

Сердечно Ваш Н.Воронцов

P.S. У нас есть очень интересные данные о широкой хромосомной вариабельности у млекопитающих в сейсмически активных зонах. Я и Е.А.Ляпунова сейчас готовим статью об этой проблеме (10 стр., 8 рисунков и карт). Не могли бы Вы сказать о возможности ее публикации в каком-нибудь междисциплинарном журнале, например в «Proc. Nat. Acad. Sci.» или «Science»?

Н.В.

* 14-й Международный генетический конгресс проходил в Москве в 1978 г.

Встреча с Н.Н.Воронцовым
в Кембридже (США). 1990 г.



23 декабря 1983

Дорогой профессор Воронцов,

Ваша посылка с материалами 14-го Международного генетического конгресса <...> оказалась настоящим рождественским подарком. Какой богатый урожай важных генетических исследований. Я уже начал изучать некоторые статьи. В то же самое время я получил Вашу впечатляющую монографию по *Cricetidae*. До этого я не представлял, насколько богато это семейство, хотя оно очень важно в Новом Свете (предполагаю, более, чем в Евразии). Том содержит грандиозное количество информации как по морфологии (во всех ее аспектах), так и по сопряженным адаптациям.

После Рождества вышлю Вам копию моей книги «*The Growth of Biological Thought*» («Развитие биологической мысли»). Немецкое издание сейчас готовится к публикации и, возможно, выйдет этой весной или в начале лета. Профессор Гаузе* просил у меня копию рецензии прошлым летом, но я еще не видел никаких рецензий. Мне было бы очень интересно узнать, появились ли они.

Еще раз, большое спасибо за Вашу щедрую поставку литературы, и наилучшие пожелания в Новом году.

* Г.Ф.Гаузе (1910—1986) — советский микробиолог, эволюционист; еще студентом изучал конкурентные взаимоотношения между видами; сформулировал принцип конкурентного исключения, который получил в мировой литературе название «правило Гаузе».

2 февраля 1984

Дорогой профессор Воронцов,

я очень благодарен Вам за присланный перевод статьи Четверикова о волнах жизни. Феномен значительных флуктуаций численности большинства видов животных, конечно же, давно был известен натуралистам, но никто до Четверикова не показал, насколько это важно.

Основная причина моей заинтересованности этим вопросом в том, что почти 60 лет я занимался внезапной экспансией ареала некоторых видов. Этот интерес я разделял с Тимофеевым-Ресовским. Мы оба чувствовали здесь связь с феноменом «волн жизни» и существование внезапного массивованного наращивания популяции у видов. Возможно, это стимулирует распространение, и в соответствующих условиях такое распространение будет вести к экспансии вида.

Москва, 21 января 1985 г.

Дорогой профессор Майр,

благодарю Вас за посылку от 2 января 1985 г. и за Вашу фотографию и добрую надпись на ее обратной стороне.

Большое спасибо за Вашу книгу «*The Growth of Biological Thought*». Читать ее начал сразу после

получения, но мой английский не слишком хорош (как Вы, наверное, заметили), а Ваша книга столь монументальна.

В сентябре 1984 г. был в Закавказье, в Армении, где изучал Вашу книгу и начал писать ее большой обзор. Закончил рукопись (12 страниц) только в первую неделю нового года и представил эту рецензию в «Журнал общей биологии».

Рецензия Г.Ф.Гаузе и Р.А.Карпинской на Вашу книгу вышла в советском журнале «Вопросы философии» (1984, №2).

Я рекомендовал Вашу книгу нашему издательству «Мир» для перевода на русский. Идею приняли положительно. Ваше имя в нашей стране хорошо известно. Главный вопрос — время публикации. Я получил эту книгу в 1984 г., но издана она в 1982 г. Издатели не понимают, что проблемы эволюции — в противоположность методам и экспериментам молекулярной биологии — долго существующие проблемы. Издательство просило меня информировать Вас о двух возможностях перевода Вашей книги: если эта книга будет издана как второе издание; если Вы напишете короткое вступление к тексту.

Будьте добры, сообщите мне, какой из вариантов для Вас предпочтительней.

В отдельном пакете я послал Вам нашу с моей женой Е.А.Ляпуновой статью о хромосомном видообразовании в сейсмически активных районах и новую книгу С.С.Четверикова «Фауна и биология леридоптера» (Новосибирск, 1983), которая содержит таксономические работы Четверикова. Наиболее интересная часть этой книги — приложение, статья Б.Л.Астаурова* «Сергей Сергеевич Четвериков. Его жизнь и деятельность» (с.78—98).

В то время, когда Вы были в Германии на мемориальном симпозиуме А.Вейсмана**, я представил в Московское общество испытателей природы доклад в связи с 150-летним юбилеем Эрнеста Геккеля***. Я послал Вам оттиск моей статьи «Эрнест Геккель и судьба учения Дарвина».

Пожалуйста, примите мои сердечные поздравления с Вашим 80-летием.

Сердечно Ваш

Николай Воронцов

* Б.Л.Астауров (1904—1974) — советский биолог, известный работами в области генетики, цитогенетики и экспериментальной эмбриологии.

** А.Вейсман (1834—1914) — немецкий зоолог и теоретик эволюционной теории.

*** Э.Геккель (1834—1919) — немецкий естествоиспытатель, создатель учения о закономерностях происхождения и эволюции живой природы.

28 февраля 1985 г.

Дорогой Воронцов,

мне чрезвычайно приятно узнать, что Вы сделали большой обзор моей книги, который выйдет

в «Журнале общей биологии». Мне хотелось бы иметь оттиск, который я смогу перевести, а также копию обзора Гаузе, который он не прислал мне.

Четыре из моих предыдущих книг переведены на русский. Я был бы рад, если бы «The Growth of Biological Thought» также вышла на русском. Это не временная сводка, и здесь не будет следующего издания. Это своего рода фундаментальный труд, который не требует доработок. Издательство Гарвардского университета, в дополнение к оригинальному тексту, уже опубликовало три идентичных с правкой некоторых опечаток. Сейчас (весна 1985) Гарвард публикует этот текст как новое издание, однако без каких бы то ни было изменений. Немецкое издание, вышедшее в 1984 г., и итальянское (сейчас в печати) также основаны на идентичном тексте. Ведутся переговоры об испанском и французском изданиях, и это тоже будет неизменный исходный текст. Мне нет смысла писать введение, которое «делало бы эту книгу современной».

Моя статья, посвященная Вейсману, сейчас в печати в Германии (на немецком), но она будет опубликована позже в этой стране. В «Naturwissenschaften» на немецком выходит моя статья о естественном отборе, не знаю, читаете ли Вы по-немецки?

С лучшими пожеланиями
сердечно Ваш Эрнст Майр

4 ноября 1985 г.

Дорогой профессор Майр,

<...> Хочу информировать Вас о ситуации с русским изданием «The Growth of Biological Thought». Я сообщил издательству «Мир» о втором издании Вашей книги (Гарвард, 1985) и получил предварительный позитивный ответ о возможности перевода. <...> Проблема в следующем. «Мир» может ежегодно переводить в России около 15—17 книг в области биологии, объемом около 200—250 страниц каждая. Это общее количество должно делиться между Англией, Францией, Германией, Испанией и т.д. Обычно по биологии с английского на русский переводится не больше 9—10 книг «среднего размера». Издательство предпочитает первое издание книг (мы перевели с англ. Айяла и Кайгера* «Современная генетика»). Специалисты в области молекулярной биологии очень активны, может быть, более активны, чем мы, эволюционные биологи. Перевод Вашей книги равен по размеру переводу 3—4 стандартных книг. Но я энтузиаст, и надеюсь увидеть русский перевод**. <...>

Хочу сердечно поздравить Вас с присуждением одной из наиболее почетных научных премий — Большановской. Очень рад этой новости. Интересно, что советский математик А.Н. Колмогоров, также лауреат этой премии, был тесно

связан с теоретиками популяционной генетики Д.Д. Ромашовым и Н.П. Дубининым: был консультантом их классической статьи по «генетической структуре видов» и о «генетико-автоматических (=стохастических) процессах». Я получил в прошлом году скромную премию А.Н. Северцова от Академии наук СССР за исследования проблем неравномерности темпов эволюции.

Помимо традиционной работы в териологии, цитотаксономии и т.д. закончил в последнее время три статьи: Д.Г. Симпсон и его вклад в развитие териологии и теорию эволюции; Адаптивность и нейтральность в эволюции; Постепенное или внезапное видообразование: «или-или» или «и-и». К сожалению, все они будут напечатаны по-русски.

С лучшими пожеланиями
Сердечно Ваш Николай Н. Воронцов

* Ф. Айял и Дж. Кайгер — американские генетики.

** Эта книга не была переведена на русский язык.

24 сентября 1986 г.

Дорогой Воронцов,
просматривая свою старую корреспонденцию, я обнаружил, что так и не поблагодарил Вас за рождественские поздравления и не ответил на Ваше сообщение о готовящемся Международном конгрессе по философии методологии и логики науки. Такой конгресс, конечно, интересен для меня, но мне теперь 82, и длительные путешествия не слишком хороши для моего здоровья. Я сократил их до минимума и не смогу посетить Москву. Не с очень большим удовольствием жду приближающейся зимы.

Сейчас занят составлением тома «Эволюция и философия», куда войдут мои статьи, опубликованные в течение последних 10 лет, а также три новые. Надеюсь, у Вас все хорошо.

С лучшими пожеланиями
Ваш Эрнст Майр

Р. С. Я надеюсь, что русский перевод моей «The Growth of Biol.» налаживается.

Москва. 16 января. 1989 г.

Дорогой профессор Майр,
готовлю к публикации в издательстве «Наука» (Москва) книгу с воспоминаниями о жизни и научной деятельности моего дорогого учителя, соавтора и друга Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского. Она выйдет в серии «Ученые в СССР: воспоминания, факты, документы». Был бы весьма рад, если бы Вы написали воспоминания и (по возможности) прислали копии фотографий не только самого Н.В.Т.-Р., но и свои, того времени, когда Вы с ним встречались, и других людей, института, музея (например, Берлинского <...> и т.д.) или научные встречи. Я надеюсь

опубликовать статьи иностранных авторов на двух языках: английском и русском (или немецком). Все расходы по переводу статей мы берем на себя. Мы также планируем дать приложение с короткими заметками об авторах и укажем, в какое время они были связаны с Н.В.Т.-Р. В Вашей публикации в «*Evolutionary Synthesis*» Вы пишете, что имели только короткий контакт с Н.В.Т.-Р. в германский период. Может быть, Вы можете написать коротко о идеологических контактах с ним в период, когда Вы работали над эволюционным синтезом.

В следующем месяце «*Doubleday Publ. House*» (Нью-Йорк) публикует английское издание книги Даниила Гранина «Зубр» <...> Это беллетристическая история жизни Н.В.Т.-Р. Введение для американского издания написано Марком Адамсом.

Надеюсь быть в США в конце марта — апреле этого года в течение 25 дней как гость проф. Роберта С.Гоффмана из Смитсоновского института. Я остановлюсь в гостинице при Университете Нью-Йорк (Story Brook); 29 марта в департаменте экологии и эволюции прочту лекцию о генетическом видообразовании и 13 апреля в Пенсильванском университете (Dept. of History and Sociology of Science) лекцию о жизни и научной деятельности Н.В.Тимофеева-Ресовского. Был бы очень рад получить приглашение для короткого визита в Гарвардский университет, чтобы встретиться с Вами, проф. Левонтином, проф. С.Гулдом и другими эволюционными биологами.

С лучшими пожеланиями
сердечно Ваш Н.Воронцов

21 февраля 1989 г.

Дорогой проф. Воронцов,
я был рад прочесть в Вашем письме от 16 января, что Вы собираетесь быть здесь этой весной. С тех пор, как я на пенсии (17 лет), уже не могу организовать Ваши лекции, но немедленно напишу проф. Гулду и Левонтину, и уверен, Вы

скоро получите официальное приглашение. Я буду в Кэмбридже с 20 марта по 17 апреля и мне было бы очень приятно поговорить с Вами.

Поскольку мои воспоминания о Тимофееве сохранились, я бы хотел включить короткое изложение*. Хотя мои контакты с ним были довольно краткими, но и этого достаточно, чтобы я им восхищался, и особенно его работами, представляющими точку зрения на эволюцию, которая очень совпадала с моей. Не сомневаюсь, что Вы знаете о публикации интервью Марка Адамса с Тимофеевым, где он описывает впечатление, которое я на него произвел, и сравнивает меня с Добржанским. Это может быть Вам интересно.

Очень надеюсь увидеть Вас скоро
сердечно Ваш Эрнст Майр

* Воспоминания Э.Майра были опубликованы в книге «Н.В.Тимофеев-Ресовский. Очерки, воспоминания, материалы». Ред. Н.Н.Воронцов. «Наука», 1993.

18 апреля 1994 г.

Дорогой Николай,

Я весьма польщен моим избранием в Российскую академию наук и думаю, что во многом благодаря Вам.

Как Вы знаете, мои связи с Россией всегда были очень тесными. Не только потому, что многие мои книги были переведены в России, но у меня здесь много друзей и очень давних <...>

Пользуясь случаем, с большим удовольствием поздравляю Вас с избранием иностранным членом в Академию «*Arts and Sciences*» в Кембридже. После Американского философского общества это старейшая академия в Соединенных Штатах. Я очень рад, что Вы удостоились этой чести.

Сердечно Ваш Эрнст Майр ■

Переписка велась на английском языке. Сокращенный перевод писем Е.А.Ляпуновой.

Новости науки

Космология

Далекие сверхновые и «темная энергия»

Недавно было твердо установлено, что невидимая для нас «темная энергия» составляет около 70% плотности Вселенной. Известно о ней крайне мало; в частности, неясно, какие именно частицы ее образуют. Несколько проясняет ситуацию работа сотрудников Института космического телескопа в Балтиморе (штат Мэриленд) во главе с астрономом А.Риссом (A.Riess), изучавших характер шести из семи наиболее удаленных от нас сверхновых звезд класса Ia. Светимость этих звезд в максимуме вспышки считается одинаковой, поэтому они могут служить эталоном для определения расстояния до далеких галактик. Цвет излучения говорит о скорости их удаления от Млечного Пути. Видимо, по этим характеристикам можно установить скорость расширения Вселенной в различные периоды ее существования, насчитывающего около 13.7 млрд лет, выяснить роль отталкивающих сил «темной энергии» и понять, какая из предлагаемых ныне моделей наилучшим образом описывает процессы расширения Вселенной.

Наблюдения, выполненные группой Рисса с помощью космического телескопа «Хаббл», позволили утверждать, что космологическая константа, описывающая «темную энергию», действительно постоянна. Исследователи осторожно заявляют: «Даже если она изменяется со временем, то отнюдь не быстро». Не менее важно, что Рисс с коллегами установили

момент, наступивший около 5 млрд лет назад, когда космологическая константа начала «пожеждать» силы тяготения: по мере того, как скопления галактик все более удалялись друг от друга, гравитационные силы играли все меньшую роль в движении Вселенной, а «темная энергия» стала преобладать — эффект тяготения, замедляющий разбегание галактик, уступил ведущую роль воздействию «темной энергии».

Подтверждения этих выводов следует ожидать от новых данных с телескопа «Хаббл» и от создаваемых ныне его «преемников».

Science. 2004. V.303. №5662. P.1271 (США).

Астрофизика

«Металлургия» во Вселенной

С искусственного спутника Земли «Chandra», приборы которого фиксируют рентгеновское излучение, поступили интересные данные: мощные столкновения галактик, входящих в состав супергалактики Антенна, порождают гигантские сгустки, обогащенные металлами — железом, магнием, кремнием, раскаленными до миллионов градусов. Катастрофа сопровождается множеством взрывов, захватывающих огромное число сверхновых звезд, в недрах которых и образуются эти элементы.

В отдельных областях такой вселенской «кузницы» относительная концентрация магния и кремния раз в 20, если не больше, превышает существующую на Солнце. По мнению Дж.Фаббиано (G.Fabbiano; Гарвардско-Смитсоновский астрофизический центр

в Кембридже), подобные столкновения могут приводить к появлению не только галактических «солнц», но и миллиардов каменных планет, которых мы пока еще не видим.

Science. 2004. V.304. №5657. P.461 (США).

Астрономия

Что расскажет комета Вилда-2?

В первых числах января 2004 г. космический аппарат «Stardust» («Звездная пыль»), запущенный НАСА США, благополучно прошел сквозь облако газов и пыли, окружающее комету Вилда-2. Впервые в глубоком космосе были взяты пробы из хвоста и головы кометы. На январь 2006 г. намечено сближение «Stardust» с Землей и сброс капсулы с этими образцами. Общее количество частиц в пробах может достигать 500 при размерах от 0.1 до 15 мкм.

Ранее специалисты располагали лишь изображениями комет Борелли и Галлея (правда, сделанными с близких расстояний). В отличие от них комета Вилда-2, ядро которой в поперечнике достигает примерно 5 км, почти все время своего существования (несколько миллиардов лет) провела во внешней части Солнечной системы. Благодаря низкой температуре и редкости столкновений существенная часть поверхности кометы сохранилась в более или менее первоначальном виде и составе, что делает ее ценным объектом исследований. Кометы же Галлея и Борелли неоднократно оказывались внутри орбиты Марса, где подвергались разнообразным физическим и химическим воздействиям, искажившим их

природный состав, каким он был 4.5 млрд лет назад.

Попадая во внутреннюю часть Солнечной системы, комета теряет в ходе испарения значительную (если не всю) снежно-ледяную оболочку и, возможно, содержащий органику внешний покров. Этого не должно было произойти с кометой Вилда-2.

По мнению кометолога Д.Бритта (D.Britt; Университет Центральной Флориды в Орландо, США), Вилда-2 сформировалась в холодных условиях пояса Койпера — за орбитой Нептуна, но в 1974 г. сблизилась с Юпитером и под воздействием его тяготения перешла на новую орбиту, ближе к Марсу, где температуры существенно выше. За короткий период до встречи с аппаратом «Stardust» (всего 30 лет) поверхность кометы значительно измениться не могла; сублимация и эрозия успели лишь слегка ее затронуть.

Уже самые первые космические наблюдения этого небесного тела вызвали оживленную дискуссию. Так, руководитель операции «Stardust» Д.Браунли (D.Brownlee) и его коллеги сочли, что углубления на поверхности кометы вызваны процессами сублимации, а упомянутый выше геолог Бритт считает их кратерами, возникшими при столкновении с другими телами; на это указывает топография, изобилующая не только ямами, но и холмами. Учитывая очевидную древность поверхности и довольно правильную шарообразную форму ядра кометы, Бритт полагает, что она образовалась непосредственно из пыли и газа, входивших в состав досолнечного диска, а не откололась когда-то от более крупного тела в результате мощного столкновения. Именно такую комету специалисты давно мечтали изучить.

Космохимики рассчитывают получить данные, характеризующие межзвездную пыль и газы, которые входили, вероятно, в состав еще досолнечной туманности, а также пыль из областей, окружающих красные гиганты и сверхновые — космические материалы такого происхождения аппарат

«Stardust» начал собирать еще до подхода к комете Вилда-2, находясь в открытом космосе.

Science. 2004. V.303. №5655. P.151 (США).

Планетология

Представления о Марсе уточняются

Обработка информации, представленной аппаратами «Mars Odyssey» и «Mars Global Surveyor», не только обогащает знания о Красной планете, но и рождает загадки. В частности, изображения поверхности Марса, полученные с высоким разрешением, и спектры ее излучения в разных частотах позволяют по-новому взглянуть на геологию этого небесного тела.

С 1960-х годов считалось установленным, что содержащийся в атмосфере Марса диоксид углерода начинает поздней осенью, когда Солнце исчезает за горизонтом, конденсироваться и выпадать на поверхность в высоких широтах, оставаясь там в виде инея (изморози) до начала весны, когда Солнце восходит вновь. Однако американские планетологи М.Зубер и Д.Смит (M.Zuber, D.Smith; Массачусетский технологический институт в Кембридже) теперь уточняют по наблюдениям в инфракрасной области спектра, что конденсация инея, усиливающая яркость поверхности, происходит в конце лета, еще задолго до полярной ночи.

Есть предположение, что CO₂ конденсируется летом лишь в длительно затененных областях. Возможно также, что из атмосферы конденсируется вовсе не CO₂, а водяной лед, требующий для вымерзания не столь низких температур. Но влага в воздушном пространстве Марса присутствует лишь в очень малых количествах. В связи с этим одна из важнейших задач — определить массу CO₂, участвующую каждый сезон в обмене между атмосферой и поверхностью полярных районов. Полученная величина станет определяющей для моделирования прошлого и нынешнего поведения марсианской атмо-

сферы. Для этого одни американские исследователи предлагают измерять потоки нейтронов, а другие — потоки γ-лучей от поверхности Марса, а также определять энергетический баланс тепловой энергии методом спектрометрии. Видимо, в этих целях можно применять прямые измерения глубины снегового покрова с орбитальных спутников на основе альтиметрии.

До сих пор неясно, колеблется ли отношение поверхностного и атмосферного CO₂ на Марсе год от года. Ответ на этот вопрос уточнит представление о климатических изменениях на Красной планете. Американский планетолог М.Малин (M.Malin) и его коллеги на основании ранее имевшихся изображений предполагали, что резервуаром CO₂ служат его скопления в сухом виде, хранящиеся в поверхностных углублениях и на плоских вершинах холмов. Но к тому времени климатические изменения наблюдались лишь в течение одного марсианского года, а для уверенных утверждений нужна информация как минимум за десятилетие.

Еще одна загадка — сам характер конденсации летучих веществ. По некоторым данным можно предполагать, что CO₂ конденсируется из атмосферы как в виде снега и сухого льда, так и в виде изморози (инея), ложающейся на поверхность. Но их количественные соотношения неизвестны. Недаром отдельные участки поверхности в высокоширотных районах Южного полушария Марса официально именуются загадочными местностями. Не исключено, что там присутствуют крупные пласты почти прозрачного сухого льда. По модели геофизика Х.Киффера (H.Kieffer), разогрев пылевых частиц, включенных в массу льда, приводит к их погружению. Пыль образует темный субстрат, подстилающий ледяной пласт. Через «вентилирующие» промоины газобразный CO₂ вырывается наружу, порождая загадочные «собачьи пятна», пятна с ореолами и зазубренные трещины во льду.

Картина усложняется, если допустить присутствие воды. По мне-

нию Дж. Лонги (J. Longhi; Обсерватория им. Ламонта и Доэрти по изучению Земли), фазовое равновесие смеси CO₂ с водой может объяснить многие необычные черты поверхности Марса. Вычисления показывают, что в периоды, когда наклон оси вращения планеты невелик, преимущественное таяние ледяного CO₂ и слоев клатратов приводит к сокращению скоплений жидкого CO₂ в коре планеты. Такие скопления могут взрывообразно разрушаться при любом соприкосновении с подземной влагой или льдом.

Science. 2003. V.302. №5651. P.1694 (США).

Физика

Сверхминиатюрная вакуумная камера

Получить вакуум выше 10⁻¹¹ Торр — задача не из простых, а доказать, что давление в камере ниже 10⁻¹² Торр, и вовсе невозможно: для таких величин не существует аттестованных средств измерения.

Недавно нанотехнологи из Стэнфордского университета научились создавать абсолютный вакуум, правда, в крошечных объемах. Исследователи синтезировали многослойные нанотрубки из нитрида бора, а затем помещали их в откачанную кварцевую ампулу вместе с кусочком чистого КСl и в течение 3 ч прогревали при 740°C. Изучив после этого нанотрубки (их внутренний диаметр 23 Å) с помощью электронного микроскопа с высоким разрешением, обнаружили, что у них внутри сформировались кристаллики КСl длиной 70—150 Å. Под действием электронного пучка микроскопа нанокристаллы легко скользили по нанотрубкам, иногда при этом раскалываясь. Осколки (они могли двигаться независимо друг от друга) раздвигали на 20—30 Å, и тогда в этом пространстве образовывалась сверхминиатюрная вакуумная камера — цилиндрический нанообъем (~13 нм³), стенки которого сложены из атомарно гладкого нитрида бора, а торцевые

ми заглушками служили атомарно гладкие поверхности скола КСl. При температуре 300 К внутри этой нанокмеры не было ни одного «постороннего» атома!

Applied Physics Letters. 2004. V.84. P.2644; http://perst.issph.kiae.ru/inform/perst/4_07/index.htm

Химия. Экология

Молекулярные губки из нанотрубок

Известна уникальная способность одностенных углеродных нанотрубок улавливать некоторые вредные вещества¹. Ученые из США обнаружили новый эффект — впитывание трубками молекул газообразных соединений.

В эксперименте полученные по лазерной технологии нанотрубки (36 мг) осаждали из суспензии в диметилформамиде на графитизированную золотую пластинку площадью 1.3 см² (толщина поверхностного слоя графита 3—5 нм). Для открытия внутренней области трубок и удаления продуктов окисления пластинку прогревали в вакууме до 1073 К, так же поступали и с контрольным, без нанотрубок, образцом. На пластинки направляли поток газообразного CCl₄ (8.7·10¹² молекул Торр⁻¹·см⁻²·с⁻¹) при 97 К, затем нагревали их со скоростью 2 К/с и с помощью квадрупольного масс-спектрометра изучали кинетику десорбции четыреххлористого углерода.

Проведя 10 экспериментов с разными дозами CCl₄, ученые установили, что при 175 К десорбция происходит только с контрольного образца, а опытный удерживает четыреххлористый углерод. Таким образом, углеродные нанотрубки и содержащие их материалы можно использовать для хранения или улавливания молекул токсичных соединений.

Chemical Physics Letters. 2004. V.383. P.314—316; http://perst.issph.kiae.ru/inform/perst/4_03/index.htm

¹ Углеродные нанотрубки в борьбе с диоксинами // Природа. 2002. № 9. С.82—83; Углеродные нанотрубки удаляют из воды свинец // Там же. 2003. №2. С.82.

Этология

Змею спасает хвост

Хорошо известна способность многих ящериц отбрасывать хвост, чтобы спастись от хищника: ему достается кончик хвоста, ящерица же тем временем убегает, а хвост у нее вырастает заново.

Гораздо менее известно, что аутономия хвоста может происходить у некоторых саламандр и даже... у змей! Так, самопроизвольно отбрасывает хвост обыкновенная подвзочная змея (*Tbammophis sirtalis*). Этот небольшой представитель семейства ужовых обычен в Северной Америке. Живет во влажных местах, питается преимущественно земноводными и служит постоянным модельным объектом в научных исследованиях.

Подвзочная змея совершенно безобидна, но у нее множество врагов — койоты, скунсы, опоссумы, еноты. В качестве одного из эффективных способов спасения она использует аутономию. Будучи схваченной за хвост, змея начинает энергично извиваться, хвост обламывается, и рептилия ускользает. Отломившийся же кончик хвоста судорожно изгибается, причем так резко, что даже подпрыгивает над землей. Конечно, такие движения отвлекают хищника.

Канадский ученый Г.Фитч², наблюдая за мечеными подвзочными змеями в природном заповеднике, который, по совпадению, тоже называется Фитч (Fitch Natural History Reservation), отмечал случаи регенерации хвоста. В общей сложности было обследовано 1338 особей. Оказалось, что аутономия довольно распространена в этой природной популяции, и Фитчу удалось проследить некоторые ее закономерности. Молодые змеи, еще не достигшие года, довольно редко прибегают к такому способу защиты, что, вероятно, связано с их небольшими размерами и скрытностью (доля особей с регенерирующими хвостами в этой группе немногим превышает 2%). Среди взрослых змей аутономия

² Fitch H. // Herpetological Rev. 2003. V.34. №3. P.212—213.

случается существенно чаще — у 13.7% животных, при этом самцы проявляют гораздо меньшую готовность расстаться с хвостом — у них доля потерявших его составляет 10.3% против 16.7% у самок. Последнее может быть связано с тем немаловажным обстоятельством, что в основании хвоста у самцов располагаются копулятивные органы, а сам хвост играет заметную роль при спаривании: поскольку конечностей у змей нет, именно с помощью хвоста самец поглаживает и удерживает самку.

© Семенов Д.В.,
кандидат биологических наук
Москва

Охрана природы

Каланы снова в опасности

Уровень смертности каланов (*Enhydra lutris*), населяющих прибрежные воды Калифорнии, неуклонно растет. Только с января 2003 г. на пляжах было найдено около сотни мертвых животных, а с 1995 г. калифорнийская популяция уменьшилась на 16%.

Калан, или морская выдра (семейство куньих), обитающий на побережьях Тихого океана и славящийся красивым мехом, — к началу XX в. был почти истреблен. С тех пор предпринимались неоднократные попытки изменить ситуацию¹. Запрет промысла, организация заповедников и другие меры привели к тому, что численность морской выдры начала восстанавливаться во всем ее ареале.

Известно, что каланы чувствительны к биогенному загрязнению воды. Нынешний всплеск их смертности, по мнению специалистов, вызван токсоплазмозом: по результатам исследований, он стал причиной гибели более чем 20% животных. Возбудитель этого тяжелого заболевания, по-видимому, попадает в море с фекалиями зараженных опоссумов и домашних кошек.

Terre Sauvage. 2003. №185. P.18 (Франция).

¹ Каланы не хотят переселяться // Природа. 2001. №7. С.83.

Организация науки

Борьба науки с невежеством

В США вопросы образования входят в компетенцию местных властей, а церковь, согласно Конституции, отделена от государства. Однако начиная с 1980-х годов сторонники религиозного просвещения развернули активную кампанию по замене в школьных программах дарвинизма и некоторых современных эволюционных теорий на креационизм (согласно этому учению, мир был сотворен высшим существом около 7 тыс. лет назад). И хотя в 1987 г. Верховный суд США постановил, что креационизм следует считать религией и поэтому нельзя преподавать в школе, антиэволюционное течение в некоторых штатах одерживает верх.

Так, в Джорджии из всех учебных программ вычеркнули само слово «эволюция». Только общественное негодование вынудило власти в начале 2004 г. разрешить учителю излагать дарвинизм, но лишь как один из вариантов объяснения существующего мира. Продолжается полемика вокруг преподавания в школе современных теорий о геологическом возрасте Земли и о процессах тектоники плит.

В Огайо, где атаки креационистов, казалось, были отбиты еще два года назад, в марте 2004 г. учителей обязали включить в школьные программы так называемый «Критический анализ эволюции». В некоторых городах штатов Мичиган и Аризона рекомендовано излагать и дарвинизм, и креационизм с нейтральных позиций, выделяя на изучение обоих направлений одинаковое время. Такое же отношение к проблеме и в Миссури, причем в этом штате несогласных учителей предлагают увольнять. В Алабаме подход мягче: там «всего лишь» нельзя запретить преподавателю ввести в программу креационизм. В Техасе собираются исправить учебники в соответствии с пожеланиями антиэволюционистов.

По статистике, сейчас от 15 до 20% всех школьных учителей США, преподающих биологию в старших классах, излагают библейский взгляд на возникновение жизни.

Science. 2004. V.303. №5662. P.1268 (США).

Организация науки

Создается Иракская академия наук

В декабре 2003 г. в Лондоне, на совещании, в котором приняли участие ученые, эмигрировавшие в период правления Саддама Хусейна, были предприняты первые шаги к созданию новой Национальной академии наук Ирака. Прежняя академия, основанная в 1947 г., была «покорной служанкой режима», занимаясь только тем, что он «заказывал», и достойным образом организована быть не может.

Принятый документ содержит правила, устанавливающие, кого новая академия должна пригласить в свои ряды. Среди них — ученые-атомщики, не запятнавшие себя участием в попытках создать ядерное оружие; доступ закрыт химикам и биологам, работавшим на военный режим. Зато всячески приветствуются представители медицины, биологии, инженерных специальностей.

Главный инициатор создания Национальной академии наук — Хусейн Аль-Шахристани (H.al-Shahristani), химик-ядерщик, проводивший более 10 лет в иракской тюрьме за отказ сотрудничать с властями и бежавший в дни первой войны в Персидском заливе. Задача новой организации — возрождение всех мирных отраслей знания.

Science. 2003. V.302. №5651. P.1644 (США).

Океанология

Испарение вод усиливается

Как известно, 2003 г. — третий по рекордно высоким температурам за время достаточно надежных и широкомасштабных измерений. Дело не только в измене-

нии климата суши — сказываются серьезнейшие нарушения в состоянии Мирового океана.

На конференции Американского геофизического союза (Сан-Франциско, декабрь 2003 г.) были представлены данные измерений почти по всему Атлантическому океану, которые показывают, что в течение вот уже 10 лет там происходят сдвиги в сложившейся системе циркуляции вод; похоже, природная гидрологическая машина расшаталась под воздействием глобального потепления. В результате приток пресной воды в полярные широты Атлантики может изменить климатическую систему региона. Не исключено кажущееся невероятным существенное похолодание крайней северной акватории этого бассейна или же полное таяние плавучих льдов Северного Ледовитого океана.

Эту проблему исследовала группа сотрудников Национального управления по изучению океана и атмосферы США во главе с океанографом С.Левитусом (S.Levitus). Они использовали многократные измерения температуры и солености вод, выполненные за истекший век по всему Мировому океану. Качество и надежность массива данных по Атлантике независимо определила специалист по физической океанографии Р.Карри (R.Curry; Вудсхолский океанографический институт). В работе участвовали также специалисты из Великобритании и Канады.

Исследователи сопоставили физические условия в Атлантике, существовавшие на протяжении двух периодов длительностью по 14 лет (серединой одного был 1962-й, другого — 1992 г.). Обнаружилось, что за 30-летний интервал произошли серьезные изменения: в тропической акватории с глубинами менее 1 тыс. м температура и соленость воды повысились, зато в высоких широтах (как на севере, так и на юге планеты) воды распреснились вплоть до самого дна. Дальнейшие перемены лишь усугубились: тропические воды разогрелись в до-

статочной мере, чтобы за истекшие 40 лет заметно увеличить испарение и, следовательно, повысить их соленость; «дополнительная» же атмосферная влага перемещалась главным образом в сторону полюсов и, выпадая в море, обеспечивала распреснение приполярных вод. Интересно, что, несмотря на сравнительную скудность данных по Тихому океану, там тоже выявлены рост солености в тропиках и распреснение высокоширотных вод. Специалисты полагают, что во всем мире интенсивность процессов испарения и выпадения осадков увеличилась по причине глобального потепления на 5—10%.

Последствия подобной интенсификации должны быть настолько же широко распространены и длительны, как и существование парникового эффекта. Например, увеличение массы пресной воды, поступающей слишком быстро в поверхностные слои на крайнем севере Атлантики, может замедлить доставку туда теплых вод Гольфстримом, обычно смягчающим климатические условия Северной Европы. Подобное явление, происходившее во время последнего оледенения, было почти катастрофическим: в Гренландии температуры упали тогда на 10°C всего за одно десятилетие. В нынешних условиях постепенное распреснение океана, вероятнее всего, к столь трагическим последствиям не приведет. Возросшие массы испарившейся воды несут из тропической зоны колоссальное количество тепловой энергии, что способствует таянию полярных льдов (а также изменению обычного маршрута штормов).

По общему мнению специалистов, необходима более полная информация о метеорологических и океанологических условиях по всему Мировому океану, особенно за ранние периоды времени. Это поможет уяснить вопрос о повторяемости гидрологических циклов в Мировом океане и прогнозировать природные условия в будущем.

Science. 2003. V.303. №5654. P.35 (США).

Перемены в водах океана: колебания или тенденция?

Лишь незначительную часть акваторий Мирового океана удалось серьезно исследовать более одного раза. Тем важнее информация, собранная пятью экспедициями научных судов в одной и той же акватории Индийского океана. Первая была проведена на британском судне «Discovery» в 1936 г.; вторая — на американском судне «Atlantis-II» в 1965 г.; третья — на английском «Charles Darwin» в 1987 г. Четвертая экспедиция, проходившая на американском судне «Knorr» в 1995 г., была частью международного эксперимента по изучению циркуляции в Мировом океане WOCE (World Ocean Circulation Experiment). Наконец, пятая, снова проведенная на судне «Charles Darwin» в марте—апреле 2002 г. сотрудниками Саутгемптонского океанографического центра (Великобритания), позволила научному коллективу этого центра во главе с Г.Л.Брайденом (H.L.Bryden) впервые сопоставить данные, многократно описывающие физическое и химическое состояние одной и той же крупной акватории.

Основная цель экспедиции — установить характер циркуляции вод у южных границ Индийского океана (вдоль 32° ю.ш.) и выявить изменения, происходившие со временем в термоклине (слое, отделяющем верхние теплые и насыщенные кислородом воды от более глубоких, холодных и бедных кислородом). В этом слое температура с каждым метром погружения обычно падает не менее чем на 1°C. Судно, следуя курсу 1987 г., проводило исследования от побережья Южной Африки до 80° в.д., а затем и далее на восток. Изменения в солености и температуре вод оказались примечательно однородными по всему разрезу. С 1987 г. соленость верхней части термоклина (температура 10—17°C) заметно повысилась — на 0.06‰, а нижние слои термоклина (5—10°C) распреснились на 0.03‰. Поскольку в пе-

риод с 1960-х годов по 1987 г. здесь шел обратный процесс, стало очевидным, что соленость верхних и опреснение нижних слоев воды в данной акватории вернулись примерно к состоянию на 60-е годы. В 2002 г. минимальная соленость верхней части термоклина оказалась выше, чем в 1987 г., всего на 0.03‰, а температура — ниже на 0.07°C. Глубинные воды термоклина за то же время распреснились: на горизонте с температурой 8.1°C они в максимуме стали менее солеными на 0.027‰. Эти величины аналогичны тем, которые здесь наблюдались до 1987 г.

Можно считать установленным существование колебаний химических и физических характеристик вод, образующих верхнюю часть термоклина: распреснение в период между 1965 и 1987 г., сменившееся повышением солености в 1987—2002 гг., что сходно с процессами, происходившими здесь с 1936 по 1965 г. Нижняя часть термоклина в 2002 г. была более пресной, чем в 1936, на 0.06‰.

По мнению исследователей, объясняется это тем, что термоклин в субтропиках представляет собой область, где «вентиляция» (погружение поверхностной части в глубину) происходит быстро, всего за 5—10 лет, причем нет сильно-го перемешивания водной толщи.

Процессы, которые ранее наблюдались на юго-западе Индийского океана, в водах, омывающих о.Тасмания, ныне не отмечены. Данная работа свидетельствует, что по крайней мере в Индийском океане вдоль 32°ю.ш. изменения в состоянии водных масс вовсе не обязательно однонаправлены, они претерпевают существенные колебания во временном масштабе, близком к 10 годам.

Science. 2003. V.300. №5628. P.2086 (США).

Климатология

Изотопный состав кислорода и тропические осадки

Один из общепринятых методов изучения палеоклимата в тропических зонах — анализ изотоп-

ного состава кислорода¹, содержащегося в высокогорных ледниках. Однако если в средних и высоких широтах соотношение $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ в атмосфере зависит прежде всего от колебаний температуры, то в тропиках наиболее существенное влияние на изотопный состав кислорода оказывают колебания интенсивности осадков, связанные с явлениями Эль-Ниньо и Ла-Нинья.

К такому выводу пришли французский климатолог М.Вюйе (M.Vuille) и его коллеги, проанализировав содержание изотопов кислорода в ледниках тропической части Южной Америки за 1979—1998 гг. (исследование проводилось в разных климатических зонах). В этом регионе погода во время Эль-Ниньо теплая и сухая, а в период Ла-Нинья — холодная и влажная. Воздействие и осадков, и температур идет в одном направлении, приводя в первом случае к росту содержания ^{18}O в атмосфере, а во втором — к его уменьшению.

Science. 2003. V.301. №5634. P.776 (США).

Гидрология

Изменения климата влияют на ресурсы российских рек

И.А.Шикломанов и В.Ю.Георгиевский (Государственный гидрологический институт, Россия) изучали современные и возможные в перспективе изменения водных ресурсов и водного режима рек Российской Федерации, связанные с динамикой климата.

Для исследований современных изменений водного баланса были использованы данные по стоку свыше 300 рек, относительно которых имеются наиболее продолжительные ряды наблюдений и гидрологический режим которых не нарушен хозяйственной деятельностью. Было установлено, что на современный

¹ См. также: Краткосрочные потепления на фоне длительного похолодания // Природа. 2000. №8. С.76—77; История климата Африки — в снегах Килиманджаро // Там же. 2003. №7. С.82—83.

водный режим рек главным образом повлияло увеличение за последние 20—25 лет стока в межженные месяцы, особенно зимние. В среднем за этот период сток зимней межени превысил норму (для ряда регионов — на 60—90%) практически на территории всей страны. Водные ресурсы большинства рек в последние два десятилетия также увеличились, наиболее значительно — в бассейне Волги, в северной и северо-восточной частях которого средний годовой сток за 1978—2000 гг. превысил норму на 20—30% (это увеличение, однако, пока находится в пределах естественной изменчивости годового стока). На основе проведенного анализа территория России была районирована по степени изменений годового и сезонного стока рек.

Чтобы оценить возможные в ближайшие десятилетия изменения водных ресурсов и гидрологического режима, проводилось моделирование процессов в системе климат — водные ресурсы, при этом использовались климатические сценарии, полученные на базе современных моделей общей циркуляции атмосферы и палеоклиматологических реконструкций. Из анализа численных экспериментов следует, что для большей части территории Российской Федерации в первой половине XXI в. можно ожидать увеличения водных ресурсов. Для некоторых бассейнов (Дона, Днепра) перспективы изменения стока неопределенные.

Полученные результаты говорят о большой чувствительности стока к изменениям температуры и осадков в зимний и весенний периоды. Ожидаемое существенное потепление зимних сезонов в высоких широтах вызовет на значительной части территории увеличение зимнего стока за счет роста частоты и интенсивности оттепелей.

По мнению авторов, в первой половине следующего столетия нет оснований ожидать на преобладающей части территории России какого-либо ухудшения

в обеспеченности водой населения и экономики страны.

Всемирная конференция по изменению климата. Тезисы докладов. М., 2003. С.50 (Россия).

Гляциология

Как пульсируют ледники

Международная группа специалистов во главе с Р.А.Биндшадлером (R.A.Bindschadler; Центр космических полетов им.Годдарда НАСА США) детально исследовала поведение ледяного потока Уилланса (Западно-Антарктическое оледенение)¹. Известно, что ежегодно его скорость уменьшается на 1—2%, и при сохранении этой тенденции в ближайшие 50—100 лет поток остановится. Недавние измерения с помощью спутника GPS (Global Positioning System) показали, что в устье этой «реки» довольно длительные (6—8 ч) периоды покоя чередуются с кратковременными (10—30 мин) быстрыми подвижками льда — он проходит по несколько десятков сантиметров со скоростью около 1 м/ч. (Так быстро мог бы двигаться гипотетический ледник, у которого отсутствует трение о ложе; питающий же всю эту равнину ледяной поток движется как минимум в 30 раз медленнее.) Эта кажущаяся невероятной скорость достигается всего за 30 с! Торможение же идет значительно медленнее — на него обычно уходит от 2 до 5 мин.

За время наблюдений амплитуда приливо-отливного цикла колебалась от 0.15 м до почти 1 м. Исследователи обнаружили, что приблизительно половина всех суточных подвижек ледника происходила вскоре после высокого прилива и в середине следующего за ним отлива (или ближе к его завершению). Плавающая часть ледя-

¹ См. также: Западно-Антарктический ледник растет // Природа. 2002. №12. С.78—79; Ледники Антарктиды отступают // Там же. 2004. №4. С.83—84.

ного шельфа и питающие его близлежащие ледяные потоки также реагируют на приливо-отливные вариации: по спутниковым данным, колебания их скорости достигают 50%.

Связь между относительно небольшими колебаниями приливо-отливной деятельности моря и колоссальными изменениями в скорости движения ледовых масс подчеркивают крайнюю чувствительность ледников к тому, что происходит в их устьях.

Science. 2003. V.301. №5636. P.1087 (США).

Гляциология

Причина в океане, а не в атмосфере

С шельфового ледника Ларсена (восточная сторона Антарктического п-ова) в 1995 и 2002 гг. обрушилось в море по гигантскому айсбергу. Назвать причиной глобальное потепление было бы слишком примитивно: ведь в некоторых районах Антарктиды идет не потепление, а похолодание. Разобраться в причинно-следственной связи событий помогает работа английских гляциологов Э.Шеперда, Д.Уингэма (A.Shepherd, D.Wingham) и их аргентинских коллег.

Оказывается, эти события были не столь уж внезапны: начиная с 1980 г. шельфовые ледники Антарктического п-ова ежегодно сокращались в среднем на 300 км². Параллельно в течение по крайней мере девяти лет уменьшалась толщина ледникового покрова. Радиолокационные данные от спутников «ERS-1 и -2» («European Remote Sensing» — «Европейские телеметрические измерения») свидетельствовали, что в период с 1992 по 2001 г. высота ледников Ларсена-В и Ларсена-С ежегодно понижалась, первого — на 17, второго — на 8 см, а максимальное сокращение, 27 см/год, было отмечено на самом севере Ларсена-С.

Математическое моделирование показывает, что столь значительную скорость сокращения слоя льда нельзя объяснить лишь повышением атмосферной температуры. Однако в таком темпе таяние шельфового льда может следовать за существенным потеплением морских вод. Правда, в более ранней работе американского гляциолога Т.Скамбоса (T.Scambos) и его коллег отмечалось, что за вторую половину XX в. температура на Антарктическом п-ове поднималась на 0.5°C за каждое десятилетие, а это вдесятеро больший темп, чем в целом по планете. Согласно выдвинутой ими гипотезе, озера талой воды, образующиеся в летние сезоны на поверхности шельфового ледника, вызвали появление крупных трещин, а затем так расширили их, что конечные части ледника оторвались и рухнули в океан.

Однако исследования группы Шеперда приводят к иному выводу. Ученые признают, что поверхностное таяние ледника, вызванное повышением температуры воздуха, могло нанести последний удар, но для основного процесса — таяния снега и льда в столь колоссальных масштабах — количества солнечной энергии явно недостаточно. Остается возложить ответственность на таяние, идущее не сверху, а снизу. Хотя данные о температуре моря, омывающего сам шельфовый ледник, довольно скудны и охватывают сравнительно короткое время, информация относительно глубинных слоев моря Уэдделла, на некотором расстоянии от ледника, выглядит достаточно убедительно — воды теплеют там на протяжении уже трех последних десятилетий.

Специалисты, возглавляемые Шепердом, считают, что при нынешних темпах таяния снизу весь ледник Ларсена полностью разрушится уже в нынешнем веке.

Science. 2003. V.302. №5646. P.759, 857 (США).

Еще раз о российской генетике

Л.И.Корочкин,
доктор медицинских наук
Институт биологии гена РАН
Москва

Наконец-то и в России появилась давно уже изданная на Западе книга «Суховой», написанная известным генетиком Раисой Львовной Берг, живущей ныне в эмиграции во Франции. Надо сказать, что о российской генетике вышло в свет немало книг и в России, и на Западе. Это труды таких ученых, как В.Сойфер, М.Поповский, Ж.Медведев (его самиздатовскую рукопись мы зачитывали до дыр в студенческие годы), Н.П.Дубинин, С.М.Гершензон, В.Я.Александров, ряд обстоятельных публикаций И.А.Захарова, книги американских авторов — М.Лернера, М.Адамса. Всех их роднит стремление понять и объяснить страшные события, которыми сопровождалась в нашей стране годы лысенковского засилья, попытка вскрыть социологические корни этого чудовищного явления, оценить позицию и поведение главных действующих лиц биолого-исторической трагедии.

Воспоминания Берг занимают особое место среди перечисленных произведений. Это красивый автобиографический очерк, книга о себе, все остальное выглядит фоном, на котором ярко и емко вырисовывается жизненный путь автора, что,

собственно, признает и она сама: «волею судеб и игрою случая превратилось мое повествование в мою биографию» (с.20). Жизнь же Раисы Львовны пришлось на советский период со всеми его «прелестями», откровенно и образно изложенными автором. Тут и трогательное описание откровенно безмятежной жизни хорошо обеспеченной академической семьи, и трудности, создаваемые тоталитарным режимом, и живописные картинки экспедиционных выездов на природу, бурные эмоции от успехов в науке и радости встреч с близкими друзьями. И повсюду — завораживающий литературный стиль, выдающийся российский интеллигента старого доброго воспитания.

Вспоминая разных знакомых, Раиса Львовна щедро раздает эпитеты, порой очень точные, а порой несправедливые. Не скрывая своего восхищения благородной внешностью выдающегося ботаника М.С.Навашина, она тут же обвиняет его в трусости. Мне доводилось слышать Навашина — его выступления были не менее смелыми, чем самой Раисы Львовны. Я был свидетелем, как после одного такого выступления на него набросилась с кулаками готовая разорвать его на части известная лысенковская сторонница Кострюкова.



Р.Л.Берг. СУХОВЕЙ.

М.: Памятники исторической мысли, 2003. 527 с.

С этим мнением Раиса Львовна рискует остаться в гордом одиночестве. Вот точка зрения известных западных генетиков, абсолютно свободных в своих суждениях.

К.Маркерт, основоположник учения об изоферментах, член Национальной академии наук США: «Мы с Беляевым не только коллеги: я считаю себя его учеником, несмотря на то, что мы были ровесниками. Все мы благодарны ему за то, что он сделал как для мировой науки, так и для человечества» (с.242).

Дж.Скандалиос, крупнейший специалист в области биохимической генетики: «Мы все высоко оцениваем его вклад в науку. Советские люди, его сограждане, вправе гордиться его успехами, но я думаю, он также был гражданином мира и как ученый принадлежит всему миру» (с.241).

О.Мэннинг, выдающийся специалист в области генетики поведения: «<...> он был отличный ученый и прекрасный человек» (с.257)*.

Высоко ценил Беляева и был его близким другом Б.Л.Астауров, весьма уважаемый Раисой Львовной человек. И ведь было за что! Работы Дмитрия Константиновича по доместикации животных — новое слово в генетике поведения и в эволюционной генетике, им создана целая школа учеников, успешно развивающая его идеи в этом направлении. Нельзя забывать и о выдающемся его вкладе в генетику пушных зверей и пушное звероводство в целом. Лучший памятник Беляеву — гордость нашей науки — созданный им Институт цитологии и генетики. Раиса Львовна по этому поводу пишет: «Уж если кому надлежало

быть директором института, так Керкису, а не Беляеву» (с.310). Ю.Я.Керкис был прекрасным ученым и хорошим человеком, мы с ним были друзьями, но совершенно ответственно заявляю — не потянуть бы ему этот институт. Именно Беляеву надлежало быть директором!

Конечно же разборка «дела» Берг на ученом совете, которой она уделила очень много внимания, не принадлежит к числу позитивных мероприятий, но для Беляева это был единственный способ сохранить ее в институте. Астауров не проводил такой разборки по поводу протеста А.А.Нейфаха против советской агрессии в Чехословакию, но был вынужден снять его с поста заведующего лабораторией. Трудно сказать — что лучше. Но у Раисы Львовны снова двойной стандарт. Цитирую. «Александр Данилович Александров <...> чтобы сохранить возможность хоть как-то отстаивать гибнущих подписантов, выступил в печати со статьей, осуждающей их действия» (с.345). Все это вроде бы хорошо (непонятно только, почему автор из-за этой статьи порвала с ним отношения — ведь он хотел «отстаивать»). А когда Беляев делает по сути то же самое (чтобы помочь Берг) — это плохо!

Семинар 1972 г. (с.368) для Раисы Львовны, тогда уже опальной, я организовал без всякого, кстати, согласования с дирекцией. Ввести в идеологические рамки ее доклад, посвященный наследственным болезням человека, Беляев вовсе не стремился — генетика наследственных заболеваний уже активно развивалась в стране. И уж вовсе он не собирался сдавать ее в КГБ. Я в свое время совершил «преступление» похуже подписантов — отказался публично выпить по предложению

Беляева за советскую власть, тем не менее он не только не сдал меня в КГБ, но даже с должности заведующего лабораторией не снял. А что касается заявления «Без душевного заболевания нет самоубийства», то он был не так уж далек от истины — недавно открыли «гены самоубийства», обуславливающие формирование в ходе онтогенеза определенных особенностей в строении мозга. Позиция же Раисы Львовны, полагавшей, что и сверхнормальный человек может покончить жизнь самоубийством, вызывает дискуссию. О том, что Беляев не очень-то заботился об идеологии, говорит и тот факт, что в 70-е годы он организовал работу по изучению генетической предрасположенности к противоправным действиям, заручившись поддержкой начальника Академии МВД. А это было не так-то просто, марксистская идеология властвовала тогда в стране. Кстати, ни под одним письмом против Сахарова подписи Дмитрия Константиновича не было!

И еще один момент не могу не отметить. В российском издании книги, к сожалению, нет ни слова о пребывании Раисы Львовны в США, хотя период эмиграционной жизни автора немножко в ней отражен.

Что касается «рисовальных экспериментов» Берг, то ее рисунки мне понравились, они очень изящны и оригинальны. На литературные эссе у меня не хватило сил, да и скучноватыми они показались.

В целом, книга Раисы Львовны полезна, ибо является свидетельством нашей жизни в советское время. Чем больше об этом пишут, тем лучше. Пусть молодежь знает, что пришлось пережить их предкам. Может быть, тогда не повторятся ужасы коммунистической диктатуры. ■

* См.: *Беляев Д.К.* Книга воспоминаний. Новосибирск, 2002.

Биология

ИЗМЕРЕНИЕ И МОНИТОРИНГ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ: СТАНДАРТНЫЕ МЕТОДЫ ДЛЯ ЗЕМНОВОДНЫХ. Под ред. С.Л.Кузьмина; Пер. с англ. С.М.Ляпкина. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2003. 380 с.

К концу XX в. на русском языке вышло не менее сотни публикаций, посвященных отдельным методам экологической герпетологии, и всего одна брошюра, в которой автор попытался собрать все методы водоемов. Вышла она слишком малым тиражом (500 экз.) и уже успела устареть. Между тем необходимость подобного издания очевидна для каждого зоолога, занимающегося изучением экологии и разнообразия животных.

Восемь лет назад в США появилось аналогичное, но более объемное издание. Его перевод и публикация осуществлены при поддержке Музея естественной истории Смитсоновского института (Вашингтон). Адресована книга специалистам, занимающимся изучением земноводных на территории России, а также бывшего СССР, значительная часть которой лежит в умеренной зоне, где характер жизненного цикла и сезонной активности земноводных сходен с таковым в умеренной зоне США.

В книге описаны полевые методы количественного и качественного анализа разнообразия и экологии этих животных. Приведены стандартные процедуры обследования и мониторинга популяций. Детально обсуждается применимость каждого стандартного метода.

Большое внимание в книге уделено изучению личинок земноводных, есть также информация о системе получения

официальных разрешений на сбор и вывоз отдельных видов. Данные, полученные с использованием стандартных методов, важны для принятия решений по охране мест обитания и восстановления популяций.

География

Ю.П.Супруненко. ГОРЫ ЗОВУТ... (Горно-рекреационное природопользование). Науч. ред. А.Ф.Глазовский. М.: Троянт, 2003. 368 с.

В притяжении гор есть какая-то магнетическая сила, они издавна вдохновляли и завораживали. Необычное сочетание ландшафтов, удивительная природа, многообразные богатства благоприятствовали продвижению в горы, но освоение высот нередко осложнялось экстремальными природными условиями.

Среди многих видов горного природопользования рекреация занимает особое место. Все больше людей устремляется в горы на отдых, для занятий спортом. И рекреационное землепользование на горных склонах во многих местах уже считается наиболее эффективным.

Для успешного горно-рекреационного освоения требуется научный анализ, выработка оптимальных подходов, действенные рекомендации. С географических позиций в книге освещаются вопросы потенциала гор (ресурсы, районирование, национальные парки), многосторонние, нередко противоречивые проблемы рекреации и других видов горного хозяйствования. Книга предназначена для географов, гляциологов, специалистов по природопользованию горных стран. Автор — сотрудник Института географии РАН, член двух географических обществ — российского и американского.

Геоэкология

Н.А.Касьянова. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ И ГЕОДИНАМИКА. М.: Научный мир, 2003. 332 с.

Еще десять лет назад надежность инженерно-технических сооружений никак не связывалась с возможным влиянием на нее современных геодинамических процессов, за исключением сейсмичности. На сегодняшний день эта проблема стала одной из самых важных тем международных научных конференций по топливной энергетике.

Результаты исследований последних лет показывают, что резкое увеличение числа природных катастроф и стихийных бедствий, а также снижение уровня промышленной безопасности практически во всех отраслях топливно-энергетического цикла связано не с человеческим фактором и несовершенством инженерно-технических конструкций, а в большей степени обусловлено природной геодинамикой и очередными вспышками планетарной изменчивости каждого региона. Пространственно-временные особенности геодинамической нестабильности недр влияют на избирательность возникновения природных и техногенных катастроф.

В книге рассмотрены особенности развития современных геодинамических процессов, происходящих в земной коре и на поверхности, а также промышленная аварийность (на примере нефтегазовой, угледобывающей и атомно-химической отраслей).

Автор рассматривает проблему экологического риска как природного, так и техногенного происхождения сквозь призму современной аномальной геодинамики недр.

Леонардо да Винчи, кто он?

Г.К. Михайлов,

доктор физико-математических наук
Москва

Леонардо да Винчи (1452—1519) — был одним из самых легендарных и плодовитых деятелей всей эпохи Возрождения.

Ему посвящено, по некоторым оценкам, до 20 тыс. публикаций, из которых подавляющее большинство приходится на вторую половину XX в. Эта литература, преимущественно идолопоклоннического характера, создала в обществе образ гениального художника, ваятеля и ученого. То, что Леонардо выдающийся живописец, было признано еще при его жизни, но он открыто претендовал также на звание инженера и архитектора и, кроме того, был скрытым естествоиспытателем, о чем он публично вовсе не заявлял. Его интересы были всеобъемлющи. Они охватывали все сферы живой природы — анатомию, физиологию, биомеханику (движение животных и полет птиц) и ботанику, а также геологию, орографию, метеорологию и широкий спектр естественных наук — прежде всего механику (включая прочность конструкций и движение вод), оптику и отчасти астрономию и химию. Глубокий интерес проявлял он также к технике — машиностроению и особенно летательным аппаратам.

Леонардо был проницательным наблюдателем: обладал острым глазом, виртуозно владел

По материалам доклада «Механика в рукописях Леонардо да Винчи» (критический взгляд на тему) на Международной научной конференции «Творческое наследие Леонардо да Винчи», проходившей 18 ноября 2002 г. в Москве.

© Михайлов Г.К., 2004

пером, фиксируя все, что видел. Не получив хорошего образования и не вполне владея языком науки того времени — латынью, он исписал на итальянском языке тысячи листов, посвященных всевозможным темам, дополнив их рисунками с изображением увиденного и самостоятельно придуманного.

Все свои мысли Леонардо записывал тайнописью — в зеркальном отображении, скрывая их от окружающих. Он обладал исключительным самомнением. Приведем, для примера, одну из его хвалебных записей в свой адрес, связанную с неосуществимым проектом летательного аппарата: «Большая птица начнет первый полет со спины своего исполинского лебедя, наполняя вселенную изумлением, наполняя молвой о себе все писания, — вечной славой гнезду, где она родилась!»

Согласно легенде Леонардо систематически недосыпал, целиком отдаваясь работе. Его записи сохранились лишь частично, преимущественно в бессистемной россыпи. В них он задал природе тысячи вопросов, не получив ответа почти ни на один из них. Он указал возможные экспериментальные пути к получению многих ответов, но практически не воспользовался ими сам. Мы встречаем у Леонардо неоднократные упоминания грандиозных планов написания трактатов на различные темы, хотя он понимал их полную нереальность. Увы, гениальный прожектор, он брался за все, но едва ли выполнил даже ничтожную долю намеченного. Прожив сравнительно

долгую жизнь (67 лет), он так и не приблизился к завершению ни одной из своих задумок. Неспособность ставить перед собой реальные задачи была жизненной трагедией этого великого гения.

Будучи известным как выдающийся живописец эпохи, но не обладая семейным состоянием, Леонардо вынужден был искать покровителей, выдвигая на первый план свои военно-инженерные замыслы. В 1483 г. он предложил свои услуги Миланскому герцогу. В обращении к правителю Лодовико Моро Леонардо обещал открыть технические секреты и с успехом их осуществить: он перечислил в девяти пунктах всевозможные военные проекты, предлагал сооружать переносные мосты, стенобитные орудия, бомбарды, тайные туннели, бронированные наступательные повозки, выдерживающие огонь бомбард кораблей и многие другие секретные приспособления; и только в десятом пункте он говорит о способностях своих как архитектора, строителя и гидротехника, а затем упоминает о своих талантах ваятеля и живописца и, в частности, обещает создать задуманную ранее миланцами конную статую герцога Франческо Сфорца — отца Лодовико Моро.

Леонардо был принят в состав герцогской инженерной коллегии. Однако о его военно-инженерной и гидротехнической деятельности на протяжении 16 лет работы в Милане нам мало что известно, за исключением некоторых планов и проектов.

Попытка создать конный памятник Франческо Сфорца явилась, может быть, наиболее яркой

иллюстрацией вечной трагедии Леонардо — противоречия между намерениями и возможностями. Он проработал над памятником все 16 лет, создав лишь глиняный макет в натуральную величину. Уже через шесть лет после начала этой работы (1489 г.) Лодовико Моро сказал: «Хотя я поручил это дело Леонардо, я не думаю, чтоб он смог выполнить его». В 1500 г., после свержения герцога, Леонардо записал: «Герцог потерял государство, имущество, свободу, и ни одно из его дел не было им закончено». Критически оценив работу герцога, он не заметил, что то же самое можно сказать и о нем самом. Леонардо брался за все, но не успевал завершить почти ничего. В 1513 г. сын Лоренцо Великолепного Джованни Медичи, ставший папой Львом X, сказал в адрес Леонардо: «Увы, никогда ничего не сделает тот, кто начинает думать о конце работы, еще не начав ее».

Рукописные заметки научно-технического характера, оставленные Леонардо да Винчи, содержат много любопытного. Часть из них стала впервые известна широкому кругу ученых и историков в самом конце XVIII в., когда в Париже было опубликовано общее описание некоторых его рукописей, вывезенных Наполеоном из Милана. Затем на протяжении второй половины XIX и всего XX в. были факсимильно воспроизведены многочисленные собрания разрозненных записок Леонардо. Среди них следует упомянуть прежде всего находящийся теперь в Милане колоссальный Codex Atlanticus (новое факсимильное издание его в 12 томах с 12 томами транскрипций опубликовано в 1973—1975 гг.), большое собрание, попавшее неизвестным путем в Виндзорский замок, и напечатанные впервые сравнительно недавно (1974 г.) Мадридские кодексы (имеется и множество меньших по объему разрозненных изданий, среди которых и изданная Ф.Ф.Сабашниковым в 1893 г. в Париже рукопись «О полете птиц»).

Вплоть до середины прошлого века рукописи Леонардо вызывали только общее изумление и граничащее с преклонением восхищением гениальностью их автора. Обширные систематически упорядоченные извлечения из них воспроизводились по-итальянски и в переводах на многие языки. Обстоятельный русский перевод избранных естественнонаучных записок Леонардо да Винчи был опубликован известным историком науки Василием Павловичем Зубовым. Это том, объем которого превышает тысячу страниц [1].

Слава Леонардо как инженера и ученого неперестанно росла на протяжении XIX и XX вв. вместе с числом посвященных ему публикаций. Действительно, в отдельных его высказываниях можно усмотреть прообразы общих законов динамики и даже вариационных принципов механики, он утверждает единство законов движения на Земле и во Вселенной, набрасывает конструкции достаточно сложных технических устройств (включая вертолет), выступает против возможности создания вечного двигателя.

Однако предтеча современной истории механики Пьер Дюэм (1861—1916) и особенно ее основатель Клиффорд Трусделл (1919—2000) критически отнеслись к излишнему возвеличиванию Леонардо да Винчи как ученого-экспериментатора, далеко опередившего свое время. В начале XX в. Дюэм открыл для современной науки средневековую механику и кинематику. Оказалось, что в Оксфордской и Парижской школах XIV в. были введены при изучении процессов движения количественные характеристики и графические изображения функциональных зависимостей, что явилось совершенно новым этапом по сравнению с античной наукой.

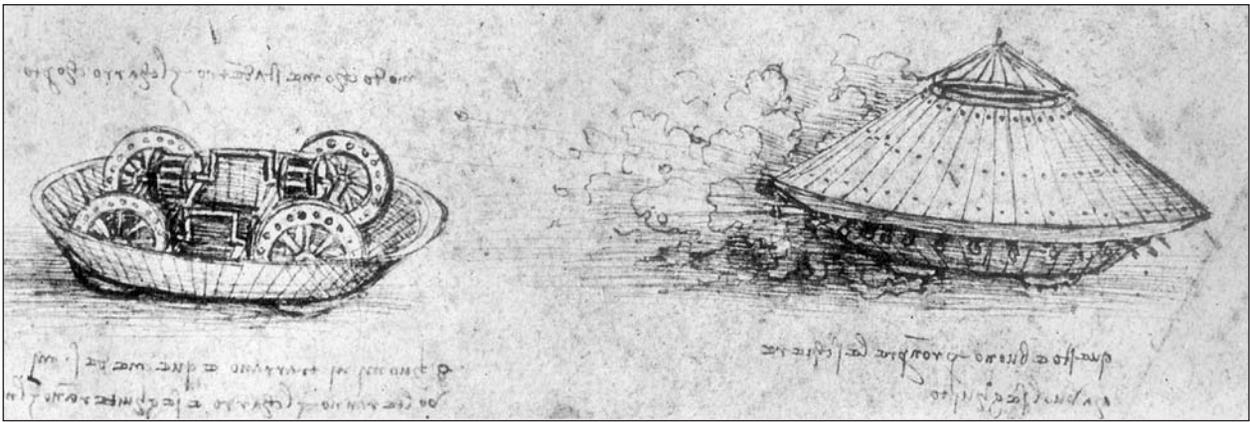
Дюэм издал работу «Этюды о Леонардо да Винчи», снабдив ее подзаголовком: «Те, кого он читал, и те, кто его читали». Таким образом, впервые был по-

ставлен вопрос о месте Леонардо в истории науки. В 1905 г. Дюэм писал: «В работах по механике Леонардо да Винчи нет ни одной существенной идеи, которая не возникла бы из работ средневековых математиков».

В середине прошлого века (1957) — в связи с 500-летием со дня рождения Леонардо — американский историк науки Дж.Рэндалл писал: «Прочитав некоторые труды антиклерикальных итальянских авторов по натурфилософии эпохи кватроченто, <...> я обнаружил, что все предположительно «новаторские» идеи, до открытий Дюэма приписывавшиеся Леонардо, были известны и изучались в итальянских университетах XV в. в Падуе, Болонье, Павии и повсюду». Более того, подводя итоги своего изучения трудов Леонардо, он утверждал: «Сам Леонардо не был ученым в том смысле, в каком он и его современники понимали науку, или в любом другом смысле, в котором кто-либо другой понимал науку <...>. В Кодексах Леонардо невозможно обнаружить ни одной теоретической научной идеи, которая была бы совершенно новой или же неизвестной сформировавшимся научным школам Италии того времени. Представление, — не противостоит возникшее, когда его Кодексы были впервые опубликованы после 1881 г., — о том, что его записки полны поразительно оригинальных пророчеств, было следствием преобладающего в то время полнейшего незнания того, что было известно об ученых — современниках Леонардо» [2].

Попытки Дюэма критически оценить наследие Леонардо вызвали первоначально неприятие у многих историков науки. В конце 1940-х — начале 1950-х годов Дюэма подвергали резкой критике, обвинив в католическом клерикализме. Однако серьезная Американская школа медиевистики середины XX в. полностью оправдала Дюэма.

Безусловно, труды любого ученого должны рассматривать-



Закрыва́тая боева́я машина («танк»). 1485 г.

ся в сопоставлении с достижениями его предшественников и современников и в свете их влияния на последующее развитие науки. Вследствие скрытности Леонардо и обнаружения части его рукописей лишь через 300 лет после их написания, естественно, не приходится говорить о влиянии этих записок на последующее развитие естественных наук и техники. Серьезного сопоставления текстов Леонардо да Винчи с сохранившимися рукописями и даже с публикациями современников и предшественников до второй половины XX в. практически не проводилось. Непредвзято и критически подошел к научно-техническому наследию Леонардо профессор Трусделл, не побоявшийся взглянуть вызов традиционным взглядам [3]. Он указал на явное преувеличение многими современными историками глубины ряда высказываний Леонардо, на непоследовательность, противоречивость и умозрительность многих его замечаний, почти полное отсутствие описания его собственных экспериментов, широкое использование заимствованных материалов. Трусделл подчеркнул необходимость серьезного историко-критического анализа записок Леонардо, сопоставления их содержания с другими материалами его эпохи, для того чтобы вычленил действительно оригинальные и однозначно

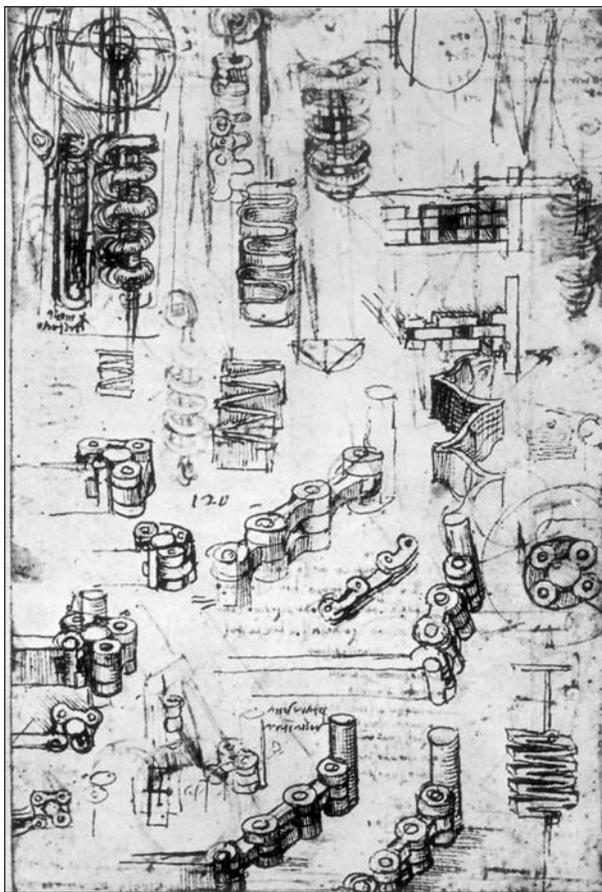
сформулированные им суждения. Это грандиозная работа, которая сейчас только начинается и требует высококвалифицированных специалистов, владеющих как соответствующими естественными и техническими науками, так и знанием средневековых печатных и рукописных источников.

К сожалению, мы не знаем точно, чьи сочинения читал Леонардо. Упоминания других ученых у него крайне редки, к тому же он из принципа отвергал всякое слепое следование авторитетам. У Леонардо встречаются (как правило, вне научного контекста) ссылки на Аристотеля, Архимеда и Теофраста — из древних авторов (IV—III вв. до н.э.), Витрувия, Герона, Лукреция и Фронтин — периода расцвета Римской империи (I в. до н.э. — I в. н.э.), Сабита ибн Корру — из арабских ученых (IX в.), Иордана Неморария и Роджера Бекона (XIII в.), Альберта Саксонского, Суайнсхеда и Хейтесбери (XIV в.), Альберти и Фоссамброне (XV в.). Едва ли не единственным исключением в записках Леонардо стала его непосредственная полемика с Альбертом Саксонским о движении. Однако нам неизвестно, что он на самом деле читал. Определить это можно только путем кропотливого сличения заметок Леонардо с текстами его предшественников и современников, часто сохранившимися лишь в рукописях.

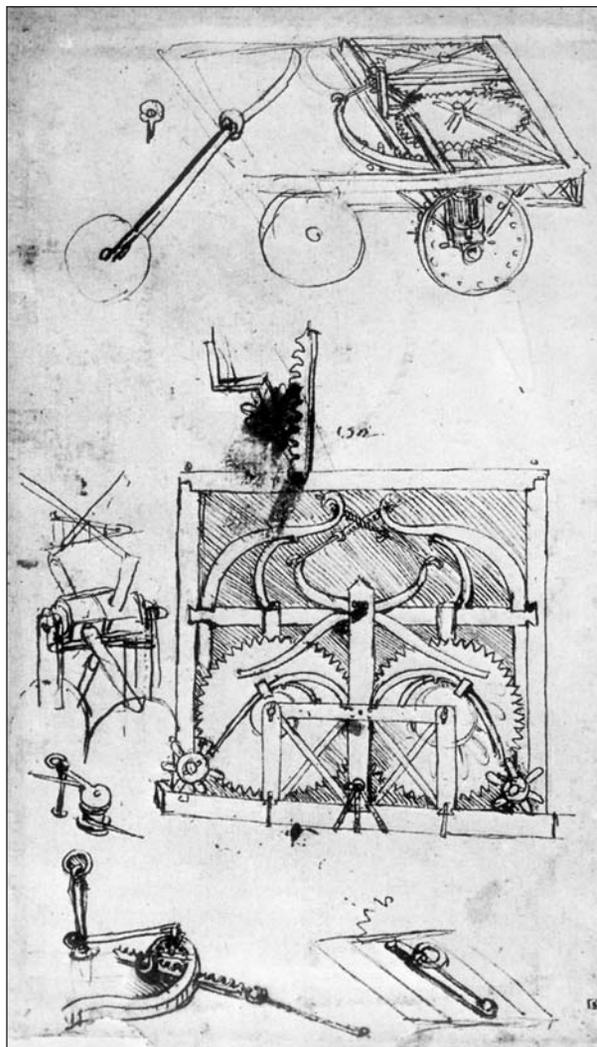
Известно, что у Леонардо встречаются вольные пересказы тех или иных авторов. Так, по разным источникам мы знаем, что он был знаком с учением Парижской школы XIV в. о природе движения и теории рычага. Однако Леонардо не добавил ничего существенного: высказывания его здесь нечетки и непоследовательны. Но, может быть, он был правым, кто заинтересовался движением по наклонной плоскости.

Вообще, в разделах науки, требующих обобщений, Леонардо не проявляет особой проницательности, по-видимому, вследствие слабой общей естественнонаучной подготовки. Там же, где нужен острый глаз, он непревзойден и гениален. Не будучи подготовлен к серьезному изучению динамики процессов, он блестяще в наблюдении их кинематики.

Своеобразно отношение Леонардо к математике. Часто приводят следующие слова из его записок: «Пусть не читает меня тот, кто не является математиком». Не ясно, как понимать это заявление и не является ли оно переложением слов греческих авторов. В другом месте Леонардо пишет: «Механика есть рай математических наук, посредством нее достигают математического плода». Но надо иметь в виду, что Леонардо почти не владел математикой: он складывал дроби, но едва владел начатками алгебры, не умел решать даже про-



Цепная передача.



Механическая колесница. 1490 г.

стейшие линейные уравнения и пользовался только пропорциями. Поэтому приведенные высказывания о математике носят, может быть, чисто апологетический характер.

Леонардо формулировал все законы только в виде простых пропорциональностей. Иногда они могли совпадать с действительностью, иногда — нет. И трудно судить, когда он приходит к правильному заключению сознательно, а когда случайно.

Любопытно, однако, что, рассматривая некоторые геометрические задачи, которые он не мог решить аналитически, Леонардо придумывал механические приборы, которые давали решения. По части того, что можно рассмотреть и сконструировать, он был безусловно гениален.

Леонардо постоянно говорит об экспериментах, о необходимости их постановки. Но мы не знаем, сколь часто он их на самом деле выполнял. Единственным замечанием Леонардо, бесспорно опирающимся на эксперимент, является утверждение о том, что сила трения пропорциональна нагрузке, причем коэффициент трения составляет одну четверть. Это первая известная нам и довольно правдоподобная оценка коэффициента трения. В этом отношении Леонардо безусловно предвосхитил работы Гийома Амонтона конца XVII в., которому обычно приписывается открытие законов трения.

Большое количество записок Леонардо посвящено прочности колонн, балок и арок. В подтверждение своих суждений он

ссылается иногда на эксперимент, но чаще предлагает убедиться на опыте самому читателю. Заключение Леонардо об обратной пропорциональности прочности опор их высоте противостоит естественно, хотя он и ссылается неоднократно на мысленные эксперименты. На основании тщательного анализа всех записок о прочности конструкций Трусделл пришел к заключению, что Леонардо не располагал в этой области ни одним верным результатом, кроме очевидного положения о том, что прочность пропорциональна сечению колонны (балки), — положения, а priori интуитивно известного любому строителю.

Наоборот, там, где знание достигается наблюдением, Леонардо гениально проницателен. Так,

явно на основе наблюдений он устанавливает места излома арок и сводов при их нагружении. Он обнаружил резонансное возбуждение колебаний в колоколах, появление волновых картин на покрытых мелкой пылью вибрирующих пластинах, — явления, которые были описаны лишь в XVII и XVIII вв.

Особенно широкое поле наблюдений представляло для Леонардо движение вод. Здесь многое замечено им впервые. Он описывал движение волн на воде и, в частности, распространение круговых волн на поверхности и взаимное их беспрепятственное прохождение. Отметил образование донных песчаных гряд в потоках и аналогичных гряд, обусловленных действием ветра на суше. Он наблюдал и зарисовывал траектории движения частиц при истечении из отверстий и через водосливы. Замечательны его схематические зарисовки

картин вторичных течений в жидкости при сходе потока с донной ступени. Он наблюдал за движением вод в реках и, по-видимому, первым отметил закон неразрывности — обратную пропорциональность скоростей площадям поперечных сечений.

По-видимому, Леонардо не только предложил и описал плоский щелевой лоток для изучения движения жидкости, но и на самом деле пользовался им для наблюдения траекторий течения путем помещения в жидкость подходящих трассеров, в качестве которых он использовал сухие зерна.

Таким образом, Леонардо обнаружил много нового в движении вод, хотя и не довел, как всегда, своих широких планов до реализации. Не случайно кардинал Барберини поручил в середине XVII в. подготовить для него на основе записок Леонардо да Винчи сохранившийся до на-

шего времени «Трактат о движении и измерении вод», опубликованный впервые в 1826 г.

Таков Леонардо да Винчи во всех своих противоречиях. Он умел правильно ставить вопросы, указывая иногда и возможные пути поиска решений. Безусловно в этом сказалась гениальность Леонардо. Он не стал путепроходцем в науке, но мог быть путеводителем, если бы не его болезненная скрытность и сомнение, лишившие следующие поколения знакомства с его заметками.

Леонардо да Винчи жил в эпоху формирования новой науки, зарождавшейся как раз на рубеже XV—XVI вв. И хотя он не заложил ни одного из направлений в естественных науках той эпохи, он остается для нас проницательнейшим наблюдателем природы, поражает невероятной разносторонностью своих интересов и догадок, интуицией и провидением. ■

Литература

1. *Леонардо да Винчи*. Избранные естественнонаучные произведения / Под ред. В.П.Зубова. М., 1955.
2. *Randall J.H.* The place of Leonardo da Vinci in the emergence of modern science // *Roots of Scientific Thought*. N.Y., 1957.
3. *Truesdell C.* *Essays in the History of Mechanics*. Berlin, 1968.

ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

Научные редакторы
О.О.АСТАХОВА
Л.П.БЕЛЯНОВА
Е.Е.БУШУЕВА
М.Ю.ЗУБРЕВА
Г.В.КОРОТКЕВИЧ
К.Л.СОРОКИНА
Н.В.УЛЬЯНОВА
Н.В.УСПЕНСКАЯ
О.И.ШУТОВА

Литературный редактор
С.В.ЧУДОВ

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
П.А.ХОМЯКОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры:
В.А.ЕРМОЛАЕВА
Е.А.ПИМЕНОВА

Графика, верстка:
Д.А.БРАГИН

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

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

Адрес редакции: 119991,
Москва, ГСП-1, Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-26-33
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 20.08.2004
Формат 60×88 1/8
Бумага типографская №1,
офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 8634
Набрано и сверстано в редакции

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