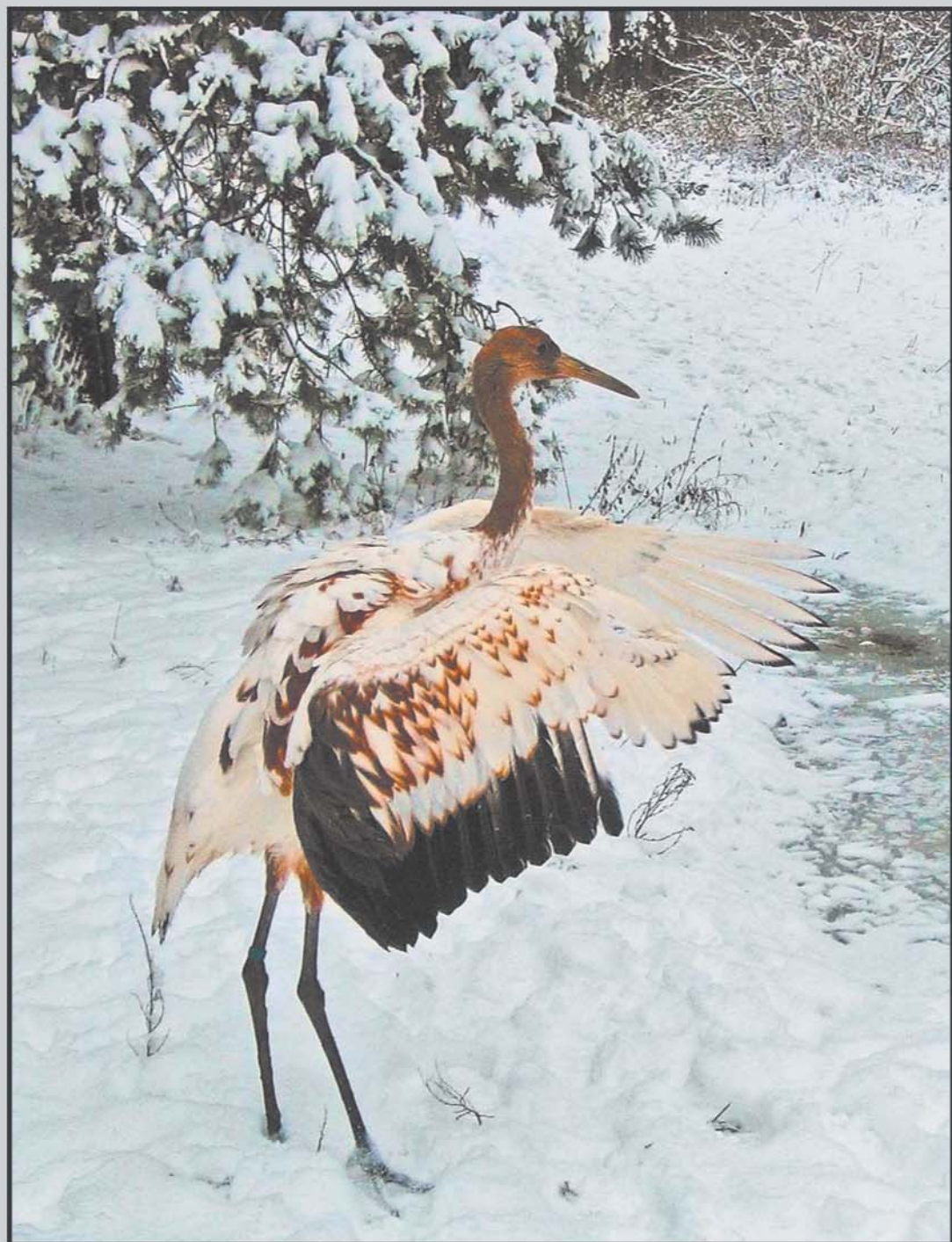


ПРИРОДА

2 07



В НОМЕРЕ:**3****Результаты конкурса научно-популярных статей****5****Боруцкий Б.Е.
Фундаментальные проблемы древнейшей науки**

Что происходит с нашей минералогией? Существует ли сейчас такая наука? Нет такой рубрики в Докладах РАН. Не упоминается она и в числе приоритетных направлений. В чем же дело? Почему так дискредитирована древнейшая «наука наук» о веществе Земли?

15**Сильченко О.К.
Звездные ядра галактик**

Компактные звездные ядра галактик — совершенно особые структуры, еще плохо изученные астрономами. Между тем, именно звездное население центров галактик несет в себе отпечаток всех важнейших событий глобальной эволюции Вселенной.

23**Володин И.А., Володина Е.В.,
Кленова А.В.****Ломка голоса бывает не только у людей**

У птенцов японского журавля взрослый голос формируется, когда физически они уже мало отличимы от своих родителей. До этого же времени они продолжают пищать, прикидываясь «маленькими» и требуя заботы.

30**Калейдоскоп**

Карта океанских вихревых потоков (30). Новый глубоководный аппарат (30). Глубина залегания источника магмы (30). Подледные озера Антарктиды (30). Батиметрические карты Мирового океана (31). Краски Парфенона (31). «Мельница»-небоскреб (31). Рим — действительно вечный город (31). Первая в мире коммерческая ПЭС (60). Леса Амазонии в сухие сезоны (60).

32**Чичагов В.П.
Рукотворное песчаное море Северной Африки**

В северных районах пустыни Большой Восточный Эрг, расположенных на территории Туниса, часто встречаются следы антропогенного воздействия и даже участки созданных человеком песчаных морей.

42 **Фащук Д.Я., Муравьев В.Б.****Черноморские вихри на службе марикультуры**

Подводная ферма для разведения лосося, устанавливаемая близ Сочи в динамически активном районе моря, представляет минимальную экологическую опасность для состояния прибрежных вод.

52 **Анисимов В.Н.****Горячие точки современной геронтологии**

Увеличение в структуре населения пожилых людей, отмечаемое с конца XX в., стало причиной особого интереса к вопросам геронтологии.

61 **Хлебович В.В.****Уровни гомеостаза**

Стабильные значения температуры, солености и pH внутренней среды животных (уровни гомеостаза) близки к критическим границам устойчивости белковых комплексов. Почему существование у этой опасной черты оказалось оптимальным для организмов, относящихся к разным таксономическим группам?

Вести из экспедиций**66****Ахметьева Н.П., Лапина Е.Е.,
Кудряшова В.В.****Родники на водосборе Иваньковского водохранилища****73****Новости науки**

Внесолнечная планета с гигантским каменным ядром (73). Планета в системе тройной звезды. **Вибс Д.З.** (74). СКВИД из углеродных нанотрубок (74). Квантовые компьютеры на полярных молекулах (75). Новые композитные материалы на основе графена (75). Партегенез у варана. **Семенов Д.В.** (75). Аллополиплоидное видообразование у бесхвостых амфибий. **Викторов А.Г.** (76). Глубоководные морские пауки (77). Неожиданный эффект случайной интродукции (77). Самоубийства и социальные перемены в России (78). Плезизавры восточной окраины Азии. **Алифанов В.Р.** (79). Визит к «Челюскину». **Рабинович И.И.** (80).

Коротко (51)

Рецензии**82****Сурдин В.Г.****Человек, его предки и дублиеры****Корякин В.С.****«Внукам памятная весть» (86)****89****Новые книги****91****Закгейм А.Ю.****Д.И.Менделеев — почетный член Академии художеств****Встречи с забытым**

CONTENTS:

3 **Results of Popular Scientific Articles Competition**

5 **Borutsky O.K. Fundamental Problems of the Oldest Science**

What has happened to our mineralogy? Does this science exist nowadays? This rubric is absent in RAN Reports. It also was not mentioned among priority lines of investigation. What is the matter? Why this ancient «science of sciences» on the Earth substance became so discredited?

15 **Sil'chenko O.K. Stellar Nuclei of Galaxies**

Compact stellar nuclei of galaxies are quite specific structures poorly studied by astronomers yet. Meanwhile, just the stellar populations in the centers of galaxies bear imprints of all the most important events of evolution of the Universe.

23 **Volodin I.A., Volodina E.V., Klenova A.V. Voice Breaking Occurs not Only in Humans**

Nestlings of Japanese crane obtain their adult voice when physically they already are barely discernible from their parents. Up to this point they continue to squeak, pretending to be «little» and demanding care.

30 **Kaleidoscope**

Map of Ocean Vortex Currents (30). New Deep-diving Vehicle (30). Magma Chamber Depth of Occurrence (30). Subglacial Lakes of Antarctica (30). Bathymetrical Map of the World Ocean (31). Parthenon Colors (31). «Windmill» Skyscraper (31). Rome Is an Eternal City, Indeed (31). The First in the World Commercial Tidal Power Plant (60). Amazonian Forests in Dry Seasons (60).

32 **Chichagov V.P. Man-made Sand Sea of Northern Africa**

In northern parts of Great Eastern Erg Desert at Tunisian territory the traces of antropogenic changes or even man-made sand seas are often encountered.

42 **Fachshuk D.Ya., Murav'ev V.B. Black Sea Vortices on Mariculture Service**

Underwater farms for salmon breeding installed in a dynamically active sea area near Sochi would have minimal impact on shoaling water conditions.

52 **Anisimov V.N. Hot Points of Contemporary Gerontology**

Ageing of human populations observed from the end of 20 century aroused a special interest in gerontology problems.

61 **Khlebovitch V.V. Homeostatic Levels**

Levels of temperature, salinity and pH preserving constant in internal environment of animals (homeostatic levels) are close to critical points of protein complexes stability. Why existing in vicinity of this dangerous thresholds turned to be optimal for organisms belonging to different taxonomic groups?

News from Expeditions

66 **Akhmet'eva N.P., Lapina E.E., Kudryashova V.V. Springs in Water Basin of Ivankovsk Reservoir**

73 **Scientific News**

Exoplanet With Giant Rock Core (73). A Planet in Triple Star System. **Wiebe D.Z.** (74). SQUID Made from Carbon Nanotubes (74). Quantum Computers on Polar Molecules (75). New Composite Materials Based on Graphen (75). Parthenogenesis in Monitor Lizard. **Semenov D.V.** (75). Allopolyploid Speciation in Ecaudata Amphibia. **Viktorov A.G.** (76). Deep-Water Sea Spiders (77). Unexpected Result of Accidental Introduction (77). Suicides and Social Changes in Russia (78). Plesiosaurs of Eastern Asia Marginal Territories. **Alifanov V.R.** (79). Visit to «Tcheluskin». **Rabinovitch I.I.** (80).

In Brief (51)

Book Reviews

82 **Surdin V.G. Humankind, its Ancestors and Doubles**

Koryakin V.S.
«A Message to Grandchildren» (86)

89 **New Books**

91 **Zakheim A.Yu. D.I.Mendeleev – Honorary Member of Academy of Arts**

Результаты конкурса научно-популярных статей



Подведены итоги очередного конкурса научно-популярных статей, который проводит Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ) среди держателей грантов. В РФФИ появился новый, восьмой отдел – «Фундаментальные основы инженерных наук», соответственно число возможных премий возросло до 48. Фактически присуждено 45 премий, они распределены по отделам неравномерно. Вот список победителей.

МАТЕМАТИКА, МЕХАНИКА, ИНФОРМАТИКА

Каримов М.Г. Стохастическая томография (Дагестанский государственный университет);
Учайкин В.В. Дробно-дифференциальная модель динамической памяти (Ульяновский государственный университет).

ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ

Акципетров О.А. Комбинационное рассеяние света от одиночной молекулы — наблюдаемо ли это? (Физический факультет Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова);
Гуляев Ю.В., Зильберман П.Е., Эпштейн Э.М. Перенос спинов в многослойных ферромагнетиках (Институт радиотехники и электроники РАН);
Ермолов П.Ф., Кубаровский А.В., Никитин В.А. Пентакварк — загадка физики частиц (Научно-исследовательский институт ядерной физики им.Д.В.Скобельцына);
Калинин Ю.Е., Золотухин И.В., Ситников А.В. Нанокompозитные структуры на пути в наноэлектронику (Воронежский государственный технический университет);
Расторгуев А.С., Бердников Л.Н., Самусь Н.Н. Современные наблюдения классических цефеид (Государственный астрономический институт им.П.К.Штернберга МГУ);
Сильченко О.К. Звездные ядра галактик (Государственный астрономический институт им.П.К.Штернберга МГУ);
Сокол Г.А., Комар А.А. Новый тип нестабильных атомных ядер — эта-мезонные ядра (Физический институт им.П.Н.Лебедева РАН).

ХИМИЯ

Волынский А.Л. Эффект Ребиндера в полимерах (химический факультет Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова);
Еремин В.В. Квантовая динамика окислительно-восстановительных реакций (химический факультет Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова);
Левицкий М.М., Биляченко А.Н., Рабкина А.Ю. Металлоорганосилоксаны. От лабораторных опытов к процессам в земной коре (Институт элементоорганических соединений им.А.Н.Несмеянова РАН);
Михайлов О.В. Реакции в организующих системах: новая terra incognita современной химии (Казанский государственный технологический университет).

БИОЛОГИЯ И МЕДИЦИНСКАЯ НАУКА

Алиева И.Б., Узбеков Р.Э. Центросома — на пути к разгадке «центральной загадки клеточной биологии» (Научно-исследовательский институт физико-химической биологии им.А.Н.Белозерского МГУ);
Бородин П.М. Генетическая рекомбинация в свете эволюции (Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск);
Грунина А.С., Рекубрятский А.В. Андрогенез у рыб, или только из мужского семени (Институт биологии развития им.Н.К.Кольцова РАН);

Зинкевич Э.П. Запах и жизнь (Институт проблем экологии и эволюции им.А.Н.Северцова РАН);
Киселев Ф.Л., Боринская С.А. Вакцина против рака — первые успехи (Российский онкологический научный центр им.Н.Н.Блохина РАМН);
Козлов А.И. О «сухом законе» для поселка и о джине для Председателя (Институт возрастной физиологии РАО);
Коренберг Э.И. Происхождение возбудителей природноочаговых болезней (Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им.Н.Ф.Гамалеи РАМН);
Лабас Ю.А., Гордеева А.В., Наглер Л.Г. Живые люстры Чижевского (Институт биохимии им.А.Н.Баха РАН);
Львов Д.К., Забережный А.Д., Алипер Т.И. Вирусы гриппа: события и прогнозы (Научно-исследовательский институт вирусологии им.Д.И.Ивановского РАМН);
Островский М.А. Парадокс зрения (Институт биохимической физики им.Н.М.Эмануэля РАН).

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Берман Д.И., Алфимов А.В. Два полюса холода под снежным покровом Евразии (Институт биологических проблем Севера ДВО РАН, Магадан);
Воронов А.Н. Родники Санкт-Петербурга (Санкт-Петербургский государственный университет);
Калинин Н.А., Смирнова А.А. Метеорологические радиолокаторы на службе у человека (Пермский государственный университет);
Каримова О.А., Зекцер И.С. Вода под водой: субмаринные источники (Институт водных проблем РАН);
Кароль И.Л., Киселев А.А. Что несут лесные пожары атмосфере (Главная геофизическая обсерватория им.А.И.Воейкова, Санкт-Петербург);
Пуцаровский Д.Ю., Зубкова Н.В. Новые возможности рентгенографии минералов (геологический факультет Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова);
Расцветаева Р.К. Как открыть новый минерал (Институт кристаллографии им.А.В.Шубникова РАН);
Родников А.Г., Забаринская Л.П., Сергеева Н.А. База геолого-геофизических данных для построения моделей глубинного строения осадочных бассейнов Земли (Геофизический центр РАН).

НАУКИ О ЧЕЛОВЕКЕ И ОБЩЕСТВЕ

Банников К.Л. К истокам рек и культур (Институт этнологии и антропологии РАН);
Дровеников И.С., Романов С.В. Уран-45 (Институт истории естествознания и техники им.С.И.Вавилова РАН);
Клюев Н.Н. Регионы пореформенной России в экологическом зеркале (Институт географии РАН);
Маньковская Н.Б., Бычков В.В. Виртуальность в пространстве современного искусства (Институт философии РАН);
Огнев К.К. Кино и научно-технический прогресс: время глобализации (Всероссийский государственный институт кинематографии им.С.А.Герасимова);
Рязанцев С.В. Миграция женщин из России за рубеж: тенденции, формы и последствия (Институт социально-политических исследований РАН);
Соколов К.Б. Глобализация культуры — благо или новая проблема? (ФГНИУ «Государственный институт искусствознания»);
Черных Е.Н. Металлургия Старого и Нового Света: разные пути развития (Институт археологии РАН);
Юревич А.В. Теневая наука: прошлое и настоящее (Институт психологии РАН).

СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ

Вольфенгаген В.Э. Аппликативный компьютеринг: попытки установить природу вычислений (Институт актуального образования «ЮрИнфоР-МГУ»);
Федотов А.М., Барахнин В.Б. Ресурсы сети Интернет как объект научного исследования (Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск).

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНЫХ НАУК

Данилевич Я.Б., Гусаров В.В., Кручинина И.Ю. Новые материалы — новые возможности для энергетики (Институт химии силикатов РАН);
Лебедев С.Г. Поиски высокотемпературной сверхпроводимости в гранулярных углеродных пленках (Институт ядерных исследований РАН);
Циркин А.В., Смирнов М.Ю., Табаков В.П. Тонкопленочные многослойные покрытия побеждают трещины (Ульяновский государственный технический университет).

Фундаментальные проблемы древнейшей науки

Б.Е.Боруцкий

Что происходит с нашей минералогией?

Существует ли сейчас такая наука — минералогия? Казалось бы, странно слышать подобный вопрос от доктора геолого-минералогических наук. Да, эту степень пока еще присуждают. Пока. Но даже в «Природе» рубрика «минералогия» отсутствовала, и статья А.А.Ярошевского «Минералогия земной коры» [1] напечатана в разделе «Геохимия. Геофизика», а минералогическая заметка А.П.Хомякова и Р.К.Расцветаевой «Как мы потеряли барсановит и обрели георгбарсановит» [2] — в разделе «Геология. Геотектоника. Петрология». Не существует рубрики «минералогия» и в Докладах РАН. Не упоминается минералогия и в числе приоритетных направлений нашей науки. В чем же дело? Почему так дискредитирована древнейшая «наука наук» о веществе Земли?

Доказывать, что минералогия — фундаментальная наука, значит ломиться в открытую дверь. Это всем известно. И если требуются какие-то точные данные о минералах, всегда ищут минералогов. Но вместе с тем иногда говорят, что минералогия утратила свое лидирующее положение и ей на смену пришла геохимия. Да, геохимия вроде бы имеет более широкий «кругозор», занимаясь земным веществом аж на уровне хими-



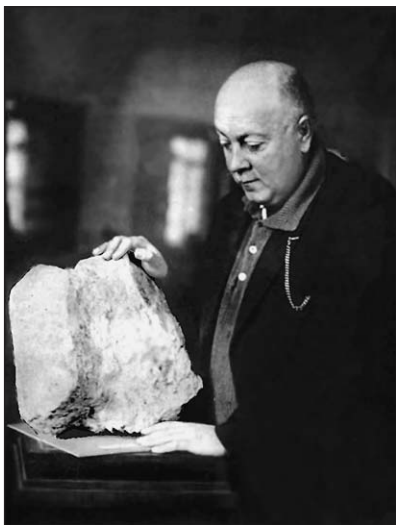
Борис Евгеньевич Боруцкий, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ) РАН. Специалист в области описательной и регионально-генетической минералогии. Почти полвека отдал изучению минералогии щелочных комплексов, в частности Хибинского массива на Кольском п-ове. За монографию «Минералогия Хибинского массива» (1978) был удостоен Премии Президиума АН СССР им.А.Е.Ферсмана.

ческих элементов. Но химические элементы не существуют сами по себе. В земных условиях они связаны в химические соединения — минералы. Именно минералы — объект минералогии — устойчивая форма, конечный результат любых геологических и геохимических процессов. И в земной коре, и в мантии (хотя там образуются другие соединения, устойчивые при высоком давлении), и, может быть, в ядре (хотя этого вещества никто еще не держал в руках). Прототипом недифференцированного вещества Земли считаются метеориты. Пусть так, но и они состоят из минералов. Магматические горные породы — объект петрологии — результат кристаллизации магматических расплавов. Но до

нас они дошли уже в раскристаллизованном виде, т.е. в виде агрегата минералов, и только по их свойствам можно судить о химическом составе расплавов, их температуре и истории формирования пород. Минералы, как образно сказал один наш крупнейший петролог, — «единственные живые свидетели процессов пороодообразования». Осадочные породы — тоже агрегат минералов. И метаморфические, хотя они образуются путем преобразования и замещения более ранних, первичных минеральных ассоциаций.

Таким образом, подменять минералогию геохимией — тоже самое, что, например, забыть про зоологию и ботанику и заниматься только биохимией. Думаю, что великие наши минера-

© Боруцкий Б.Е., 2007



А.Е.Ферсман (1883—1945).

логи В.И.Вернадский и А.Е.Ферсман, основатели отечественной геохимии, и представить себе не могли, что развитие науки может пойти таким нелепым путем. И как можно изучать минералы в отрыве от минералообразующих процессов и от той геологической среды, в которой они существуют? Кому могло прийти в голову, что геология может обойтись без минералогии?

К сожалению, виноваты в этой плачевной ситуации отчасти сами минералоги. Они молчаливо соглашались с бытательскими представлениями, что у минералогии якобы нет своих собственных методов исследования и она целиком основывается на методах химии, физики и кристаллографии. Из-за этого ее почему-то нельзя считать самостоятельной наукой! Минералогия как отрасль геологии — наука естественно-историческая, и главный метод минералога, как и любого другого естествоиспытателя природы, — наблюдение за природными объектами, проникновение в суть природных (т.е. проходящих независимо от нас) процессов, выяснение их места и роли в геологической истории Земли.

Но горькая доля правды, к сожалению, присутствует. Дей-

ствительно, в минералогии сейчас бескомпромиссно верховодят химики и рентгеноструктурщики, и многие минералоги даже забыли, что они — геологи, уткнулись в приборы и перестали понимать минерал как уникальное творение природы. Так, один крупнейший наш кристаллохимик писал: «Минералогия, хотя она и рассматривается как особая наука, все же представляет учение о неорганических соединениях, образующих наш земной шар, и является лишь частью химии, на представлениях которой она базируется полностью» [3]. По сути дела, это приговор минералогии, прямой призыв к превращению ее из геологической науки в химическую. Когда-то в древности, выясняя причины «целебных» свойств природных веществ, минералогия породила медицину, алхимию и саму химию. Теперь ей приходится за это расплачиваться: «не делай добра — не будет зла». От очень авторитетных ученых приходится слышать, что задачи минералогии — диагностика минералов и открытие новых их видов.

Категорически не соглашаясь с современным состоянием дел, констатируем, что у минералогии есть свои объекты, свои методы и свои задачи. Они не менее актуальны и значимы, чем в других науках о веществе. Низведение роли минералогии к роли «служанки» приоритетных наук о Земле приведет только к утрате огромного массива знаний об основной форме существования природного вещества.

Что касается открытия новых минеральных видов в настоящее время, то это особая, тесно связанная с «химизацией» минералогии, проблема. Эпидемия «размножения минеральных видов» захлестнула современную минералогию, превращая науку в «спортивное соревнование» со своими рекордами, чемпионами и допингами. Но об этом — по порядку.

Что такое минерал?

Мы уже частично затронули этот вопрос, рассматривая судьбу минералогии в целом. Общепринятое определение минерала — природное химическое соединение. Однако оно понимается исследователями по-разному.

Для химика важно, что минералы — химические соединения, и, следовательно, их можно описывать по законам химии, различать, разграничивать и классифицировать на основании химических критериев. Конечно, минералы намного сложнее тех соединений, которые химики синтезируют в лабораториях. Они образуются в природе независимо от нашего желания, при неизвестных нам параметрах, имеют сложный многокомпонентный химический состав, варьирующий в разных частях кристаллических индивидов, загрязнены изоморфными микропримесями, и, наконец, за многие миллионы лет геологической истории они подверглись существенным последующим изменениям.

Структурщики, ограниченные в своей профессиональной деятельности рамками применения рентгеноструктурного анализа, обяжали минерал иметь кристаллическую структуру, исключив из числа минералов тонкодисперсные (структура которых может изучаться только под электронным микроскопом или спектроскопическими методами) и метамиктные образования (распавшиеся под воздействием радиоактивного излучения). Их изучение становится все более и более актуальным в связи с развитием в последнее время наноминералогии — минералогии частиц с очень малой (ангстремовой) размерностью.

Специалисты смежных профессий, при всей их высочайшей квалификации, не хотят понять главного: минерал — природное образование и должен изучаться и классифицировать-

ся таким, какой он есть в природе, при тех реальных геологических обстановках и физико-химических параметрах, при которых возникает и затем существует в геологическом времени. Эта генетическая составляющая понятия «минерал» так же важна, как и его химический состав и структура. Минерал, вынутый из природной обстановки, перестает быть минералом! Об этом писал в последний год жизни академик Ферсман, глубоко озабоченный наметившимися тенденциями в развитии минералогии: «Не надо забывать, что минерал не просто химическое соединение из учебника химии, а природное тело со всей сложностью его законов и его историей» [4]. Эти слова прозвучали, как научное завещание академика, и кто мог предположить, что они станут так актуальны в наше время.

Что такое вид и разновидность минерального вида?

Это одна из главных фундаментальных проблем минералогии, определяющая содержание основных номенклатурных единиц в минералогической науке. Г.Б.Бокий считал, что вид должен быть наименьшей классификационной единицей для всех представителей царства минералов [3]. Но, сравнивая минералогию с другой естественно-исторической наукой — биологией, я считаю, что это неверно [5]. Во-первых, минералы разных групп так же сложны, как и живые организмы, и минеральные виды не могут выделяться по общим видообразующим признакам. Во-вторых, вид — не наименьшая, а соизмеримая единица, здесь (так же, как в биологии, где, кроме видов, выделяют подвиды, сорта, популяции) могут выделяться минеральные разновидности, структурные и морфологические формы (значение которых ничуть не меньше, чем мине-

ральных видов). В-третьих, как в биологии, так и в минералогии, понятие вид должно быть понятием генетическим, отражающим дискретность (устойчивость) определенной совокупности индивидов в тех или иных условиях. Последний вывод — основополагающий, так как виды должны разграничиваться по наиболее существенным прямым, а не косвенным признакам.

А что предложили и узаконили своими решениями минералогии-химики? Призванная контролировать номенклатурные вопросы Международная комиссия по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации (КНМНМ ММА) для твердых растворов и изоморфных смесей придумала простой и однозначный принцип деления минералов на самостоятельные виды, разбивая любые двухкомпонентные смеси посередине (принцип доминантности, или «правило 50%»). Мало того, все многообразие минералов переменного состава сводится к выделению и расчленению только тех или иных двухкомпонентных смесей. Это привело к «навязыванию» минералам формальных химических критериев, перечеркивающих все попытки выделения видов по естественно-генетическим признакам. Даже там, где внутри смесей есть реальные разрывы смесимости и точки фазовых переходов, химики упрямо делят их в отношении 50:50. Затем, в угоду «структурщикам», КНМНМ ММА распространила «правило 50%» на соотношение химических элементов в каждой из независимых структурных позиций в кристаллической решетке минерала [6]. Это открыло невиданные ранее возможности «размножения» числа новых минеральных видов как внутри хорошо изученных групп, так и внутри отдельных их видов, особенно в тех случаях, когда в структурах выделяют до десятка и более независимых позиций.

Естественно, эта внедренная химиками система не может удовлетворить минералогов-геологов. Почему? Во-первых, геологи о минералах знают несравненно больше, чем химики, и за более чем двухвековую историю детального их изучения давно уже выделили естественные дискретные совокупности индивидов с близкими свойствами, формирующиеся в конкретных обстановках. Они объективно существуют, прочно вошли в литературу, и вряд ли их нужно «переназывать». Внедряемая система ломает традиции, сложившиеся на основе многолетнего опыта, не предлагая взамен ничего кроме упрямого формализма. Во-вторых, аналогично живым организмам, минералы, участвуя в геологических процессах, обладают элементами «жизни». Они возникают (рождаются) при кристаллизации из расплавов или растворов или замещении ранее образованных минералов, существуют (живут) в меняющихся физико-химических и геологических условиях, реагируя изменением своего химического состава и структурных особенностей на изменение вмещающей минералообразующей среды, и разрушаются (умирают), когда эти условия становятся несовместимыми с их существованием.

Что же могут предложить геологи? Границы минерального вида должны определяться полем стабильности минерала. Нам представляется, что это единственный объективный критерий, отражающий генетические особенности минерала. Итак, минеральный вид — естественная дискретная совокупность минеральных индивидов, объединенная при рассматриваемых физико-химических параметрах наличием определенного поля стабильности, в пределах которого могут закономерно меняться и химические свойства, и особенности кристаллической структуры минерала, а за пределами которого он разру-

шается или замещается другими минералами* [5]. Несколько необходимых разъяснений. Во-первых, данная группа минералов должна быть достаточно хорошо изучена, в том числе физико-химически. В противном случае преждевременно выделять какие-либо минеральные виды. Это осложняет дело, затрудняя помещение исследуемого минерала после уточнения его состава и структуры в суще-

* Предложение ввести в определение минерального вида критерий его устойчивости очень важно и по существу правильно. Но возникает очень трудная и даже опасная проблема, с которой встречаются все генетические классификации в геологии. Обоснование генезиса (даже сведя содержание этого понятия к оценке физико-химических параметров и поля стабильности) представляет собой задачу, требующую для своего решения иной, дополняющей геологические наблюдения, информации и огромных специальных исследований — экспериментального определения физико-химических параметров, контролирующей стабильность данного соединения в терминах «химический состав — температура — давление». Кроме того, надо считаться с тем, что генетические представления в геологии — всегда модельные. В лучшем случае можно доказать их достаточность. Но никогда нельзя быть уверенным в их необходимости. Поэтому всегда в геологии сосуществовали две системы классификаций объектов — чисто эмпирические и так называемые «генетические». Они не противоречат друг другу, а дополняют. Но вводить и обсуждать генетическую классификацию того или иного геологического объекта можно, только опираясь на ясную и четкую, с максимально доступной однозначностью, эмпирическую систематику. В этом отношении стоит остановиться в качестве основного на следующем определении минерального вида: «стабильная дискретная совокупность минеральных индивидов, объединенная единым структурным типом и определенным (обусловленным структурной стехиометрией) химическим составом, в пределах которых могут закономерно меняться и химический состав, и конкретные особенности структуры». Слова же «при рассматриваемых физико-химических параметрах наличии определенного поля стабильности... за пределами которого он разрушается или замещается другими минералами» ввести как дополнительный критерий, но считать его, однако, в принципе обязательным. — *Примеч. зам. гл. ред. А.А.Ярошевского.*

ствующие классификационные схемы и системы, но открывает дополнительное поле деятельности для экспериментаторов. Во-вторых (это, может быть, неожиданно, но такова объективная реальность), границы вида могут варьировать в зависимости от системы, в которой мы рассматриваем минерал. (Если химики ограничивают нас двухкомпонентной системой, то мы можем рассмотреть минерал и в трехкомпонентной системе, и в системе состав — температура, состав — давление, в «сухой» системе и под давлением воды.) В-третьих (и это также неожиданно), химический состав и структурные особенности минерала в пределах поля устойчивости (внутри минерального вида) могут меняться при изменении других параметров системы. Для наглядности в качестве примера рассмотрим номенклатуру щелочных полевых шпатов.

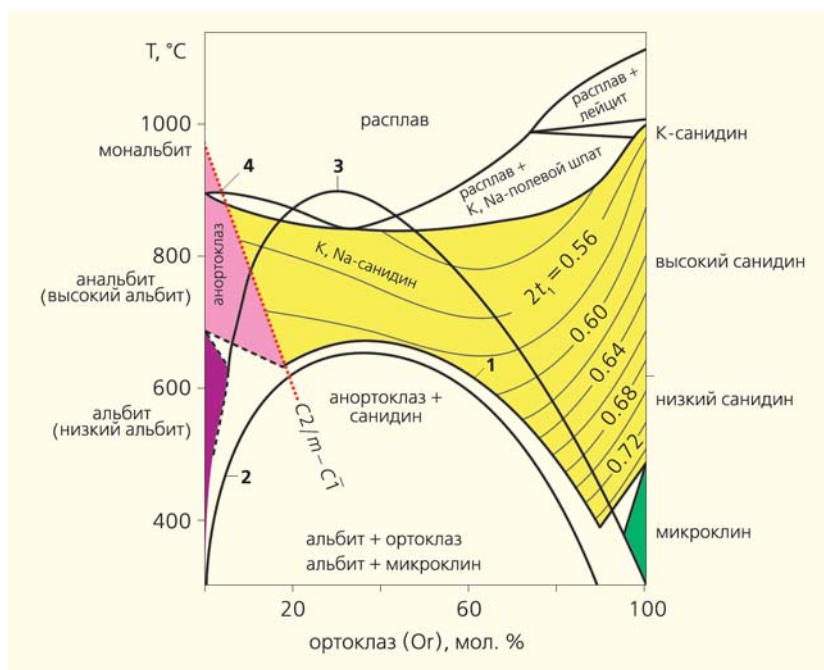
Группа щелочных полевых шпатов

Полевые шпаты хорошо изучены, так как они — главные породообразующие минералы большинства горных пород. Рассмотрим номенклатуру только одной из их групп — щелочных (кали-натриевых) полевых шпатов. На приведенной $T-x$ диаграмме [7] разным цветом выделены четыре поля стабильности: K,Na-санидина, анортоклаза, микроклина и альбита — четыре фазы, четыре самостоятельных минеральных вида (вместо двух, которые следовало бы выделить согласно рекомендациям КНМНМ ММА по «правилу 50%»: альбита — 0—50 мол.% Or и ортоклаза — 51—100 мол.% Or). Естественными границами выделенных полей стабильности (минеральных видов) служат кривая ликвидуса—солидуса (вверху), сольвуса (внизу) и границы фазовых переходов I рода, т.е. таких превращений, когда при температуре перехода ис-

пытывают разрыв первые производные функции свободной энергии Гиббса: энтропия, энтальпия, объем. На этих границах меняются либо симметрия (моноклинная на триклинную и $C2/m$ на $C1$), либо (скачкообразно) углы элементарной ячейки (α и γ), а превращения сопровождаются заметным энергетическим эффектом.

В пределах полей стабильности (минеральных видов) химический состав фаз меняется с изменениями температуры. Данная диаграмма отражает соотношение минералов для давления паров воды 1 кбар. В «сухой» системе изоморфизм в поле санидина становится полным (0—100 мол.% Or), так как кривая ликвидуса—солидуса находится выше положения мональбита. Это означает, что в таких условиях вместо двух минеральных видов, санидина и анортоклаза, существует только один — K,Na-полевой шпат.

Для анортоклазов из некоторых вулканитов щелочно-ультраосновного состава, содержащих много кальция, нельзя воспользоваться двухкомпонентной системой. Они должны описываться как тройные K,Na,Ca-полевые шпаты. Интересующимся читателям рекомендуем посмотреть раздел в справочнике «Минералы» [8]. Аналогичный анализ можно провести и для плагиоклазов. Для них также необходимо делать различия между высокотемпературной (неупорядоченной) и низкотемпературной (упорядоченной) сериями. Если ориентироваться на рекомендуемое КНМНМ ММА «правило 50%», то в понятие альбит нужно включить и олигоклазы, и андезины (0—50 мол.% An), а в понятие анортит — лабрадориты и битовниты (51—100 мол.% An). И потому распространенные вулканические породы андезиты должны быть переименованы в альбититы, а лабрадориты — в анортозиты, но это ведь совершенно разные породы, и ни один здравомыслящий петролог этого никогда



Разграничение минеральных видов щелочных полевых шпатов на основании естественно-генетических критериев с помощью диаграммы $T-x$ [7], составленной для $P = P(H_2O) = 1$ кбар, учитывающей степень Si/Al -упорядоченности фаз. Поля устойчивости K, Na -санидина закрашены желтым цветом, анортитового — розовым, микроклина — зеленым и альбита — фиолетовым. t_1 — относительное содержание Al в тетраэдрах. 1 — истинно-равновесная бинадаль, 2 — сольвус анальбит (высокий альбит)-санидин, 3 — сольвус альбит (низкий альбит)-микроклин, 4 — незакаливающийся фазовый переход моноклинный \rightarrow триклинный полевоы шпат, $C2/m \rightarrow C\bar{1}$.

делать не будет. Кроме того, альбитовая структура допускает примесь анортитового компонента не более 5 мол.%, а анортитовая — не более 10–15 мол.% альбитового компонента.

Таким образом, «правило 50%» в случае полевых шпатов не работает ни при высокотемпературных, ни при низкотемпературных условиях, а его применение для разграничения видов приведет к замене реальных взаимоотношений между минералами не существующими в природе надуманными формальными категориями.

Минеральные виды должны выделяться объективно, по границам их полей стабильности. Но ничто не мешает выделять разновидности внутри поля стабильности минерального вида по химическому составу или по особенностям структуры.

Физико-химическое изучение минералов, конечно, процедура сложная. Но выделять виды и разновидности минералов можно на основании наблюдения их взаимоотношений в природе. Например, сосуществование альбита и микроклина в полах пегматитов явно указывает на то, что это два самостоятельных минерала. Критерием самостоятельности служит также замещение одного минерала другим. Однако наблюдения в природе хорошо бы подкреплять экспериментом и физико-химическим анализом. Отсюда следует важнейший вывод — выделение новых минеральных видов должно доказываться, прежде всего, исследованиями фактического материала, а не волевыми решениями каких-либо комиссий, сколь бы не был авторитетен их состав и статус.

Проблема эвдиалита-эвколита

После всего сказанного можно прикоснуться и к проблеме эвдиалита-эвколита — наиболее острой проблеме в современной описательной минералогии, затронутой в статье А.П.Хомякова и Р.К.Расцветаевой [2]. И я глубоко благодарен авторам за то, что они спровоцировали меня на выступление в научно-популярной печати.

Эвдиалит — минерал-легенда и минерал-загадка. Расцветаева опубликовала о нем в «Природе» замечательную «структурную» сказку [9]. Поэтической легенду об эвдиалите рассказывала Ферману в Хибинах саамка Аннушка: «Давно это было. Напали на саамов враги и оттеснили их в горы. И здесь в тесных ущельях состоялась страшная битва. Много было пролито крови. Она и сейчас стоит в камнях, не уходя в землю. Только праведная кровь саамов осталась красной, а их врагов со временем почернела» [10]. Действительно, яркие малиново-красные зерна эвдиалита напоминают капельки «саамской крови», и они почти всегда соседствуют с растекшимися «лужицами» коварного черного энigmatита. Причина «красной» окраски эвдиалита долгое время оставалась неясной. Думали, что виноват в ней, как обычно, марганец, пока не выяснилось, что она обусловлена вхождением железа в необычную «плоско-



Кристаллы хибинского эвдиалита — «саамская кровь».

Фото автора



Н.В.Белов и И.Д.Борнеман-Старынкевич — исследователи, на протяжении всей жизни изучавшие особенности кристаллического строения и химического состава эвдиалита. 1961 г.

квадратную» четверную координацию [11], которая наблюдается еще только в одном минерале — джиллеспите $\text{BaFe}[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$.

Эвдиалит — визитная карточка Хибинского и Ловозерского массивов на Кольском п-ове. Это крупнейшие в мире комплексы, сложенные редкими породами — высокощелочными агпайтовыми нефелиновыми сиенитами. Минералы в них сформировались из расплавов и растворов экстремально высокой щелочности. Необычные условия образования предопределяют удивительно богатый и непостоянный состав эвдиалита. В нем, кроме значительных вариаций главных элементов — Na, Ca, Zr, Fe, может присутствовать в виде микропримесей до трети таблицы Менделеева и даже меняться содержание Si (чего не бывает в других силикатах). Известный наш химик и минералог, ученица и соратник Вернадского, И.Д.Борнеман-Старынкевич объясняла это наличием в структуре эвдиалита «боковой связи» — вхождением в структуру слабо связанных дополнительных молекул ряда элементов. Оказа-

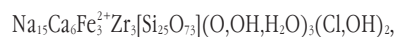
лось, что эвдиалит образуется и в породах не столь высокой щелочности, даже в щелочных гранитах, т.е. поле его устойчивости весьма широко. Все вышесказанное указывает на необычные, уникальные свойства эвдиалитовой кристаллической структуры, способной приспособиваться к различным, меняющимся условиям.

Выдающийся кристаллохимик Н.В.Белов обещал докторскую степень без защиты любому, кто расшифрует удивительную структуру. Однако долгое время это не удавалось сделать из-за очень большого объема элементарной ячейки (~1760 Å³). Наконец, структура была решена, причем почти одновременно и независимо в СССР и Италии, соответственно на хибинском (Юкспор) и гренландском (Кангердлуарсук) материале, и многое сразу стало ясным. Забегая вперед, скажем, что не подтвердился предполагаемый некоторыми учеными изоморфизм между Na и Ca (т.е. непрерывный ряд между эвдиалитом и эвколлитом), так как они оказались разобращенными по разным позициям. Ca-октаэдры собраны в 6-кольца, а Na-полиэдры (с более высокой координацией) распределены в структуре по пяти независимым позициям. Железо в виде плоско-квадратных групп, с помощью ребер Ca-октаэдров, стягивает 6-кольца друг с другом. Но самым уникальным элементом в структуре оказались кремнекислородные кольца. Кроме 3-колец $[\text{Si}_3\text{O}_9]$ были обнаружены 9-кольца $[\text{Si}_9\text{O}_{27}]$, построенные из трех диортогрупп $[\text{Si}_2\text{O}_7]$, связанных одиночными тетраэдрами $[\text{SiO}_4]$, развернутыми свободной кислородной вершиной внутрь кольца. Вот на эти свободные вершины может садиться дополнительный Si-тетраэдр (как было установлено в хибинском варианте структуры) или дополнительный Zr-октаэдр (зафиксированный итальянцами в гренландском варианте), превращая кольца в сплошные диски. В элементарной

ячейке — два таких кольца, т.е. в нее может войти либо два дополнительных Si-тетраэдра, либо тетраэдр и октаэдр. Блестяще подтвердилось предвидение Борнеман-Старынкевич — Na и Cl, а также K, входят в высококоординированные (слабо связанные) полиэдры внутри более жесткого Ca,Zr,Si-каркаса, и заселенность их может быть даже неполной. Эвдиалит оказался своеобразным аналогом цеолитов.

Пятнадцать лет спустя кристаллическая структура хибинского эвдиалита (с Расвумчорра) была повторно уточнена Расцветаевой с более высокой точностью. Многие ее детали позволяют говорить об открытии нового явления в минералогии, а именно о существовании в природе минералов, которые можно охарактеризовать как «минералы переменного состава и переменной структуры» [12]. Именно это открытие позволило объяснить удивительный механизм приспособления эвдиалита к изменению условий минералообразующей среды. Было установлено, что одни и те же элементы-микропримеси могут одновременно входить в разные структурные позиции, а разные элементы — в одну и ту же позицию, а из-за различия радиусов ионов и их зарядов могут перестраивать координационное окружение, меняя локальную симметрию (общий мотив структуры при этом, естественно, не меняется).

К сожалению, минералогов-химиков реальные явления мало интересуют, так как цель их деятельности — «размножение» видов. Максимально упростив модель кристаллической структуры эвдиалита и приняв одну из его разновидностей (высоко-натриевую и высоко-железистую) с дополнительными кремнием),



за «начало координат», все, что как-то от нее отличается по составу или структуре, они спешат объявить и зарегистрировать в качестве новых минеральных

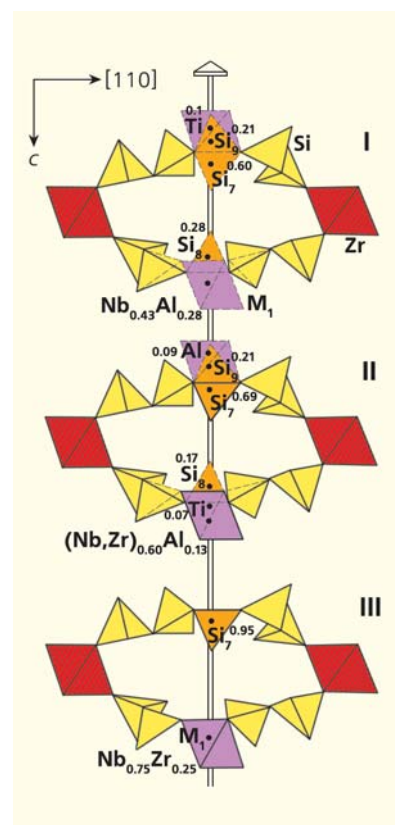
видов [13]. Естественно, что главным критерием служит пресловутый «принцип 50%». На примере эвдиалита наглядно видна абсурдность его применения. Асимметричность и/или различная заселенность дополнительных Si-тетраэдров и некоторых типов октаэдров (мелочь в масштабах всей эвдиалитовой структуры) может привести к исчезновению центра симметрии (изменению пространственной группы) или к удвоению элементарной ячейки. С точки зрения КНММ ММА, это уже достаточное основание для регистрации нового минерального вида. Не важна причина явления, достаточно следствия. Заселение более половины позиции одним и тем же «дополнительным» элементом, даже если содержание его ничтожно, приводит к возникновению нового минерала. А ведь, не считая атомов кислорода и других анионов (Cl, F, OH), в структуре эвдиалита насчитывается более 20 независимых кристаллографических позиций в нормальной ячейке и вдвое больше в удвоенной. Трудно даже подсчитать, во что может вылиться подобная «вегетативная гибридизация» минерала.

Эвколит был описан в 1847 г. Шерером как самостоятельный минеральный вид, но уже в 1857 г. Моллер доказал его идентичность с эвдиалитом. До недавних времен эвколитами традиционно обозначались разновидности эвдиалита, обогащенные кальцием, железом, марганцем, ниобием и редкоземельными элементами, т.е. это название — групповое (аналогичное, например, плагиоклазу по отношению к другим полевым шпатам). Эвколиты, как правило, имеют желтую, оливковую, красновато-бурую окраску, более высокие показатели преломления и плотность. Термин «эвколиты» имеет важное генетическое значение, так как в отличие от эвдиалитов, связанных в основном с высокощелочными агапайтовыми нефелиновыми си-

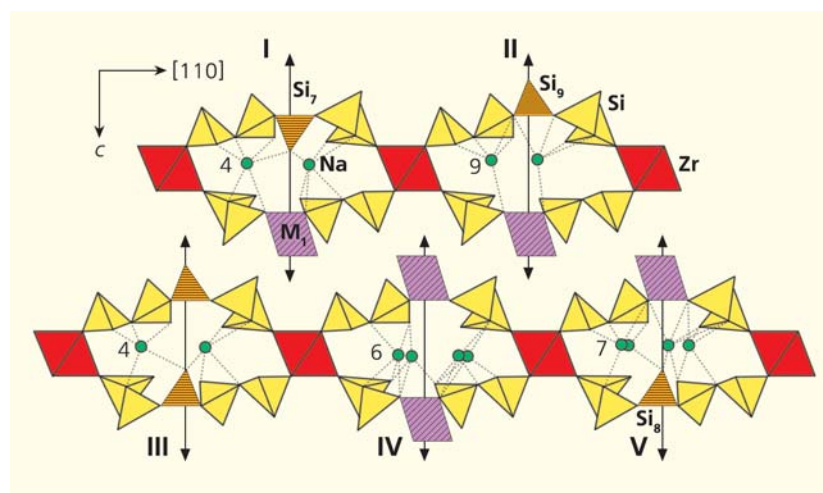
нитами и их разновидностями, они образуются в породах меньшей щелочности — щелочных гранитах, альбититах, ортоклазитах, фенитизированных гнейсах или в более поздних образованиях меньшей основности среди агапайтовых нефелиновых сиенитов.

Структурные отличия эвколитов долгое время не были известны, так как все расшифрованные структуры относились к собственно эвдиалиту. Детальное же уточнение структуры эвколита, выполненное Расцветаевой на материале из Хибин [14], должно расцениваться, ну, если не как открытие, то близко к тому. Жаль, что многие исследователи своевременно не придали значения структурным отличиям эвколита, да и сейчас наши иностранные коллеги на данную работу предпочитают не ссылаться. К сожалению, по отношению к отечественной науке это норма.

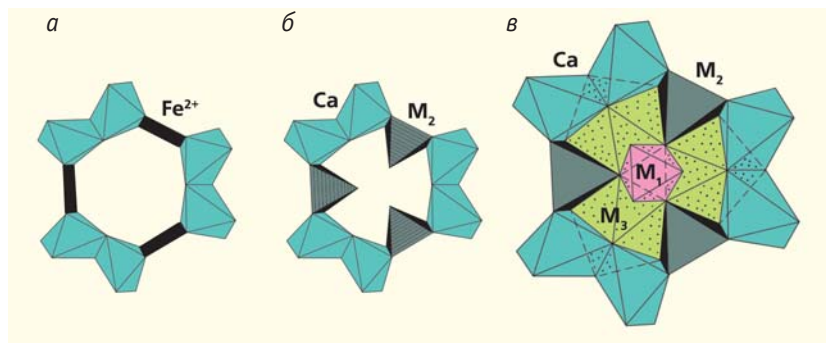
В структуре исследованного эвколита верхнее 9-кольцо отчетливо отличалось от нижнего: вверху преобладали дополнительные Si-тетраэдры над дополнительными октаэдрами, внизу — наоборот, октаэдры преобладали над Si-тетраэдра-



Заселение «верхнего» и «нижнего» 9-кремнекислородных колец дополнительными Si-тетраэдрами и дополнительными M₁-октаэдрами в эвколитах. I — хибинский эвколит, II — «красно-бурый» барсановит, III — «желто-зеленый» барсановит.



Статистически возможные варианты (I—V) заселения средней части колец и полости между ними в трансляционно-идентичных кольцах [Si₉O₂₇] в эвколитах в проекции на (110) [14]. Заштрихованы встроенные дополнительные Si-тетраэдры и октаэдры. Атомы Na показаны кружками, их связи с окружающими лигандами — пунктиром.



Возможные варианты заселения «позиции железа» (M_2) между 6-кольцами кальциевых октаэдров в структурах эвколитов [15]. *a* — «плоско-квадратная» 4-позиция Fe^{2+} ; *b* — полуоктаэдр (пирамида) Fe^{3+} , опирающаяся на «железный» квадрат; *v* — жесткий кластер из дополнительного M_1 -октаэдра (Nb, Zr, Ti, Al, W), M_2 -пирамиды (Fe^{3+} , Mn, Ti) и M_3 (Na_3)-восьмивершинников.

ми. Теоретически возможны пять вариантов различных сочетаний дополнительных Si-тетраэдров и октаэдров, но фактически в образце преобладали пары колец I варианта (61%). В позиции железа кроме Fe^{2+} (с заселением 0.63) присутствовали Fe^{3+} (0.09) и Mn (0.25), и дополнительный октаэдр (M_1) объединялся вместе с пирамидами и октаэдрами Fe^{3+} и Mn (M_2), а также Na_1 -восьмивершинниками (M_3) в жесткий кластер. И то, и другое вызывало сильную асимметрию структуры, что объяснило природу обнаруженного нами ранее во всех эвколитах заметного пьезоэффекта. Важным выводом было и то, что в пределах исследуемого кристалла эвколита разные варианты заселения микроэлементами (так же, как в эвдиалитах) сосуществуют статистически. Следовательно, минерал активно взаимодействует с окружающей минералообразующей средой в ходе роста и дальнейших преобразований.

Уточнение структур редкоземельных Fe-эвколита из Хибин и Mn-эвколита с Енисейского кряжа [15] подтвердило, что и для них характерен I вариант распределения дополнительных Si-тетраэдров и M_1 -октаэдров. Состав последних в исследованных образцах: $(Nb_{0.60}Zr_{0.26}Al_{0.14})$ и $(Nb_{0.57}Zr_{0.13}Al_{0.30})$ соответствен-

но, т.е. дополнительные октаэдры M_1 заселены полностью, в том числе почти на 2/3 ниобием. Дефицит Fe в M_2 -позициях в первом образце восполняется Zr, а во втором — Mn. Mn-эвколит с Енисейского кряжа (образец Е.В.Свешниковой) отличался дефицитом кальция и железа и избытком марганца, редких земель и воды, а также полным отсутствием хлора. При столь высоком содержании Mn уверенно входит в ряд других позиций в структуре — в позицию кальция, железа и (вместе с редкими землями) в позицию натрия.

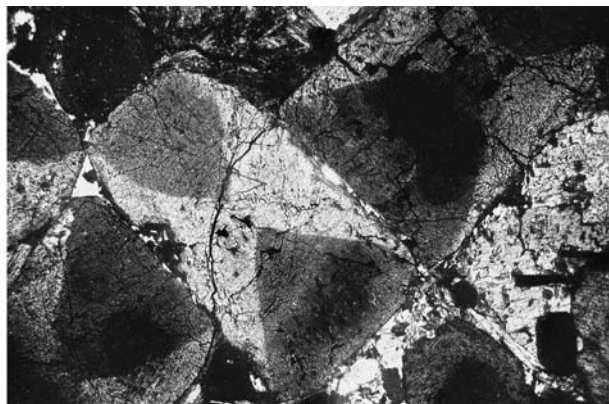
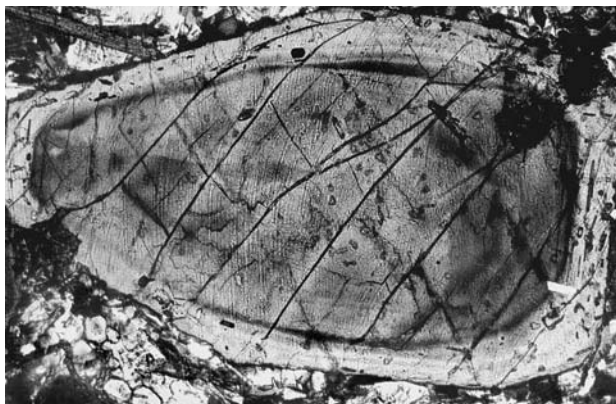
Таким образом, благодаря высокому профессионализму Р.К.Расцветаевой, была решена проблема эвколита и дана структурная интерпретация одного из важнейших и самых распространенных в природе фундаментальных явлений — образованию минералов переменного состава с переменной структурой.

Но тут в игру вмешались исследователи, вооруженные плодотворным «правилом 50%». Мы были очень удивлены, когда появилось описание Mn-REE-Nb-Г-члена эвдиалитовой группы — кентбруксита из Кангердлугсука в статусе нового минерального вида, почти такого же химического состава и с теми же структурными особенностями, что и эвколит с Енисейского кряжа

[16]. При этом авторы публикации, отталкиваясь лишь от далекого по химическому составу «классического эвдиалита», не сочли нужным провести сравнение своих данных с нашими, сделав вид, что не знают структурной работы восьмилетней давности. Nb в кентбрукситах было всего 0.55 (чуть больше половины позиции M_1), REE — всего 1.04 от 6.00 в Ca-кольце и от 15.00 в позициях Na; как и в енисейском эвколите, хлор был заменен на фтор, хотя безусловно было больше Mn — 1.78 в Ca-кольце и 1.90 (больше половины) в «железной» позиции M_2 . Еще большее недоумение вызвало появление вслед за кентбрукситом феррикентбруксита, который вообще уже ничем не отличался от обычных эвколитов, так как при этом уже не делался акцент на присутствии редких земель и фтора.

Подобные публикации открыли широкую дорогу планомерной диверсии против эвколита. Уже сейчас зарегистрировано более двух десятков минералов эвдиалитовой группы. Не сомневаюсь, что данными методами селекции их число будет доведено до нескольких сотен. Но это уже не имеет никакого отношения к минералогии.

У всех этих «новорожденных» есть несколько общих специфических особенностей. Во-первых, видообразующими компонентами в них (за исключением аллуайвита) являются дополнительные микропримеси, занимающие (как это характерно для цеолитов) полости в каркасе структуры. Во-вторых, содержание видообразующей микропримеси в структуре обычно дотягивает или чуть превышает половину какой-либо структурной позиции. И, в-третьих, диагностировать эти «новые» минеральные виды можно только путем проведения прецизионного структурного анализа (который на сегодняшний день могут выполнить только несколько лабораторий в мире), так как необходимо убедиться в том, что



Зональные (слева) и секториальные кристаллы эвдиалита из Ловозерского массива под оптическим микроскопом.

Фото Е.Е.Костылевой-Лабунцовой

данная микропримесь входит действительно в нужную структурную позицию, а не «размазывается» по некоторым другим. (Например, если в образце в дополнительном октаэдре M_1 вольфрама будет не 0.56 мол.%, как было найдено в хомяковите, а всего 0.49, или содержание его достаточно высокое, но он входит еще и в другие позиции, то это уже не хомяковит, а безымянный эвдиалит.) Кроме того, метод «размножения» не решает проблемы эвдиалита-эвколита в целом. «За бортом» навязываемой номенклатуры остается огромное число реальных минеральных индивидов, в которых содержание определенных микропримесей не дотягивает до 50% в нужных позициях или велико, но «размазано» по разным позициям, или велико, но распределение их неизвестно, так как нет возможности провести уточнение структуры. Что же, эти минералы останутся без названия? Ведь эвдиалит, по мнению новых исследователей, для них не подходит, а эвколит ими уже не употребляется.

Возвращаясь к геологическому содержанию минералогической науки, отметим, что проблема эвдиалита-эвколита таит в себе богатые возможности. Кроме скрытой химической и структурной неоднородности, этот минерал нередко проявляет зональное и секториальное строение зерен. Ростовые осо-

бенности индивидов, естественно, не могут быть основанием для выделения самостоятельных минеральных видов. Однако в эвдиалите известны случаи реакционного замещения одной его разновидности другой при изменении природных условий. Такие случаи несомненно требуют внимания и изучения.

Барсановит

В свете изложенного выше проблемы «барсановита» не должно существовать — она уже закрыта, и статья о барсановите и георгбарсановите [2] вызвала у меня удивление. Но поскольку такая статья появилась, я вынужден дать некоторые пояснения.

Проблема барсановита возникла еще в «деструктурный» период, когда в хибинских породах был описан новый моноклинный цирконосиликат, обладающий пьезоэффектом и оптической двуосностью. Вполне естественно, что после расчета обычного эвдиалитового химического анализа на маленькую моноклинную ячейку химическая формула его стала неузнаваемой. Барсановит был обнаружен в свалах в русле р.Петрелиуса. Он развивался по зерну обычного красно-бурого эвдиалита вдоль ветвящихся трещинок в виде желто-зеленой разности [17]. Характер изменения был аналогичен замещению эв-

диалита эвколитом, описанному М.Д.Дорфманом в пегматитах горы Юкспор. Все различия сводились к моноклинной симметрии новообразованного минерала. Этот цирконосиликат без вопросов утвердили союзной, а затем и международной КНМН ММА под именем барсановита, в честь известного минералога Г.П.Барсанова.

Но когда Дорфман принес образец Е.Е.Костылевой-Лабунцовой, всю жизнь изучавшей эвдиалиты, она сразу определила в нем типичный эвколит. Поскольку я тогда занимался составлением монографии «Минералогия Хибинского массива», мне и поручили «разобраться» с возникшей проблемой. Нужно сказать, что морально это было не просто. Барсанов — мой учитель на кафедре минералогии в Московском государственном университете, руководитель моего диплома. Но он учил меня честно и принципиально относиться к науке. Я поехал в Минералогический музей АН СССР и объяснил Георгию Павловичу щекотливость положения. Ни секунды не колеблясь, он распорядился отщипнуть мне кусочек желто-зеленого голотипа, чтобы не было сомнений в оригинальности материала.

«Разборка» вылилась в детальное сравнительное исследование совместно с Н.И.Органовой и Е.С.Рудницкой барсановита и серии проанализированных

рентгеновскими, оптическими и ИК-спектроскопическими методами эвдиалитов и эвколитов из Хибинского, Ловозерского и других массивов. На физфаке МГУ для всех образцов измерили величину пьезоэффекта. Результаты были доложены на специальном заседании отдела минералогии ИГЕМ АН СССР под председательством академика Ф.В.Чухрова. Были приглашены авторы барсановита, исследователи, хорошо знающие эвдиалит, ведущие специалисты в области рентгеноструктурного анализа, а также председатель союзной КНМНМ В.А.Франк-Камеицкий. Вывод был однозначным. Только после этого материалы направили в КНМНМ ММА, и барсановит как новый минеральный вид цирконосиликатов дискредитировали.

Дальнейшее уже более известно. Через 20 лет была предпринята попытка «реабилитации» барсановита, и его кристаллическая структура подверглась прецизионному рентгеноструктурному анализу [18]. Моноклинная симметрия не подтвердилась. Структура оказалась идентична кристаллическим структурам эвколитов, естест-

венно с теми или иными, типичными для них различиями заселенности локальных позиций. При этом было дано структурное обоснование процесса «эвколитизации» эвдиалита.

Исследованные барсановиты представляли собой частные случаи эвколитов, разновидности эвдиалита. Проблему барсановита закрыли и на структурном уровне.

Новая попытка реанимировать все те же данные под другим названием георгбарсановита — ничего, кроме спекуляций, к проблеме эвдиалита-эвколита не добавляет. Это уже совсем другая проблема, связанная с фатальным стремлением лидировать в деле «размножения» числа минеральных видов, так сказать, «любой ценой». К науке это отношения не имеет. К сожалению, не осталось никакой надежды, что именем Г.П.Барсанова будет назван действительно новый, добротный минеральный вид.

Итоги

Итоги, в общем, не утешительны. Минералогия в настоящее время решает гамлетовский

вопрос: «быть или не быть?». Быть ли «востребованной» геологической фундаментальной наукой или замкнуться только в рамках диагностики, открытия и «размножения» новых минеральных видов? Причем благоприятная, казалось бы, задача низводится до утверждения новых названий. Именно названий, так как диагностика большинства из открываемых ныне минералов не может быть выполнена без проведения структурного точного исследования, и ни один коллекционер не может быть уверен, не приобрел ли он на рынке «кота в мешке».

Речь в статье шла в основном об описательной минералогии. Кроме нее, существуют еще генетическая, региональная, регионально-генетическая, технологическая, медицинская, космическая и другие виды со своими специализированными объектами, задачами и методами. И не так уж важно, включили минералогия «великие мира сего» в число приоритетных направлений или нет. Минералогия, пока они еще живут, будет изучать минеральное вещество нашей планеты всеми доступными им методами. ■

Литература

1. Ярошевский А.А. Минералогия земной коры // Природа. 2005. №1. С.35—44.
2. Хомяков А.П., Расцветаева Р.К. Как мы потеряли барсановит и обрели георгбарсановит // Природа. 2005. №12. С.25—28.
3. Боккий Г.Б. Систематика природных силикатов // Итоги науки и техники. Сер. Кристаллохимия. Т.31. М., 1997.
4. Ферсман А.Е. // ЗВМО. 1945. Ч.74. Вып.1. С.10—24.
5. Боруцкий Б.Е. // Новые данные о минералах. М., 2005. Вып.40. С.159—166.
6. Никель Е.Х., Грайс Д.Д. // ЗВМО. 1999. Ч.128. №2. С.51—65.
7. Сендеров Э.Э. Процессы упорядочения каркасных силикатов. М., 1990.
8. Минералы. Справочник. Т.V. Каркасные силикаты. Вып.1: Силикаты с разорванными каркасами. Полевые шпаты / Ред. Г.Б.Боккий, Б.Е.Боруцкий. М., 2003.
9. Расцветаева Р.К. Царь Эвдиалит и его династия // Природа. 2001. №4. С.63—67.
10. Ферсман А.Е. Путешествия за камнем. М., 1960.
11. Pol'shin E.V., Platonov A.N., Borutzky B.E. et al. // Physics and Chemistry of Minerals. 1991. T.18. S.117—125.
12. Расцветаева Р.К., Боруцкий Б.Е. // Минералог. журн. 1988. Т.10. №1. С.48—57.
13. Jobnsen O., Ferraris G., Gault R.A. et al. // Canad. Miner. 2003. V.41. Pt.3. P.785—794.
14. Расцветаева Р.К., Боруцкий Б.Е., Гусев А.И. // Кристаллография. 1988. Т.33. №2. С.207—210.
15. Расцветаева Р.К., Боруцкий Б.Е. // Минералог. журн. 1990. Т.12. №4. С.81—88.
16. Jobnsen O., Grice J.D., Gault R.A. // Eur. J. Mineral. 1998. V.10. P.207—219.
17. Дорфман М.Д., Илюхин В.В., Бурова Т.А. // Докл. АН СССР. 1963. Т.153. №5. С.1164—1167.
18. Расцветаева Р.К., Разманова З.П., Боруцкий Б.Е., Дорфман М.Д. // ЗВМО. 1990. Т.119. Вып.3. С.65—72.

Звездные ядра галактик



О.К.Сильченко

Как устроены галактики? На примере близкой спиральной галактики М 81 (рис.1) хорошо видно, что у галактик выделяются две основные структурные компоненты — большие плоские звездные диски, богатые голубыми (молодыми) звездами, и большие звездные сфероиды в центре, отличающиеся красноватым цветом, — так называемые балджи. Мы будем говорить только о видимых компонентах, состоящих из звезд, газа — всего, что излучает; вопрос о гипотетических «темных» компонентах — темной материи, темной энергии, черных дырах — оставим другим авторам. Внутри балджей часто видны крошечные очень яркие компактные образования — звездные ядра. Что такое ядра, долгое время было не ясно. Может быть, это просто самая центральная точка балджа, а поскольку поверхностная яркость балджа растет к центру, нам и кажется, что ядро выделяется повышенной яркостью? Или это гигантское звездное скопление, подобное шаровым скоплениям гало нашей Галактики, которое в результате долгой динамической эволюции упало в центр галактики? И как образовалось ядро — вместе с балджем или позднее? Чтобы ответить на все эти вопросы, нужно было исследовать свойства звездных ядер — их массы, вращение, их возраст и др. — а потом сравнить свойства ядер галактик со свойствами других звездных подсистем. В эпоху фотографи-



Ольга Касьяновна Сильченко, доктор физико-математических наук, заведующая отделом физики эмиссионных звезд и галактик Государственного астрономического института им. П.К.Штернберга МГУ им. М.В.Ломоносова. Область научных интересов — структура и эволюция галактик, звездное население центральных областей галактик. Лауреат Государственной премии РФ (2003).

ческой фотометрии галактик самую яркую их подсистему — ядро — как ни странно, изучать было невозможно: на снимках они получались всегда передержанными. По-настоящему исследованием звездных ядер галактик астрономы занялись только в последние 15 лет, когда появились приемники с зарядовой связью (ПЗС), способные одновременно измерять потоки света в большом динамическом диапазоне, и когда заработал в полную силу космический телескоп «Хаббл» (HST), позволивший фотометрировать галактики с пространственным разрешением на порядок выше, чем это возможно с Земли. С помощью HST удалось подобраться к самым центрам галактик и увидеть в деталях их структуру, а последующие спектральные наблюдения с Земли с помощью мощных спектрографов, оснащенных ПЗС, дали нам знания о динамических свойствах и характеристиках звездного населения ядер.

Все-таки диски!

Что будет, если дисковую галактику поместить в достаточно «пустой» кусок пространства и оставить в покое? Самое интересное, что она не будет долгое время оставаться такой, какой была изначально: динамическое моделирование показывает, что в тонком звездно-газовом диске довольно быстро начинают сами собой развиваться внутренние неустойчивости, которые приводят к глобальной перестройке структуры галактики. В первоначально круглом, осесимметричном диске появляются вытянутые структуры — «бары», в гравитационном поле которых газовые облака сходят со своих первоначально круговых орбит вращения и начинают потихоньку «стекает» к центру галактики. Вблизи центра газ накапливается, уплотняется, и в нем «зажигаются» процессы звездообразования — из плотных сгустков газа начинают рождаться новые звезды. Со стороны это выглядит,

© Сильченко О.К., 2007



Рис.1. Близкая спиральная галактика М 81 — пример классической структуры галактик: диск, балдж и ядро.

Фото Р.Гендлера (R.Gendler)



Рис.2. Галактика NGC 6782. Изображение получено космическим телескопом «Хаббл».

как, например, в галактике с баром NGC 6782 (рис.2): здесь спиралевидный путь межзвездной среды в центр виден как темный пылевой рукав, а центральная вспышка звездообразования — как компактный голубой диск в центре галактики.

Но во Вселенной галактики в основном располагаются не в «пустых» местах, а рядом с другими такими же галактиками — они собраны в большие скопления и в малые группы. Поэтому на эволюцию структуры галактики влияют не только ее внутренние неустойчивости, но и внешние гравитационные воздействия соседей.

Любые взаимодействия возмущают — «нагревают» — большие газовые диски галактик, усиливают хаотические движения газовых облаков; облака начинают часто сталкиваться друг

с другом, теряют в этих столкновениях момент вращения и быстро и эффективно сваливаются в центр галактики. Последствие этого — все та же околоядерная вспышка звездообразования. Поскольку газ движется в диске, и геометрия распределения молодых звезд вблизи центра также должна быть дисковой. Характерные времена таких событий — меньше миллиарда лет. После окончания вспышки звездообразования вновь сформировавшаяся структура — околоядерный звездный диск — начинает жить своей независимой жизнью: быстро вращается, быстрее, чем окружающий его сфероидальный балдж, и потихоньку стареет: становится все краснее и краснее.

Мы подошли к проблеме исследования вращения и возраста звездного населения околоядер-

ных дисков с новой стороны — используя подход панорамной спектроскопии и Мультизрачковый спектрограф 6-метрового телескопа (MPFS) Специальной астрофизической обсерватории РАН (пос.Нижний Архыз, Карачаево-Черкесия), созданный в 1989 г. и последний раз модифицированный в 1998 г. Панорамная спектроскопия — довольно новый, очень эффективный метод спектрального исследования протяженных небесных объектов, таких как галактики: он позволяет за одну экспозицию, длительностью, скажем, один час, получить сразу несколько сотен спектров от разных точек объекта. В случае Мультизрачкового спектрографа пространственные элементы упакованы так плотно, что мы фактически получаем двумерные карты спектральных характеристик звездной и газовой составляющей в исследуемой области галактики: поля лучевых скоростей звезд и газа, поля скоростей вращения и средних хаотических скоростей звезд в галактиках («дисперсии скоростей»), распределения по галактике интенсивности континуума и эквивалентных ширин спектральных линий. Панорамная спектроскопия дала нам возможность воочию убедиться, что действительно в центрах многих галактик можно найти отдельные околоядерные звездные диски. Они выделяются компактными размерами, не больше сотни парсек, и относительно молодым средним возрастом звездного населения, не старше 1—5 млрд лет. Балджи, в которые погружены эти околоядерные диски, заметно старше, то есть околоядерные звездные диски внутри балджей действительно образовались в отдельных вспышках звездообразования в центрах галактик.

Вот один из характерных примеров (рис.3): Sa-галактика NGC 3623 (член группы из трех спиральных галактик), исследованная с европейским панорамным спектрографом SAURON —

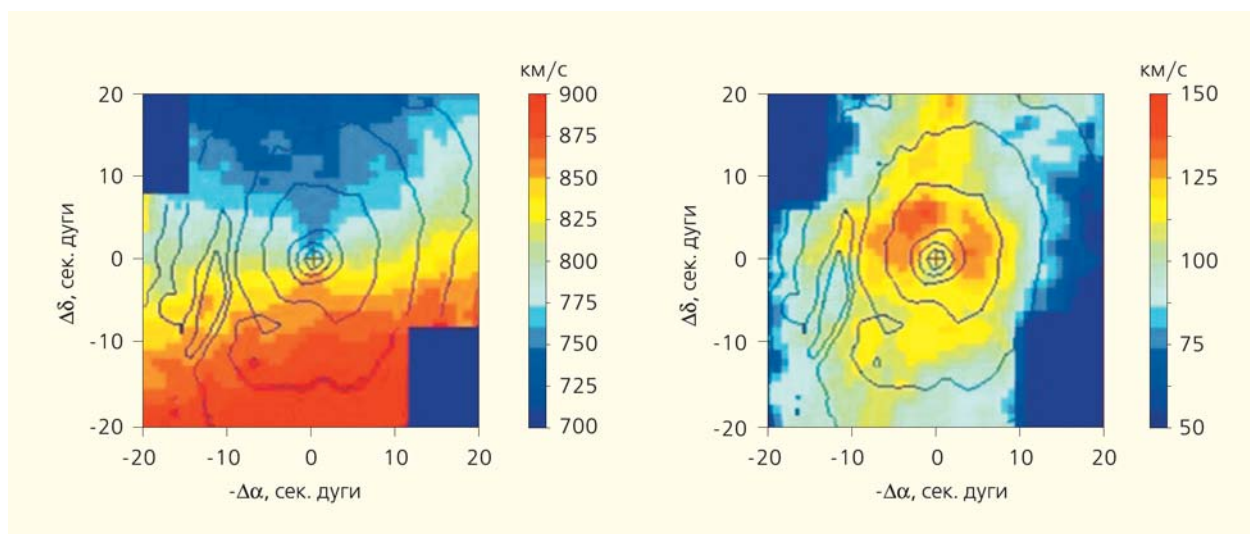


Рис.3. Распределение скоростей звезд в центральной области спиральной галактики NGC 3623 морфологического типа Sa. Слева — поле скоростей вращения звезд, справа — карта дисперсии скоростей звезд.

прибором 1999 года рождения с большим, чем у MPFS, полем зрения. Эта картинка — результат нашей собственной обработки данных SAURON, она опубликована в нашей недавней статье о группе галактик Триплет Льва [1]. Присутствие околоядерного звездного диска на этих картах выдают минимум дисперсии скоростей в центре (рис.3, справа) и заостренная форма изолиний скоростей вращения (рис.3, слева): эти признаки означают, что в самом центре галактики мы видим динамически холодную, быстро вращающуюся звездную подсистему, т.е. диск внутри балджа.

В центре самых близких нам галактик — нашей собственной и ближайшей нашей соседки Туманности Андромеды — околоядерные звездные диски наблюдаются с особой детальностью и выглядят весьма экзотично.

Что видно поблизости?

В Туманности Андромеды, гигантской спиральной галактике, по каталогу Шарля Мессье носящей номер М 31, еще несколько лет назад космический

телескоп «Хаббл» обнаружил в центре сразу два точечных ядра (рис.4). Одно из них выглядело в видимых (зеленых) лучах более ярким, другое более слабым; но когда построили карту скоростей вращения и дисперсии скоростей звезд, выяснилось, что динамический центр галактики — это более слабое ядро, и именно там находится сверхмассивная черная дыра. После нескольких не очень удачных попыток построить динамически устойчивую модель звездной системы, которая со стороны выглядела бы как два точечных ядра, астрономическое общественное мнение остановилось на модели Скотта Тремэйна «эксцентрического околоядерного звездного диска» [3] (скорее всего, плоскость этого диска наклонена по отношению к плоскости большого, внешнего звездного диска галактики). В этой модели околоядерный звездный диск М 31 — не круглый, а эллиптический, и динамический центр — сверхмассивная черная дыра — находится в одном из фокусов этого эллипса. В точке звездных орбит, наиболее удаленной от динамического центра, звезды движутся медленнее всего, и там они

как бы толпятся из-за замедления своего вращения вокруг него. Такое скучивание звезд вокруг апоцентра звездных орбит околоядерного диска вызывает видимый эффект яркого точечного ядра. Речь здесь идет о том, что мы видим в зеленых и красных лучах; основное звездное население этого эксцентричного околоядерного диска — относительно старые звезды, красные гиганты. Однако когда космический телескоп «Хаббл» снял центр Туманности Андромеды уже не в зеленых, а в ультрафиолетовых лучах, оказалось, что то ядро, которое было ярким в видимой области спектра, в ультрафиолете почти не видно. Это не стало сюрпризом: красные гиганты почти не светят в ультрафиолетовых лучах; зато на месте динамического центра обнаружилась компактная яркая звездная структура. Исследование ее кинематики показало, что она состоит из молодых звезд, вращающихся по практически круговым орбитам. Таким образом, в центре М 31 найдено сразу два околоядерных звездных диска: один из старых звезд и эллиптический, другой из молодых звезд и круглый; однако плоскости

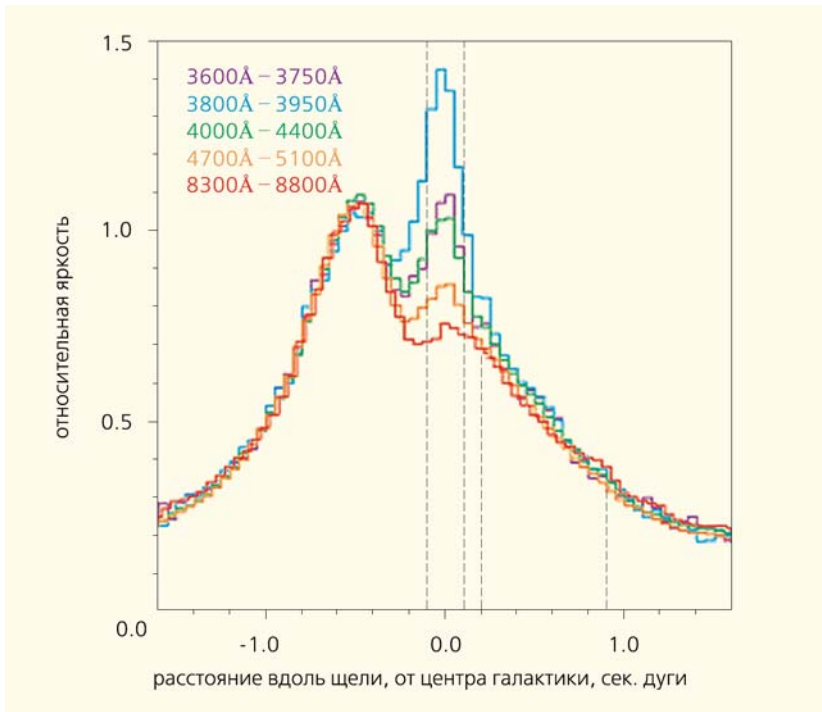
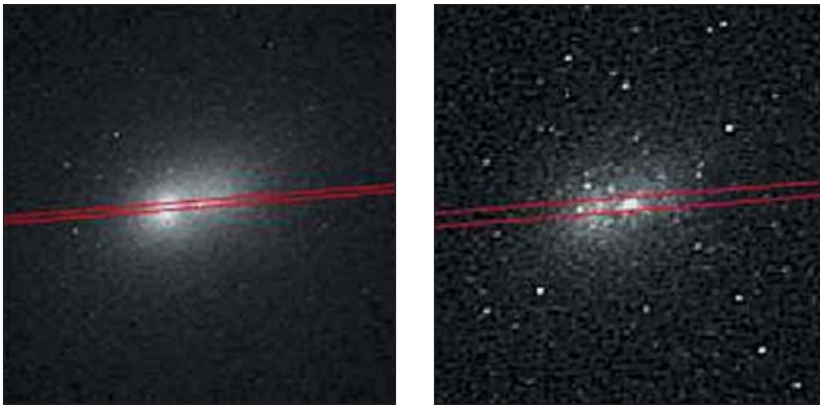


Рис.4. Околяядерный звездный диск в центре Туманности Андромеды, как его видит космический телескоп «Хаббл» [2]: сверху слева — снимок в зеленых лучах (через фильтр HST/F555W), справа — снимок в ультрафиолетовых лучах (через фильтр HST/F300W), оба снимка охватывают площадку размером 6.4"; внизу — разрезы яркости вдоль красной полоски на фотографиях в разных длинах волн.

этих дисков совпадают, и звезды в них вращаются в одну сторону. Можно считать, что мы видим последствия двух вспышек звездообразования, случившихся одна — давно, другая — недавно; но газ попадал к месту своего превращения в звезды, очевидно, сходными путями.

Центр нашей Галактики в последние годы тоже изучили до-

статочно подробно, но с помощью уже не космического телескопа «Хаббл», а инфракрасных приемников 8-метрового телескопа Южной Европейской обсерватории VLT (Чили, гора Параналь); эти работы ведут немецкие астрофизики во главе с Р.Гензелем [4]. Дело в том, что центр мы наблюдаем через 8-килопарсекую толщу пыли,

собранной в диске нашей Галактики, и потому в оптическом диапазоне спектра там просто ничего не видно. А вот на длине волны 2 мкм, где поглощение пыли минимально, сейчас с новыми инфракрасными ПЗС-приемниками и с адаптивной оптикой, позволяющей значительно улучшать пространственное разрешение изображений, астрономы видят там практически каждую массивную, т.е. яркую, звезду. Для каждой звезды получают спектр и измеряют, в частности, проекцию скорости звезды на луч зрения, идущий от нас к звезде. А сравнивая положение на картинке звезды в данный момент с ее положением, например, пять лет назад, определяют и компоненту скорости в картинной плоскости. Так удастся восстановить скорость и направление движения каждой звезды в трехмерном пространстве. Недавний анализ этих данных для нескольких десятков массивных звезд [4] дал сенсационный результат: большинство звезд демонстрирует упорядоченное вращение, но проекция на луч зрения скорости вращения для одной части звезд направлена в одну сторону, а для другой части — в противоположную, рис.5. С помощью небольших геометрических усилий удалось приписать каждую звезду к одному из двух дисков. Но, в отличие от двух околяядерных звездных дисков Туманности Андромеды, два околяядерных диска Галактики лежат в несовпадающих плоскостях, сильно наклоненных одна к другой, почти взаимно полярных. А вот возраст звезд в них оказался примерно одинаковым — большинство звезд центра Галактики образовалось во вспышке звездообразования 6 млн. лет назад. Итак, на этот раз имели место тоже две вспышки звездообразования, но одновременно; а вот источников газа для этих вспышек звездообразования должно было быть два, с разными моментами вращения.

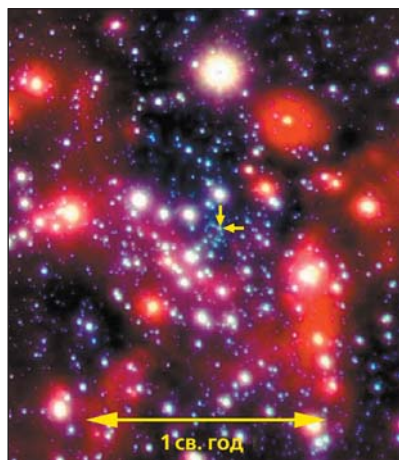
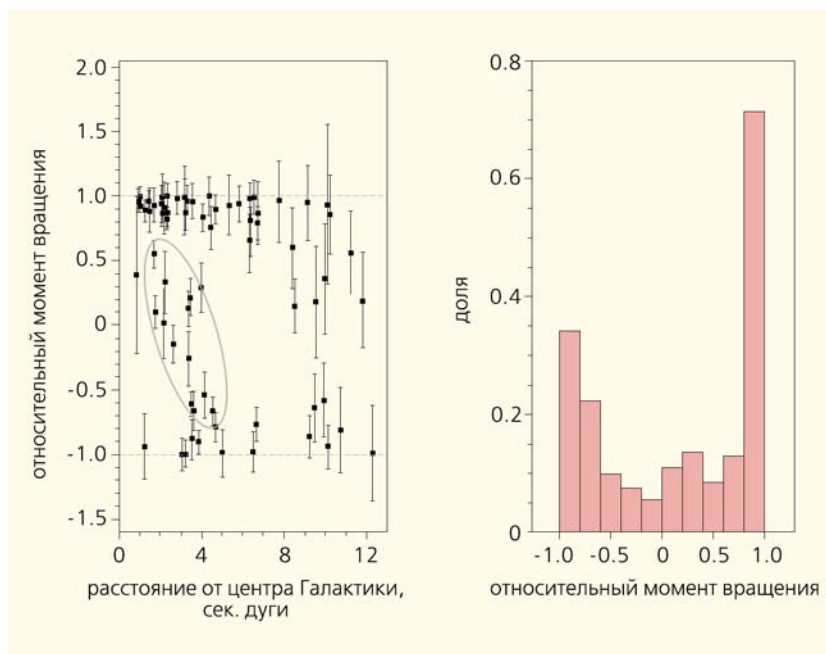


Рис.5. Самый центр нашей Галактики, изображение на длине волны 2 мкм. Стрелками отмечено положение радиисточника Стрелец-A*, который считается сверхмассивной черной дырой и служит динамическим центром всех околоядерных звездных систем. Орбитальные моменты вращения звезд этой центральной области [4] и распределение звезд по моментам (внизу). Видно, что звезды в основном распадаются на два коллектива — на вращающихся по часовой и против часовой стрелки в проекции на небо.



От спиралей — к линзам

Линзовидные галактики — это особый вид дисковых галактик, у которых в их больших дисках не видно спиралей и нет газа. Такая особенность их структуры объясняется тем, что глобальные звездные диски линзовидных галактик довольно «горячи» динамически: хаотические скорости звезд в них больше, чем это бывает обычно в спиральных галактиках. Принятая сейчас модель происхождения линзовидной галактики — внешнее воздействие на галактику спиральную: или гравитационное возмущение в ре-

зультате сближения с соседней галактикой в группе, или падение малой галактики-спутника, или обжатие большого газового диска горячей межгалактической средой с последующим частичным «выдуванием» газа из галактики и быстрым превращением в звезды того газа, что остался. Все эти «механизмы» (не ясно, какой из них доминирует в процессе превращения спиральных галактик в линзовидные, — может быть, все три имеют место в разных ситуациях) в любом случае приводят к концентрации в ядре галактики газа, изначально принадлежавшего глобальному диску, и к после-

дующей вспышке звездообразования в центре. Как мы уже видели, это означает, что в центрах галактик должны присутствовать компактные околоядерные звездные диски, возраст которых меньше возраста окружающего его сфероида, а металличность — больше, потому что дополнительное население молодых массивных звезд должно в процессе своей эволюции породить и дополнительное количество тяжелых химических элементов. В конкретном случае линзовидных галактик с большой вероятностью образование этого околоядерного звездного диска имело прямое отношение к превращению спиральной галактики в линзовидную, т.е. два события могли происходить квазиодновременно. Установив средний возраст околоядерных звездных дисков в близких линзовидных галактиках, мы таким образом можем определить эпоху, когда происходило массовое превращение спиральных галактик в линзовидные. Начиная эту работу, мы примерно знали, чего ожидать в скоплениях галактик: судя по морфологическому составу далеких скоплений на красных смещениях 0.5—0.8, эпоха образования линзовидных галактик из спиральных в скоплениях должна приходиться примерно на момент 5 млрд лет назад.

Массовое исследование среднего возраста звезд в центрах близких линзовидных галактик мы предприняли, используя для этого панорамный Мультизрчковый спектрограф MPFS. По спектральным характеристикам, сопоставляя эквивалентные ширины различных линий поглощения, принадлежащих металлам и водороду, можно вычислить параметры звездного населения: средний возраст и среднюю металличность, причем в каждой точке исследуемой области галактики. «Закартографировав» таким образом центральные области линзовидных галактик, мы надеялись напрямую увидеть молодые, обогащен-

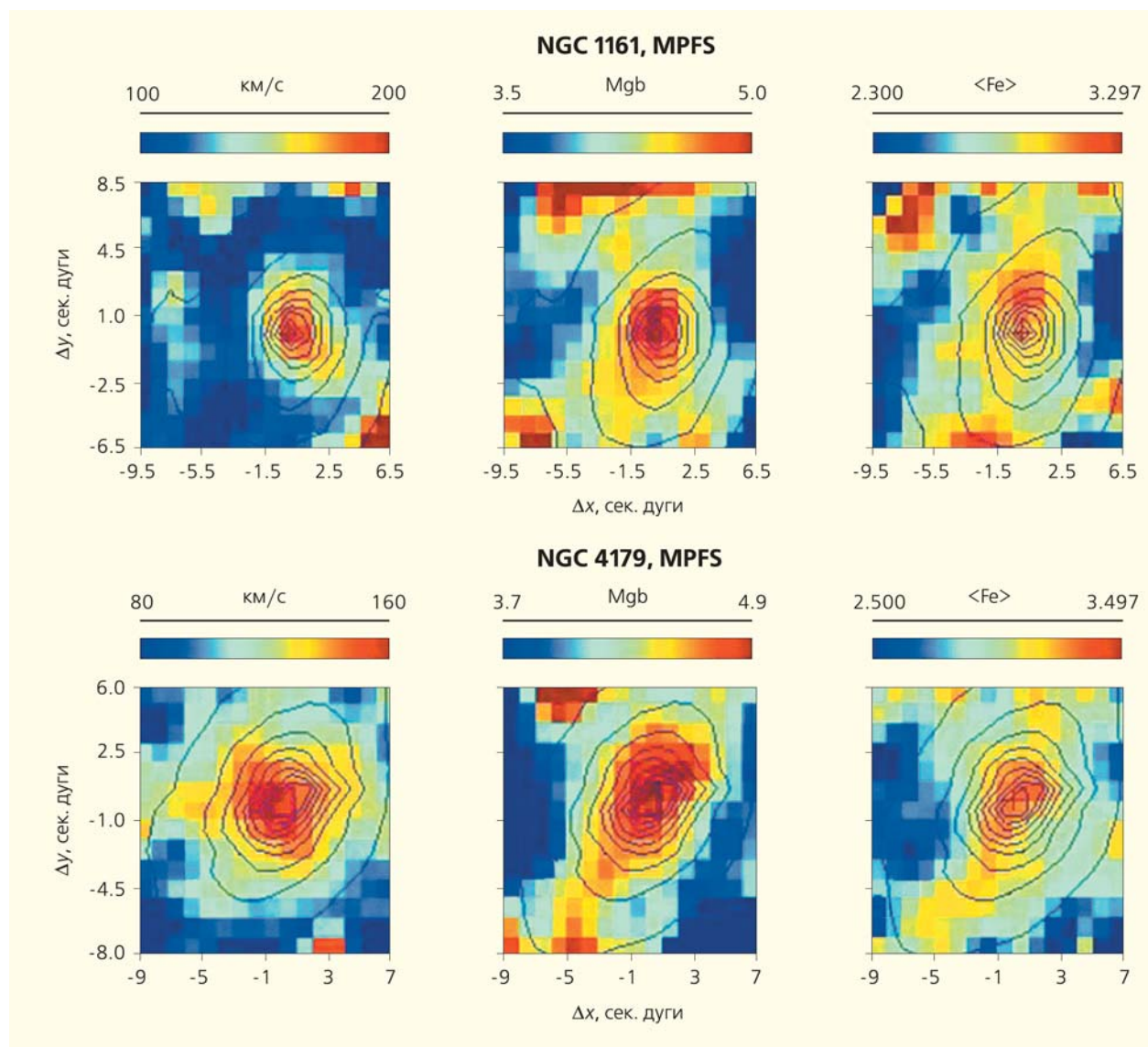


Рис.6. Карты центральных областей галактик NGC 1161 и NGC 4179: слева направо — дисперсия скоростей звезд, индекс магния, индекс железа. Угловой размер карт $16 \times 16''$, что в линейной мере на расстоянии этих галактик соответствует нескольким сотням парсек.

ные тяжелыми элементами компактные звездные диски в центре более старых и обедненных металлами сфероидов. И мы их увидели. В половине всех исследованных галактик в центре оказались вытянутые звездные структуры, выделяющиеся особо глубокими линиями металлов — магния и железа; мы назвали их «химически выделенными ядрами». Ниже на картинках (рис.6) — два примера линзовидных галактик, в которых мы с Мультизрачковым спектрогра-

фом обнаружили химически выделенные ядра. Представлены карты центральных областей размером $16 \times 16''$, или в линейной мере несколько сотен парсек, где красным цветом выделены области максимальной ширины и глубины линий поглощения магния и железа; положения центров яркости отмечены крестиками. Скорее всего, эти вытянутые звездные структуры — как раз околядерные диски, образовавшиеся во вторичной вспышке звездообразования.

За 10 лет наблюдений нам удалось получить подробные карты спектральных характеристик более чем для 60 близких линзовидных галактик [5]. Причем галактики мы выбирали в окружениях разной плотности: среди исследованных объектов оказались и галактики скопления — самое частое для линзовидных галактик место обитания, — и галактики в небольших группах, как центральные, так и более мелкие периферийные члены, и так называемые «галак-

тики поля» — одинокие объекты без соседей сравнимой светимости. Интересно было сопоставить, чем отличаются свойства околоядерных звездных дисков в линзовидных галактиках разных типов окружений. Дело в том, что космологи, «прописавшие» галактикам иерархическую схему эволюции, предсказывают более быструю и раннюю эволюцию тем галактикам, которые находятся в плотном окружении. Считается, что галактики сильнее всего «топятся» внутри самых массивных темных гало, а самые массивные темные гало потому и самые массивные, что раньше всех начали «нагревать» на себя массу. Если принять точку зрения космологов, зависимость возраста галактик от плотности окружения должна быть монотонной: самые старые галактики — в скоплениях, менее старые — в небольших группах, и самые молодые галактики — это одинокие галактики поля. С другой стороны, если мы считаем, что эволюцией галактик управляет не строгая иерархическая последовательность слияний, а динамические эффекты, связанные со случайными — или даже систематическими орбитальными — сближениями соседних галактик, такой монотонной зависимости возраста от типа окружения (массы темного гало) не будет: даже внутри одной группы галактика в центре группы, более подверженная динамическому влиянию соседей, будет находиться на более продвинутой стадии эволюции, чем галактика на периферии той же самой группы. Более того, поскольку в группах движение членов групп относительно друг друга не такие быстрые, как в скоплениях (из-за меньшей массы групп по сравнению с массой скоплений), условия для неспешной перестройки структуры под действием гравитационного влияния соседей у центральных галактик групп даже лучше, чем у галактик в скоплениях, и они могут ока-

заться самыми эволюционно продвинутыми.

Все зависит от соседей!

Первое, что мы сделали, — это сравнили характерные *длительности* вспышек звездообразования в центрах линзовидных галактик, находящихся в окружении разного типа. И оказалось, что в центральных галактиках групп, так же как и в галактиках скоплений, вспышки звездообразования, породившие околоядерные звездные диски, были короткими и очень мощными; а в периферийных галактиках групп и в поле они были более протяженными, длиннее 1 млрд лет, и не такими мощными. Интересно, что разница между центральными и периферийными членами групп оказалась весьма значимой. Мы специально рассмотрели подвыборку, составленную так, чтобы средние массы центральных и периферийных галактик были одинаковы. Эффект тем не менее наблюдается и для этой подвыборки. Значит, дело не в массе галактики и не в массе темного гало, в которое погружена галактика или коллектив галактик: на эволюцию влияет сильнее всего положение галактики относительно соседей, т.е. чисто динамические эффекты. Мы объединили центральные галактики групп и галактики скопления в «галактики плотного окружения», а периферийные члены групп и галактики поля — в «галактики разреженного окружения».

Сравнение средних возрастов звезд по нашим данным подтвердило то, что мы уже и так заподозрили: ядра оказались значимо моложе, чем звездные сфероиды (балджи), у галактик с окружениями всех типов. Но и окружение играет роль: и ядра, и балджи галактик в разреженном окружении моложе, чем они же, но в плотном окружении. Может быть, это связано с тем, что эпоха образования

линзовидных галактик в плотном окружении — более ранняя, чем в разреженном, а периферийные галактики групп лишь недавно «аккрецировали», т.е. вошли в состав коллектива. А может быть, это эффект разной длительности околоядерных вспышек звездообразования: ведь если они начались у всех галактик примерно в одно время, но у галактик плотного окружения быстро закончились, а в галактиках разреженного окружения продолжались несколько миллиардов лет, то и средний возраст звезд в центрах последних будет меньше, чем у первых. Так или иначе, мы нашли признаки вторичных вспышек звездообразования в ядрах линзовидных галактик и установили зависимость характера протекания этих вспышек от динамических условий, в которых находятся галактики. Как выглядит распределение абсолютных средних возрастов звездного населения в ядрах линзовидных галактик, показано на рис.7.

Видно, что большинство звездных ядер линзовидных галактик моложе 8 млрд лет, и возраст распределяется почти равномерно между 1 и 8 млрд лет. Но если мы возьмем отдельно галактики с химически выделенными ядрами (красная линия) — а это галактики, где сразу по нескольким признакам мы можем сказать, что видим последствия околоядерной вспышки звездообразования в центре, — то средний возраст их ядер моложе, чем возраст, оцененный по всей выборке: максимум их распределения приходится на 3 млрд лет. Таким образом, в половине всей выборки близких линзовидных галактик мы видим в центре *молодые, богатые металлами* околоядерные звездные диски. Вот и ответ на поставленный в первых строках статьи вопрос: звездные ядра галактик представляют собой обособленные динамически и эволюционно структуры; это не старые шаровые скопления, сва-

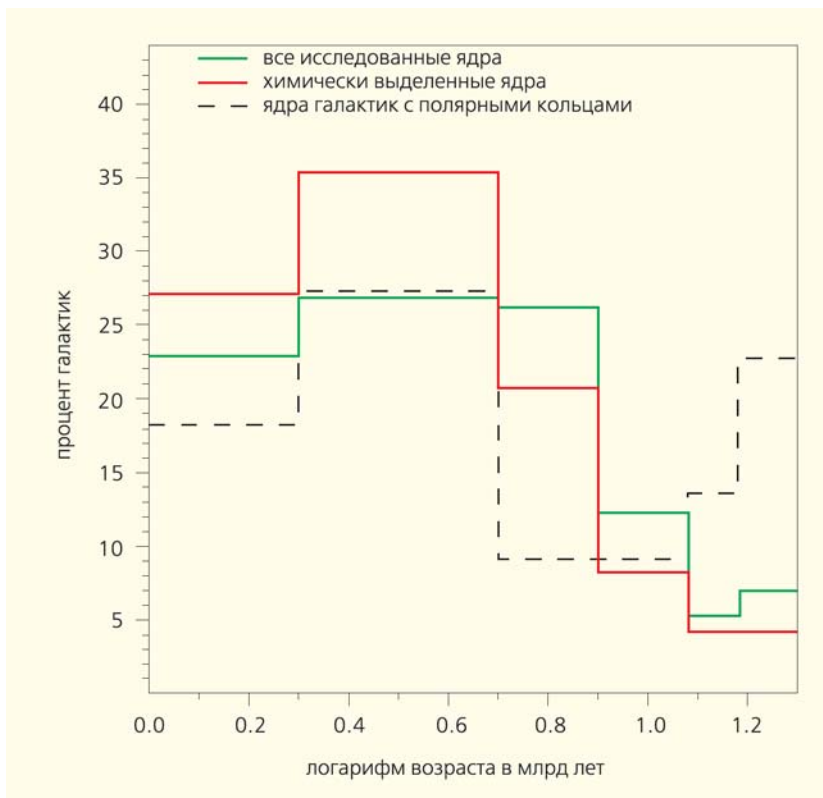


Рис. 7. Распределение абсолютных средних возрастов звездного населения в ядрах линзовидных галактик. Зеленой линией выделено распределение средних возрастов звездных ядер всех шестидесяти линзовидных галактик, исследованных нами; красной — галактик с химически выделенными ядрами.

лившиеся в центр галактики из-за динамического трения, а последствия относительно недавней вспышки звездообразования «на месте», прямо в центре галактики. И, вероятно, в линзовидных галактиках эти события связаны как раз с превращением спиральной галактики в линзовидную.

На рис. 7 есть еще одна линия — штриховая. Она представляет собой распределение воз-

растов ядер особой категории линзовидных галактик — галактик с внутренними газовыми полярными кольцами. Откуда в центрах галактик берется газ с ортогональным моментом вращения, т.е. вращающийся в плоскости, полярной по отношению к плоскости околядерного звездного диска, — это отдельная проблема, для решения которой существует несколько гипотез. Однако в одном ученые соглас-

ны: если распределение плотности звезд — и гравитационного потенциала — имеет триаксиальную форму (форму эллипсоида, все три оси которого разные), то устойчивым будет вращение газа именно в полярной плоскости — плоскости, перпендикулярной самой большой оси эллипсоида. Похоже, именно этот эффект мы и видим в распределении возрастов звездных ядер галактик с внутренними полярными кольцами. Это распределение показывает два пика — на 3 млрд лет и на самых старых возрастах, 15 млрд лет или больше. Первый пик формируют галактики с внутренними газовыми полярными кольцами, одновременно обладающие химически выделенными звездными ядрами. У них средний возраст ядер такой же, как и у всех других галактик с химически выделенными ядрами: если уж вспышка звездообразования произошла, значит, ничто ей не смогло помешать. А вот все остальные галактики с внутренними полярными кольцами — без химически выделенных ядер — имеют очень старое звездное население в центре, такое же старое, как и сама Вселенная.

Возможно, это оттого, что в них весь падающий в центр газ почему-то скапливается на внутренних полярных орбитах, а они устойчивы, и вот — газ никак не может попасть в самый центр галактики и накопиться там в количестве, достаточном для «зажигания» звездообразования. Так и живут эти галактики 15 млрд лет без всякого омоложения, со старым звездным населением в ядре. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 01-02-16767 и 04-02-16087.

Литература

1. Afanasiev V.L., Sil'chenko O.K. // Astron. and Astrophys. 2005. V.429. P.825—836.
2. Bender R., Kormendy J., Bower G. et al. // Astrophys. J. 2005. V.631. P.280—300.
3. Tremaine S. // Astron. J. 1995. V.110. P.628—633.
4. Paumard T., Genzel R., Martins F. et al. // Astrophys. J. 2006. V.643. P.1011—1035.
5. Sil'chenko O.K. // Astrophys. J. 2006. V.641. P.229—240.

Ломка голоса бывает не только у людей

И.А.Володин, Е.В.Володина, А.В.Кленова



Семья японского журавля в питомнике Окского государственного заповедника.

Здесь и далее фото А.В.Кленовой

Скачкообразные изменения голоса в подростковом возрасте происходят не только у людей, но и у других млекопитающих, а также у более дальних наших родственников — птиц. Лучше других в этом отношении изучены певчие птицы, что, безусловно, связано с огромным интересом к их вокальным данным. Уже хорошо известно, в каком порядке появляются разные типы криков при развитии голоса у птенцов, как по мере взросления возникает очень изменчивая и не оформленная подпесня и, наконец, настоящая видовая песня, которую выучивают самцы (а иногда и самки) певчих птиц, копируя своих учителей — родителей и соседей [1, 2].

Вокальные особенности неворобьиных* птиц (в частности, развитие голоса у птенцов) исследованы несравненно хуже. Неплохо, хотя все равно недостаточно, изучены птицы отрядов голубе- и гусеобразных [3—5]. Наши коллеги под руководством А.В.Тихонова в 1980-е годы получили интересные данные о вокальном поведении куриных и чистиковых птиц, но в основном на ранних стадиях развития [6]. Журавлям же до недавнего времени ученые уделяли незаслуженно мало внимания: неизвестны были ни вокальный репертуар этих ярких, грациозных, а в Японии даже культурных и почти священных птиц, ни его развитие в онтогенезе.

Дело в том, что в природе записывать крики птенцов и взрослых журавлей практически невозможно, поскольку птицы эти очень осторожны и даже в охраняемых уголках подпускают исследователя не ближе 500 м, а на таком расстоянии можно зафиксировать лишь от-

* «Неворобьиные» — не вполне научное, но широко используемое с давних пор орнитологами название всех птиц за исключением самого многочисленного (около 5700 видов) отряда воробьинообразных. — *Примеч. ред.*

© Володин И.А., Володина Е.В., Кленова А.В., 2007



Илья Александрович Володин, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории поведения животных кафедры зоологии позвоночных Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Занимается социальным поведением млекопитающих и птиц, анализом двигательного поведения и биоакустическим мониторингом популяций.



Елена Владимировна Володина, кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела научных исследований Московского зоопарка. Область научных интересов — изучение структуры и функции звуков, механизмы звукопродукции.



Анна Викторовна Кленова, сотрудник кафедры зоологии позвоночных МГУ им. М.В.Ломоносова. Член Рабочей группы по журавлям Евразии. Занимается изучением звуковой коммуникации неворобьиных птиц.

дельные особо громкие звуки. Более того, для убедительных выводов и обобщений недостаточно проанализировать несколько криков от одного-двух журавлей (это будет всего лишь описание частных случаев). Необходимо собрать много записей голосов большого количества птиц, причем для статистической достоверности желательнее получить идентичные звуки от каждой из них, а уж затем провести анализ собранных данных.

Такая возможность появилась лишь в последние годы, когда была создана сеть питомников, где разводят журавлей, прежде всего краснокнижных видов, к которым относится и японский (*Grus japonensis*) —

второй (после американского) по редкости вид журавлей. Даже белый журавль (стерх) встречается в природе чаще японского, численность которого уже снизилась до 2 тыс. особей и продолжает падать в основном из-за хозяйственного освоения естественных местообитаний этих птиц человеком. В питомниках Окского государственного заповедника и Московского зоопарка каждый год появляется несколько птенцов японского журавля; изучением их вокального репертуара мы и занялись.

* * *

У неворобьиных птиц разных таксономических групп взрослый голос формируется

по-разному. У одних из них (например, голубе- и гусеобразных) высота (точнее — частота) звуков постепенно снижается по мере взросления птенца, у других (в том числе и журавлей) — высокий птенцовый голос сохраняется на всем протяжении взросления птенца, и затем частота резко, скачкообразно падает до «взрослого» уровня. Собственно, о ломке голоса у журавлей известно уже давно. Еще в 1250 г. король Фридрих II упоминал о «мутантных» голосах у журавлей. В 1927 г. немецкий орнитолог О.Хейнрот описал звуки, издаваемые птенцом серого журавля, голос которого в восьмимесячном возрасте начал срывать — то был пищанием, то похожим на звук барабана [7]. Впоследствии ломку голоса у журавлей отмечали и другие авторы, однако подробного количественного и качественного описания этого явления ни для одного из видов так и не сделано.

Чтобы понять, в чем же заключается и как происходит ломка голоса у журавлей, необходимо было прежде всего изучить процесс формирования голоса птенца на всех стадиях развития — от вылупления из яйца до возраста, когда голос начинает ломаться. Для этого предстояло спланировать исследование и в первую очередь решить, в каком возрасте птенцов и с какими временными промежутками нужно записывать звуки для последующего анализа. Если неверно выбрать промежутки для записей, то можно пропустить самые важные, переломные моменты развития голоса: ведь было совершенно неизвестно, в каком именно возрасте звуки начинают меняться и когда эти изменения ускоряются либо замедляются.

Мы записывали звуки птенца японского журавля в течение 9,5 месяцев, разбив весь цикл взросления на десять временных периодов: I — первые четыре дня жизни, II—VI — следую-

щие 50 дней, по 10 дней в каждом, VII — еще 30 дней, VIII и IX — по 60 дней, X — еще 80 дней. В первый возрастной период птенцы были еще относительно малоподвижны и не отходили далеко от гнезда, со второго по седьмой — они уже активно перемещались за родителями по вольере, а к восьмому-девятому периоду птенцы доросли до родителей и научились летать. Десятый же период совпадал с сезоном осенних миграций диких японских журавлей.

В исследование мы включили 17 птенцов японского журавля (5 самцов и 12 самок), 14 из них были выращены собственными родителями или приемными родителями того же вида, а три воспитаны людьми. Поверьте, найти для исследования такое количество птенцов японского журавля за два года — дело уже практически невероятное по сложности, однако, приступая к работе, даже мы не ожидали, с каким количеством «подводных камней» столкнемся при сборе материала, т.е. при проведении записей звуков.

Во-первых, звуки птенцов были очень тихими, на расстоянии буквально еле слышными. Это было для нас неожиданно, поскольку в питомнике Окского заповедника мы уже записывали голоса птенцов другого вида журавлей — стерха, которые были громкими и четкими. Однако все исследованные стершата воспитывались людьми, и звуки, которые они издавали, были записаны в непосредственной близости от них. Птенцы же японского журавля и сами по себе кричат гораздо тише, а, кроме того, родители стараются сразу же подальше увести их от предполагаемой опасности — человека с магнитофоном.

Непредсказуемость вокальной активности журавлят была еще одной непростой проблемой. Ведь для того чтобы составить полную картину вокального развития, звуки птенцов должны были быть записаны

«по расписанию», т.е. с регулярными интервалами. Если же вдруг какой-нибудь птенец капризничал и отказывался кричать, в выборке данных образовывалась «дырка», что очень осложняло применение статистических тестов. Кроме того, многих птенцов отделяли от родителей для выпуска в природу или отправки в другие зоопарки и питомники уже в возрасте трех-четырёх месяцев. Запись этих птенцов вынужденно прерывалась, хотя расписание сбора криков должно было охватить период до 9,5-месячного возраста. Некоторых птенцов, правда, удавалось «подхватить» уже на новом месте жительства, в других зоопарках.

В результате после немалых затраченных усилий и иногда очень обидных разочарований был получен очень ценный материал, позволивший многое узнать про таинственную ломку голоса. Наконец-то были выяснены в деталях, шаг за шагом, все этапы вокального развития у японского журавля. Прежде всего, мы сосредоточились на тех структурных изменениях, которые происходят со звуками в процессе взросления. В большинстве более ранних исследований авторы, как правило, не уделяли внимания структуре самих криков, а описывали ситуации, в которых они издаются (к примеру, контактный крик, сторожевой крик, крик выпрашивания пищи, крик стресса). Это создавало путаницу, поскольку одни и те же типы криков могли издаваться в разных ситуациях, и наоборот, разные типы криков — в одной и той же ситуации. Однако все исследователи сходились в одном: у птенцов журавлей есть два основных структурных типа криков — писк и трели.

Действительно, в репертуаре птенцов японского журавля мы обнаружили и писк, и трели, но они представляли собой не два различных типа, а скорее два полюса, между которыми встречались промежуточные ва-

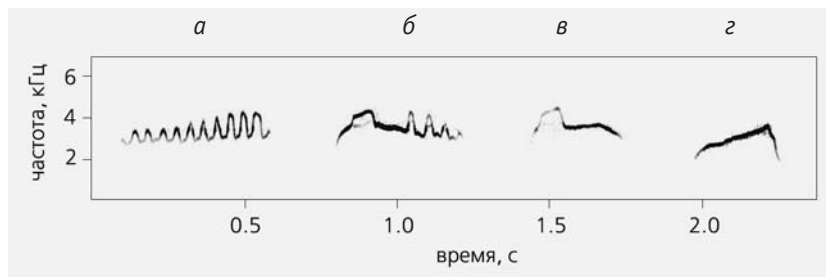


Рис.1. Спектрограммы писк, трелей и звуков переходной структуры в репертуаре маленьких птенцов японского журавля. *а* — трель, *б* — пискотрель, *в* — писк типа «голова-хвост», *г* — писк в виде перевернутой галочки.

рианты всевозможных пискотрелей (рис.1).

Писки тоже оказались неодинаковыми. На спектрограмме в контуре одного из вариантов писк четко выделялись «голова» и «хвост», а контур другого имел вид «перевернутой галочки». Оба варианта писк отличались не только по структуре:

оказалось, что первый тип звуков птенцы издают в спокойной обстановке, а второй — в ситуациях дискомфорта, например, во время отлова для взвешивания и ветеринарных процедур.

Чтобы посмотреть, каких звуков больше встречается в разных возрастах, мы проанализировали около двух сотен

звуков, издаваемых каждым из 17 птенцов в каждом возрастном периоде (суммарно более 24 тыс. звуков!). Кроме того, для трелей и наиболее распространенных писк типа «голова-хвост» мы также измерили разные структурные параметры, для того чтобы проследить их изменения в онтогенезе. Некоторые параметры были общими для всех типов (к примеру, длительность крика), а некоторые (к примеру, расстояние между пульсами) можно было померить только в трелях.

Проведенный анализ показал, в какой последовательности и как изменяются писки и трели с возрастом птенца (рис.2). Больше всего трелей (треть от общего числа криков) птенцы издавали в первые четыре дня жизни, затем их доля сокращалась и составляла всего лишь десятую часть всех криков. В тре-

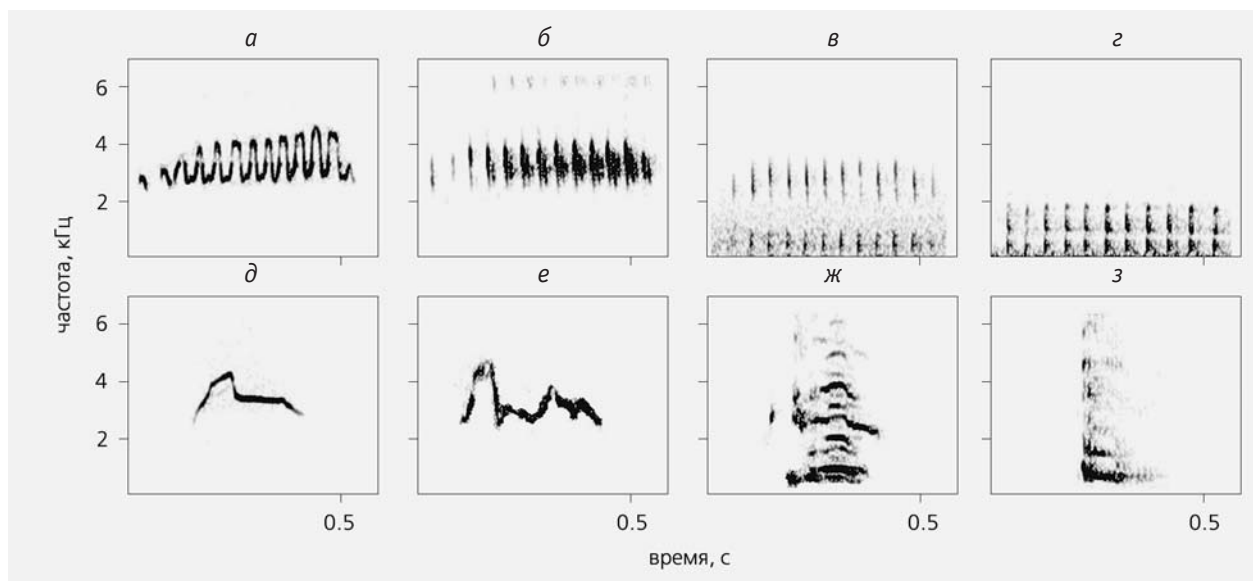


Рис.2. Спектрограммы звуков, издаваемых птенцами японского журавля на разных стадиях развития. Формирование голоса взрослых журавлей из писк и трелей птенца идет через этап ломки голоса, который проходят и самцы, и самки этого вида. Верхний ряд — основные стадии развития рокота взрослого японского журавля из птенцовой трели. *а* — трель с колоколообразными пульсами, характерная для младших возрастов; *б* — трель со штриховидными пульсами, характерная для подростков; *в* — двойная трель во время ломки голоса, с еще сохраняющейся высокочастотной птенцовой трелью и уже появившимся взрослым рокотом; *г* — низкочастотный рокот взрослого японского журавля. Нижний ряд — основные стадии развития звука «яп» японского журавля из птенцового писк. *д* — писк с контуром типа «голова-хвост», характерный для младших возрастов; *е* — писк с многочисленными волнами на «хвосте», характерный для подростков в период обучения полету; *ж* — звук сложной структуры, характерный для стадии ломки голоса: «голова» становится еле видной, однако «хвост» высокочастотного птенцового писк становится более интенсивным, и к нему добавляется вторая низкая частота; *з* — звук «яп», характерный для вокального репертуара взрослых журавлей, высокая птенцовая частота в этом звуке отсутствует.

лях пульсы могли либо сливаться между собой, либо разделялись паузами. Оказалось, что расстояние между пульсами практически не менялось от крика к крику, от птицы к птице и не зависело от возраста. Однако форма пульсов, колоколообразная в ранних возрастах, становилась по мере взросления птенца все более штриховидной. Росло с возрастом и число разрывов между пульсами, так что в старших возрастах все пульсы уже были разделены паузами. Наконец, под еще сохраняющейся высокочастотной птенцовой трелью появлялась низкочастотная взрослая — трель раздваивалась. Это и означало, что наступила ломка голоса. Дальше по мере взросления высокая птенцовая трель исчезала и оставалась только низкочастотная взрослая. Так из трелей птенцов возникали рокочущие крики взрослых японских журавлей.

Что же касается писков, то выявленные на спектрограммах писки с контуром в виде перевернутой галочки составляли примерно пятую часть всех криков в течение первых трех месяцев жизни. Затем их количество резко падало, и во взрослом репертуаре японских журавлей от этих писков не оставалось и следа.

Картина развития писков «голова-хвост» оказалась сложнее, а судьба — счастливее (см. рис.2). У совсем юных журавлят они тоже составляли примерно пятую часть, а в репертуаре повзрослевших птиц стали преобладать. В начале онтогенеза у этих писков был плоский «хвост», затем на нем могли возникнуть одна или несколько волн, высотой иногда превышающих «голову». Потом «голова» становилась еле видимой и вскоре исчезала совсем, при этом «хвост» сохранялся и усиливался. Звук становился очень громким. Эти крики подростки часто издавали сериями, забравшись на горку и приглашая родителей с ними полетать.

После этого обычно следовал совместный с родителями тренировочный полет по вольере. Самое интересное, что, в отличие от писков «голова-хвост», которые издавали птенцы в ранних возрастах, эти крики приобретали четкий индивидуальный рисунок, по которому можно было надежно определить, кому принадлежит звук. Поскольку в природе в это время семьи оставляют свои гнездовые территории и формируют предлетные скопления, в которых члены разных семей могут перемешиваться между собой, то такие ярко выраженные индивидуальные признаки, видимо, должны помогать родителям узнавать своих птенцов среди многих других.

Как и в трелях, в писках «голова-хвост» почти взрослых журавлят мы заметили признаки ломки голоса — под высоким птенцовым писком появлялся интенсивный низкий звук, и крик становился двойным. Птенцовый писк затем пропал, и оставалась только низкочастотная часть — характерный громкий односложный крик японских журавлей. Между собой в «рабочем» порядке мы называем его «яп», что очень точно передает этот резкий короткий звук.

Хотя ломка голоса у всех птенцов всегда приводила к одинаковому, характерному для вида крику взрослых журавлей, пути достижения этого результата были различными. У разных птенцов на разных этапах ломки голоса относительная выраженность высокой и низкой частот сильно отличалась. Некоторые птенцы практически сразу теряли высокую частоту, и она оставалась в крике в виде едва заметного следа, у других же под высокой птенцовой частотой постепенно формировалась низкая взрослая. Были и другие многочисленные различия. Примечательно, что нечто подобное происходит при формировании речи у маленьких детей: некоторые из них сосредотачиваются

на многократных повторениях одних и тех же слов, а другие сразу используют короткие фразы, которые, правда, поначалу звучат невнятно, но постепенно становятся все более четкими. Вскоре и те, и другие начинают бегло говорить на родном языке, и, что интересно, выбор стиля обучения языку зависит только от самого ребенка, а не от его родителей [8].

* * *

Почему же формирование голоса у японского журавля происходит в результате ломки голоса, а не постепенного снижения его частоты, и как это соотносится с физическим развитием птенцов? По данным сотрудников Окского заповедника (К.А.Постельных и Т.А.Кашенцевой), масса тела появившегося на свет журавленка этого вида составляет в среднем всего 150 г, а в возрасте трех с половиной месяцев, когда рост тела практически завершается, — 7.32 кг [9] (рис.3). Незадолго до этого, в трехмесячном возрасте, у японского журавля, как у канадского и некоторых других видов, заканчивается формирование изгибов трахеи — так называемого трахеального удлинения. К этому времени трахея вырастает настолько большой, что не может оставаться прямой, и укладывается внутри грудины в виде петли. Длину одной такой полностью сформировавшейся трахеи мы измерили у погибшей после несчастного случая четырехмесячной самки — она составила 84 см, что примерно вдвое превышало длину шеи птицы.

Однако такие значительные изменения в размерах тела и трахеи и параллельные изменения в размерах звукопроизводящего аппарата никак не сочетались с ломкой голоса, которая наступала значительно позднее. Вероятно, объяснение следовало искать не в особенностях физического развития японских журавлей, а в биологии этого вида. Поэтому мы попытались



весна



лето

Рис.3. Весной птенец японского журавля весит всего 150 г, а к зиме он уже размером с взрослого журавля.

выделить те биологически важные стадии развития, с которыми потенциально могли быть связаны изменения в голосе птенца.

Японский журавль обычно производит на свет одного-двух птенцов, которые покидают гнездо пару дней спустя. О птенцах заботятся оба родителя, практически не оставляя их ни на минуту. Семейная связь между родителями и птенцами сохраняется до 8-9-месячного возраста, и ее разрыв происходит уже на зимовках, перед началом нового сезона размножения. Следовательно, вокальное развитие птенцов японского журавля захватывает несколько стадий: перемещения с родителями по большой семейной территории, обучение полету, образование стай для отлета на зимовку, осенний перелет и собственно зимовка. Все это время родители опекают птенцов, пищащих на высокой птенцовой частоте, даже тогда, когда те давно уже превратились из ма-

леньких пушистых комочков в птиц размером с взрослого журавля. И только в конце зимы родители прогоняют выросших птенцов, что примерно совпадает по времени с резким падением высоты криков и формированием взрослого вокального репертуара, т.е. с ломкой голоса.

Однако в неволе все происходит иначе, чем в природе, — у разных птенцов голос меняется в возрасте от 5 до 11 месяцев. В чем же здесь дело? И здесь мы вспомнили об отправляемых в другие зоопарки журавлятах: у многих из них голос начинал ломаться в первые же недели после разлуки с родителями! А в таком случае, не может ли ломка голоса быть связана с выходом из-под родительской опеки и приобретением самостоятельности у журавля-подростка? По-видимому, сохраняющийся у подростков высокий птенцовый писк — это признак инфантильности, и пока родители слышат писк птенца, они воспринимают его маленьким, нуждающимся

в заботе. Этими писками подросток выпрашивает у родителей пищу, хотя давно уже способен добывать ее сам. Сохраняющиеся инфантильные крики могут быть важны также для снижения агрессии к подростку со стороны неродственных журавлей, что особенно важно во время миграций и на зимовках, когда подростки должны жить в общих стаях. Такие стаи могут включать десятки и даже сотни птиц, причем не только своего вида журавлей. Когда же птенцовый писк становится ненужным, он исчезает чрезвычайно быстро, в течение двух-четырех недель, и появляется низкая взрослая частота голоса. Некоторое время высокий писк и вновь возникший взрослый голос сосуществуют вместе, приводя к появлению в репертуаре птенца причудливых звуков — писклявых или гнусавых. Затем писк исчезает и остаются только взрослые звуки — рокот и япы.

Однако до сих пор непонятно, как изрядно потолстевшие



зима



через два года

вокальные мембраны повзрослевшего птенца сохраняют способность производить высокочастотный птенцовый звук (это все равно как пытаться на гитаре воспроизвести высокий звук с помощью не тонкой, а толстой струны). Неизвестно, как и когда развиваются другие взрослые крики японских журавлей – тревожные сторожевые крики и брачные дуэты.

Есть ли у этих звуков журавлей какие-либо предшественники в более ранних возрастах? Для того чтобы ответить на эти вопросы, нужно посмотреть, а что же происходит с голосом журавленка дальше, когда уже пройден этап ломки голоса. Ведь на ломке голоса процесс вокального развития не заканчивается. Впереди у молодого журавля еще долгий период

взросления, поиск брачного партнера, формирование пары, выбор и охрана территории для размножения, обучение слаженно кричать семейным дуэтом. Когда же появятся свои птенцы, он должен будет научиться общаться с ними, что играет огромную роль в выживании потомства. Все это еще предстоит выяснить в дальнейших исследованиях...■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 06-04-48400.

Литература

1. Marler P.J. // Comparative Physiology and Psychology. 1970. V.71. P.1—25.
2. Nottebohm F. // J. Experimental Zoology. 1972. V.179. P.35—49.
3. Ballintijn M.R., Cate C.ten // Behaviour. 1997. V.134. P.595—621.
4. Thoren B.ten, Bergmann H. // J. Ornithology. 1987. V.128. P. 181—207.
5. Würdinger I. // Z. Tierpsychology. 1970. V.27. P. 257—302.
6. Тихонов А.В. Акустическая сигнализация и экология поведения птиц, М., 1986.
7. Heinroth O., Heinroth M. // Die Vögel Mitteleuropas. Bd.III. Berlin, 1927.
8. Menn L., Stoel-Gammon C. // The Development of Language / Ed. J.B.Gleason. Boston, 2001. P.70—124.
9. Постельных К.А., Кашенцева Т.А. // Труды Окского заповедника. Рязань, 2005. Т.24. С.259—272.

Геофизика

Карта океанских вихревых потоков

Группа китайских и американских океанологов разработала способ визуализации вихреобразных потоков средиземноморских вод, поступающих в глубинные слои Атлантики. Эти воды имеют очень высокую соленость, а следовательно, и более высокую плотность по сравнению с атлантическими. После выхода из Гибралтарского пролива они погружаются в глубины океана. Там потоки плотных вод разделяются на крупные струи, движение которых приобретает вихревой характер. При этом диаметр отдельных вихрей достигает 100 км. Вихри вносят искажения в поверхность океана, создавая на ней своеобразный легкий рельеф, который обнаруживается со спутника.

Океанологи рассчитали средний уровень океана по измерениям, выполненным альтиметрами европейских и американских спутников, а затем, внося в эти величины поправки на силу ветра у поверхности океана в момент измерений, они смогли оконтурить вихри, приходящие в Атлантику.

Изучение визуальной карты показывает, что в центре отдельных вихрей понижение уровня океана достигает 6 см.

La Recherche. 2006. №397. P.15 (Франция).

Океанология

Новый глубоководный аппарат

Для строящегося сейчас в Вудсхолском океанографическом институте (США) нового глубоководного аппарата выбрано имя «Нерея» («Ne-reus») — мифического бога с торсом мужчины и хвостом рыбы. Этот аппарат сможет работать на максимальных глуби-

нах Мирового океана — от 6500 до 11 тыс. м, т.е. в районах, которые пока недоступны для прямого визуального изучения морского дна, в том числе и дна Северного Ледовитого океана.

Конструирование «Нерея» ведется так, чтобы было можно трансформировать привязной управляемый робот, соединенный кабелем с судном обеспечения, в автономный глубоководный аппарат. Это позволит осуществлять как обзорные съемки больших площадей океанского дна, так и детальные исследования, сбор образцов донных пород и организмов.

Затраты на создание «Нерея» оцениваются в 5 млн долл. США, а его наречение — дань традиции Лаборатории глубоководных аппаратов Вудсхолского института называть свои разработки именами мифических персонажей Древней Греции.

Hydro International. 2006. V.10. №7. P.19 (Нидерланды).

Геофизика

Глубина залегания источника магмы

По заключению геофизика С.Нильсен (S.Nielsen; Федеральный технологический институт в Цюрихе, Швейцария), источник магмы, изливающейся из вулканов Гавайских о-вов, находится на глубине 3000 тыс. км, на границе между мантией и ядром Земли. В породах о.Килауэа (Гавайи) исследовательница обнаружила химические элементы, присутствующие в земном ядре. В отличие от вулканизма, возникающего на границе соприкосновения континентальных тектонических плит, гавайские горячие точки формируются на больших глубинах. В результате подъема магмы на внешней поверхности плиты появляется плюм из расплавленных пород.

До сих пор геофизики расходятся в мнениях о глубине

залегания источника плюма: либо, согласно теоретическим расчетам, на глубине порядка 670 м, на границе верхней и нижней мантий, либо на глубине 2900 м, как показывает работа Нильсен.

Science et Vie. 2006. №1062. P.33 (Франция).

Гляциология

Подледные озера Антарктиды

Под толщей льдов Антарктиды обнаружены озера площадью 2000 и 1600 км² и глубиной 900 м. Эти впечатляющих размеров озера, лежащие под льдами толщиной 4000 м, были картографированы Р.Беллом (R.Bell; Колумбийский университет, США). Среди 145 объектов, внесенных в каталог подледных озер этой зоны Антарктиды, два новых озера, обозначаемые как 90°E (90°в.д.) и Советское, не могут соперничать со своим хорошо известным соседом — оз.Восток, площадь которого 14 тыс. км².

Размеры озер были оценены по радарным и спутниковым измерениям, а также параметрам деформации гравитационного поля. Их глубина, морфология, протяженность с севера на юг параллельно оз.Восток заставляют полагать, что они скорее всего имеют тектоническое происхождение. С большой степенью вероятности в них, как и в оз.Восток, сложилась уникальная экосистема, отрезанная от остального мира на протяжении 35 млн лет! Вода, согреваемая тепловыми потоками со дна, имеет температуру 2°С, тогда как температура воздуха на ледовом щите опускается до -80°С. Опасность загрязнения этой экосистемы во время бурения пока удерживает специалистов от более широкомасштабных исследований.

Science et Vie. 2006. №1063. P.36 (Франция).

Океанология

Батиметрические карты Мирового океана

Проект картографирования дна Мирового океана (Global Ocean Mapping Project — GOMaP) представляет собой широкомасштабные операции по подготовке и составлению подробных батиметрических карт на базе промеров глубин многолучевыми эхолотами. В отличие от однолучевых эхолотов они позволяют получать информацию в полосе дна шириной до 185 м. Специалисты ВМФ США в 1999 г. подсчитали, что реализация проекта по картографированию дна Мирового океана глубже 500 м с использованием только многолучевых эхолотов потребует 8—16 млрд долл. и от 20 до 30 лет работ.

Работы по GOMaP ведутся регулярно как по национальным, так и по международным программам. Новое программное обеспечение позволяет оперативно проводить анализ собираемой информации, вести ее визуализацию по Интернету, публиковать данные в специальных изданиях. В 2005 г. во Франции опубликованы две морфобатиметрические карты Средиземного моря, составленные по данным многолучевого эхолотирования.

Мировой океан занимает около 71% поверхности Земли, его средняя глубина несколько более 4000 м, однако до сих пор не покрыто съемками и не отражено на картах до 90% площади его дна.

Hydro International. 2006. V.10. №4. P.57 (Нидерланды).

Археология

Краски Парфенона

Парфенон Древней Греции не всегда был белого цвета: по завершении строительства храма скульптуры его западного

фриза были выкрашены в красный, синий и зеленый цвета.

Проведенная теперь операция по лазерной очистке этого архитектурного памятника позволила обнаружить следы пигментов: гематита (красного железняка) — для красной краски, египетской лазури — для синей, малахит-азурита — для зеленой. Несколько лет назад пигменты красной и синей красок уже были обнаружены в других местах Парфенона, но следов пигмента зеленой нигде не встречали.

Археолог, ответственный за реставрацию храма, построенного 2400 лет назад, считает, что колонны храма тоже были окрашены, — об этом имеются сведения в античных текстах.

La Recherche. 2006. №397. P.20 (Франция).

Энергетика

«Мельница»-небоскреб

Строительство солнечной ветряной мельницы высотой 750 м Испания предполагает завершить к 2010 г. Местом ее сооружения станет Фуэнто эль Фресно близ Толедо. Она явится высочайшим сооружением во всем мире (по крайней мере до окончания строительства башни-небоскреба в Дубае, высота которой будет от 700 до 800 м). Назначение башни-мельницы — использовать разность температур между грунтом и ее вершиной (1°C на каждые 100 м) для создания внутри такой трубы восходящего потока воздуха скоростью 43 км/ч, способного вращать турбины мощностью 40 МВт. Для повышения коэффициента полезного действия на земле будет создана громадная застекленная площадка-коллектор диаметром 3 км. Стекланная кровля коллектора будет находиться на высоте нескольких метров над грунтом; проходя под кровлей этой теплицы, воздух будет наг-

реваться и поступать в полую центральную башню с установленными в ней турбинами.

Стоимость этого европейского новшества составляет 240 млн евро, которые участники проекта надеются собрать в 2007 г. Важно отметить, что этот способ использования возобновляемой энергии, разработанный германским инженером Й.Шлайхом (J.Schlaich), уже полностью оправдал себя в Испании: прототип ветряной мельницы высотой в 195 м, построенный в Манзанаресе в 1982 г., успешно функционировал в течение семи лет. В Австралии подобная башня находится в стадии подготовительных разработок.

Science et Vie. 2006. №1053. P.42 (Франция).

Археология

Рим — действительно вечный город

При раскопках на форуме Цезаря в Риме открыто захоронение почти трехтысячелетней давности. В нем находились восемь погребальных ваз с кремированными костными останками, причем вместе с человеческим прахом обнаружены кости овцы. Два других могильника были открыты в 2000 г. на одном уровне с современной Аркой Августа.

Согласно легенде, Рим был основан Ромулом и Ремом в 753 г. до н.э. именно в этом месте. Археолог А.де Сантис (A.de Santis) считает теперь доказанным, что форум заселялся непрерывно на протяжении нескольких веков и на этом месте существовали различные поселения. Дальнейшие исследования позволяют больше узнать о времени, когда бронзовый век сменился железным (этот период пришелся в данном регионе на конец XI в. до н.э.).

Sciences et Avenir. 2006. №709. P.25 (Франция).

Рукотворное песчаное море Северной Африки

В.П.Чичагов

В каких бы аридных регионах мне ни приходилось работать, везде встречались следы длительного и интенсивного антропогенного воздействия, часто оставившего необратимые изменения в природе современных пустынь. Более того, иногда человек создавал новые участки за счет расширения прежней пустыни.

Один из таких примеров — самая северная из песчаных пустынь Сахары, Большой Восточный Эрг. В ее северных районах, расположенных на территории Туниса, мне довелось недавно побывать.

Две мои поездки в эту страну в 2006 г. состоялись по плану научно-исследовательских работ Института географии РАН и были поддержаны Российским фондом фундаментальных исследований. Предстояло познакомиться с опустыниванием самой северной окраины Африки в пределах Туниса. Спланировать работу мне помог президент Географического общества этой страны профессор А.Хайдер, глава Института (факультета) социальных и гуманитарных исследований г.Туниса. Район исследований был выбран неслучайно, поскольку он наиболее изучен с точки зрения современного опустынивания со второй половины XX в., в основном французскими специалистами. По совету Хайдера я начал свою экспедицию, обосновав-



Валерий Павлович Чичагов, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник Института географии РАН, заместитель председателя Геоморфологической комиссии РАН. Область научных интересов — геоморфология и четвертичная геология, современное опустынивание. С 2000 г. занимается антропогенной эволюцией аридных регионов на примере афро-азиатского пояса пустынь. Публикуется в журнале «Природа» с 1957 г.

шись на о.Джерба, расположенного в заливе Габес (бывший залив Малый Сирт). Отсюда мой путь лежал через г.Маденин, в окрестностях которого находится Международный институт изучения аридных регионов. Это не только научно-исследовательское, но и учебное заведение. Руководители этого института помогли мне уточнить задачи и наметить маршрут экспедиции. Мне предоставили две машины высокой проходимости, на которых иногда подвозили и специалистов из института в районы, где они вели свои наблюдения.

Через пески

Северная половина Африки — это Сахара с каменистыми и глинистыми пустынями, пересеченными системой сухих долин — вади, с крупными впади-

нами соленых озер — шоттов, с огромными песчаными морями — эргами. Издавна с этим регионом ассоциируются представления о подвижных песках, внезапных ураганах и пыльных бурях, погребенных песками оросительных системах древности, брошенных караванных путях и засыпанных песками оазисах, руинах древних городов, о воинственных бедуинах. Древние источники повествуют о пропавших в песках бесчисленных сокровищах, целых армиях, например 50-тысячного войска древнего персидского полководца, сына Дария — Камбиза, завоевавшего Египет в 525 г. до н.э. Несметные сокровища Камбиза засыпаны песками Ливийской пустыни и до сих пор не обнаружены.

Монотонно шуршащие со склонов барханов пески навевают размышления о вечности, о древности и неизменности



Однорогбые верблюды в песчаной пустыне Большой Восточный Эрг.

Здесь и далее фото автора



Микрофотография песчаных зерен из оазиса Ксар Гилан.



Песчаные потоки обтекают каменные строения древнеримского военного лагеря Ксар Гилан.

песчаного моря. Это испытал и автор в своих маршрутах по Южному Тунису, по пескам Большого Восточного Эрга — одного из самых крупных песчаных морей Сахары. При виде песков, постоянно перетекающих ручейками и потоками через тропы, дороги и пятна глинистых и засоленных участков нередко задумываешься о том, были ли сухие, покрытые пластинами солей котловины некогда большими пресными озерами, а длинные широкие вады — реками? Всегда ли Сахара была пустынной? Если нет, то когда наступило иссушение, вызвавшее образование песчаных морей? Только ли с климатическими изменениями связано опустынивание этого региона или в этих процессах участвовал человек? Впрочем, облик песчинок о многом говорит.

Так, если рассматривать песчаные зерна из района оазиса Ксар-Гилан на севере Большого Восточного Эрга, то заметна их прекрасная сортированность по размеру (они очень мелкие) и минералогическому составу (они преимущественно кварцевые). Практически все песчаные частицы имеют следы сколов, соударений; одни грани плоские, на других сохранились ямки. Пески эти плохо окатаны, пылеватые, имеют красновато-желтую окраску. Все эти признаки свидетельствуют о длительном их перевевании ветрами разных направлений, о долгом разрушении песчаных частиц, превращении их в предельно тонкие пески, а при истирании — в пыль. Эти эоловые отложения образуют тонкопесчано-лессовую формацию, одевающую склоны и поверхность смежного с Эргом низкого поднятия Ксур (687 м над ур.м.).

Формирующие Большой Восточный Эрг ветровые потоки создают здесь песчаные и каменистые пустыни. Вдоль северной его границы расположены наиболее низкие, с высотами от –23 до –40 м, периодически затопливаемые ливневыми вода-

ми, засоленные равнины — шотты. Они представлены глинистыми пустынями Эль-Гарса, Эль-Джерид и Эль-Феджадж с абс. высотами поверхности днищ –17, –23 и –39 м соответственно, заполненными солеными водами во влажный сезон и представляющие собой такыры в сухой. Эль-Феджадж занимает наиболее восточное положение, подходя к заливу Габес всего на 30 км.

Начиная со второй половины XIX в. возникали проекты соединения шоттов с морем на основе предположения, что в прошлом здесь существовало обширное континентальное сахарское море. Шотт Эль-Феджадж на востоке отделяется от залива Габес линейным понижением с порогом Удрэф высотой 45–77 м, вдоль которого собирались соорудить канал. По нему воды залива Габес затопили бы впадину алжиро-тунисских шоттов и создали в ее пределах рукотворное море в пустыне. Этот привлекательный для многих проект, правда, вызывал возражения ученых.

Генерал М.Х.Леклерк, воевавший в Северной Африке во время Второй мировой войны, снова выступил с предложением сооружения канала-пролива, но вскоре Тунис получил независимость и дорогостоящий проект был отложен.

Со временем выяснилось, что палеогеографических оснований для создания сахарского моря не существует. Тунисский исследователь Х.Б.Оудзоу доказал, что морские воды никогда не перетекали через порог Удрэф [1]. Мои собственные наблюдения подтверждают его мнение. Думается, что основные причины углубления порога и расположенной южнее сухой долины Зигзау, на месте которой, возможно, существовал пролив, — результат длительной, мощной линейной дефляции, эпизодической, но весьма интенсивной эрозии ливневыми водами и антропогенной деятельности.

Вдоль долины Зигзау издревле для защиты от набегов воинственных южных народов сооружались оборонительные сооружения — валы и стены, а сама долина искусственно понижалась. На северном борту долины перед Второй мировой войной французские военные инженеры создали линию железобетонных укреплений Марет по типу линии Мажино во Франции. В процессе строительства такой линии в Африке днище вады Зигзау на значительном протяжении углублялось, временно заполнялось водами, что делало невозможным прорыв танковых соединений союзников с юга. На северном борту вады были созданы капитальные железобетонные укрепления и огневые точки, в результате чего выбранные из их котлованов рыхлые техногенные отложения увеличили высоту бровок и смежных участков водораздельной равнины. Таким образом, был искусственно сформирован более расчлененный, хотя и пологосклонный рельеф вады, но и он не давал возможности морским водам стекать во впадину шоттов.

Отложения в шоттах

О происхождении песчаного моря Большого Восточного Эрга можно судить по особенностям строения отложений в смежной впадине шоттов. В котловине одного из них — Эль-Гарса — были пробурены пять скважин, и взятые из них пробы были продатированы термолюминесцентным методом. Выяснилось, что вся толща осадков сформировалась в голоцене — на протяжении последних 12 тыс. лет. В отложениях шотта были выделены семь горизонтов, различающихся по составу, строению и генезису. Из них пять представлены золовыми, а два флювиальными — озерными, но не морскими отложениями.

Слоистые песчаники озерного происхождения залегают



Типичный ландшафт восточной окраины Большого Восточного Эрга: сухие долины — вадии, мелкосопочник и дурные земли — бедленд.



Разрыхленное миниатюрное поле в лессовидных плотных отложениях Эрга (в центральной части снимка).

на границе позднего плейстоцена и голоцена. В период 10—7.5 тыс. лет назад в шотте Гарса сформировались горизонтальные слоистые озерные илы, увенчанные пластом гипсовой коры с полигональной текстурой.

Удалось выявить динамику колебания уровня соленой воды. В период от 18 до 10.2 тыс. лет назад он упал с 18 до -10 м [2]. В интервале 10.2—5.0 тыс. лет назад наблюдалось два пика с амплитудой от 0 до -12 м, а затем — постепенное пониже-

ние уровня воды с 8 до -20 м. Считают, что падение уровня связано с эрозионными процессами, рост — с аккумулятивными. Таким образом, на протяжении голоцена во впадине шоттов не обнаружено морских осадков, озерные от-



Самый древний и рациональный способ защиты от сыпучих песков — стены из ветвей пальм.



Островные горы — результат выветривания пород равнин, продутых бешеными ветрами.

ложения развиты эпизодически, а эоловые преобладают. Приведенные данные свидетельствуют о том, что на протяжении голоцена в Северной Африке проявлялась интенсивная ветровая деятельность, формировались обширные песчаные покровы и массивы. Наиболее северный из них — Большой Восточный Эрг — неодно-

кратно надвигался и засыпал впадину шоттов. Следы сахарского моря в строении осадков впадины отсутствуют.

Воздействия деятельности человека на равнинный рельеф северной части Большого Восточного Эрга разнообразны и имеют длительную историю, уходящую в начало бронзового века.

Антропогенные преобразования

Антропогенные преобразования аридных равнин начались с появлением человека и особенно усилились в процессе формирования древних человеческих сообществ в центрах древнего земледелия. Выдающийся русский ученый Н.И.Вавилов на основании обширных научных материалов, собранных в продолжительных экспедициях 1923—1940 гг., доказал, что из семи центров земледелия пять приурочены к аридным регионам и смежным с ними областям [3]. Здесь возникли и развивались главные древнейшие цивилизации Старого Света: Древнего Китая, Индии, Месопотамии, Финикии и Египта, Греции, Карфагена, Рима. Наряду с возделыванием зерновых и овощных культур, это эксплуатация пастбищ, проведение и функционирование дорожной инфраструктуры — сетей грунтовых путей различного назначения, от тропинок до трансрегиональных дорожных трасс, сетей ирригационных и оросительных систем, водопроводов.

По мере накопления материалов выяснялась значительная роль новых, практически неизученных антропогенных разрушений природы аридных регионов, например дорожной дигрессией и военными действиями.

На протяжении двух тысячелетий тунисский регион и Северная Африка были владениями карфагенской империи, которую основали финикийцы из Тира. Завоевательные походы финикийцев с 3-го тысячелетия до н.э. по 146 г. до н.э. вплоть до падения Карфагена сочетались с длительными путешествиями, имевшими характер военных походов, вдоль северной окраины Африки в Марокко, в Испанию и внутренние части Черного континента за золотом, серебром, железом и оловом, за рабами. В то время климат Северной Африки был более влаж-



Ландшафт иссушенных и продутых сильными ветрами гор Ксур приобретает радующий глаз зеленый цвет, который типичен в пустыне только для оазисов.

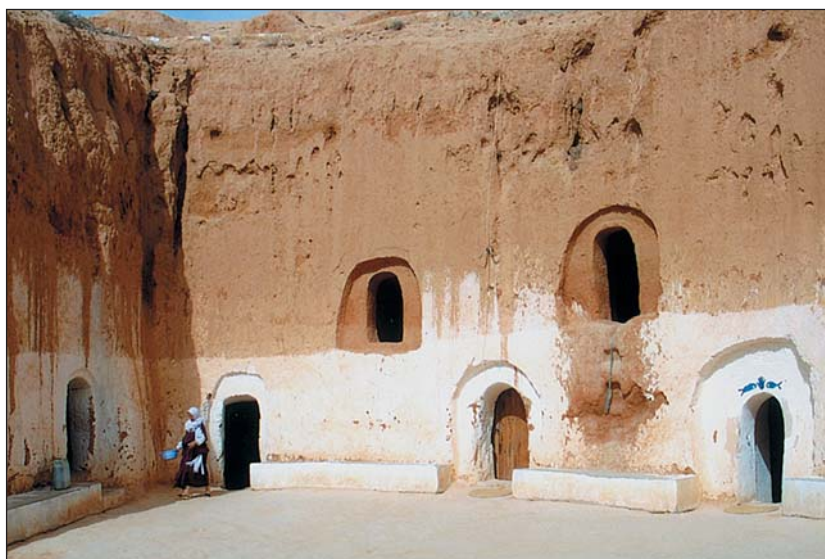


Каменное русло сухой долины и подгорная равнина имеют причудливые очертания.

ным, субтропическим; здесь обитали обезьяны и львы (верблюды появился значительно позднее). Финикийские караваны многократно, свободно пересекали Сахару, которая тогда представляла саванну, была обводнена и населена представи-

телями белой ливийской расы, родственными нумидийцам и другим белокожим народам Африки. Постоянные караванные пути финикийцев связывали в ту эпоху северное побережье Африки с Мавританией и Египтом, Нигерией и, может

быть, даже с Гвинеей. Финикийцы-карфагеняне вывозили из африканского континента золото и слоновую кость, диких животных и рабов в «цивилизованный средиземноморский мир», проникая в Египет через оазис Сива в обход укрепленной, рас-



Впадины защищают от постоянных иссушающих ветров и интенсивно осваиваются человеком.

Жилища троглодитов — местных пещерных жителей. На протяжении нескольких тысяч лет они откапывают их в толще лёссовидных суглинков.

положенной на севере, греческой Киренаики.

Три Пунических войны с римлянами (с 264 по 146 г. до н.э.) в бассейне Средиземного моря сопровождалась колоссальными разрушениями природы Туниса, карфагенских го-

родов, населенных пунктов и всей древней инфраструктуры, гибелью огромных масс населения.

В истории современных аридных равнин Туниса выделяется два этапа наиболее интенсивного освоения: эпоха Рим-

ской империи и эпоха колониализма. На их протяжении кардинально менялся образ жизни и хозяйствования населения. На севере Африки создавались многочисленные города, военные лагеря, соответствующая разветвленная дорожная ин-



Дороги в горах Ксур приспособляются к резко расчлененному рельефу. По склонам пирамидальной скальной вершинки они образуют серпантин.

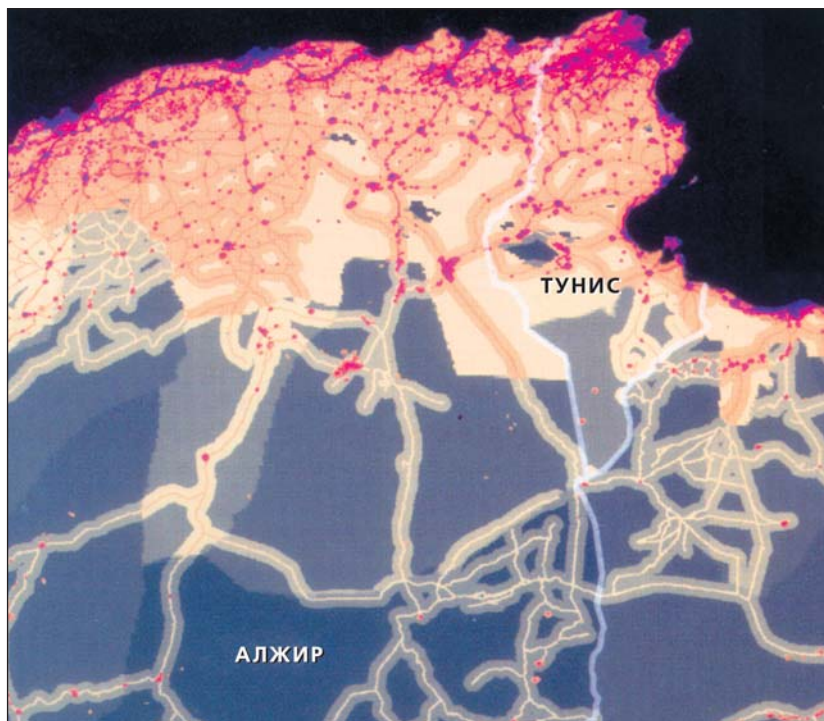


Сухая долина Зигзау, соединяющая залив Габес с впадиной шоттов, издревле служила оборонительным рубежом.

фраструктура, прокладка сетей водопроводов, создание ирригационных и оросительных систем, происходило интенсивное освоение и использование равнинных земель в сельском хозяйстве. Северная Африка была африканской провинцией им-

перии и житницей Рима. Главную роль в развитии сельского хозяйства здесь в римскую эпоху играла распашка огромных территорий маломощных песчаных степных почв под пшеницу, а также создание на плодородных лессовых формациях

плантаций оливковых и фруктовых деревьев, требующих периодического обновления плодородности грунта, выращивания овощей и т.п. На них трудились рабы, переселенцы с Апеннинского п-ова, воины римских легионов.



Фрагмент карты «След человека».

Недаром в пределах северной окраины песчаной пустыни Большого Восточного Эрга встречаются участки откопанных ветрами древних караванных путей, руины римских военных лагерей, фрагменты древних оросительных систем, остатки давлен оливкового масла.

Местные жители на протяжении 4 тыс. лет освоили равнины и склоны поднятий в пределах смежного с Эртом поднятия Ксур. Они сооружали и продолжают по сей день сооружать многочисленные подземные жилища, наибольшая концентрация которых наблюдается в районах Матмата и Ченини. Во впадине Матмата полностью освоена равнина днища, склонов и сухих долин — вад. Окраины впадины приобрели антропогенный рельеф холмов, мелкосопочника и «дурных» земель. В районе Ченини на склонах поднятия подземные жилища вырыты в слоях мягких мергелей, образующих 2-3-метровые прослои между горизонтально залегающими известняками и песчаниками. По-

следние служат полами и кровлями подземных жилищ. Древние и современные подземные постройки полностью изменили исходный рельеф склонов поднятия Ченини и смежных вад.

Театр военных действий

Во второй половине XIX и в XX в. происходил раздел и колонизация Африки, Аравии, Ближнего и Среднего Востока европейскими государствами. Решались эти вопросы преимущественно военным путем, что приводило к огромным разрушениям природной среды и поверхности аридных равнин. В середине XX в. во время Второй мировой войны восточная часть аридного афро-азиатского пояса подверглась невиданному по силе и плотности прессу военных разрушений с плотным — ковровым бомбометанием с самолетов, применением мощной артиллерии, гусеничной техники, прокладыванием участков военных дорог, созда-

нием и функционированием крупных минных полей и проч.

В 1942—1943 гг. на территории Туниса в целом и в его южной, наиболее аридной половине, в частности, происходили длительные бои в рамках северо-африканской операции англо-американских войск союзников под командованием генералов А.Монтгомери, Г.Александера, Д.Эйзенхауера, М.Х.Леккера против немецких войск фельдмаршала Э.Роммеля. Тунис оказался в фокусе наступления американских войск с запада и юго-запада, английских с востока и юго-востока, французских с юга. Немецкий танковый корпус «Африка» с трудом выходил из грозившего ему окружения, энергично оборонялся. Плотность воронок от разрывов авиабомб, снарядов полевой артиллерии и подрывов широких минных полей была чрезвычайно высока.

Природные последствия этих сражений оказались намного большими, чем предполагалось ранее. Были кардинально видоизменены некоторые сухие долины, нарушены оазисы, засыпаны источники питьевой воды, засоленные впадины тунисских шоттов были пересечены новыми дорогами, вдоль военных дорог в песках образовались ложбины выдувания, северные участки песчаного моря Большого Восточного Эрга пришли в движение [4, 5].

Природная среда полностью деформируется военной деструкцией, почвенный и растительный покров уничтожается, поверхностные отложения в одних местах разрыхляются, в других уплотняются. Создается особый тип техногенных грунтов военного генезиса. При достижении линейными нарушениями исходных равнин определенной критической плотности вызываемая ими деструкция трансформируется в ареальную.

Таким образом, антропогенное преобразование аридных равнин военными действиями в северной части Эрга было

весьма значительным, а на отдельных участках, в местах тяжелых боев, они полностью изменены.

В военных целях использовались преимущественно обширные открытые, более или менее выровненные, с размахом высот в несколько десятков метров равнины платформенного типа и замкнутые, локальные равнины межгорных впадин с амплитудами высот в несколько сот метров. В отдельных операциях использовался и существенно изменялся горный рельеф Туниса, его перевалы, склоны и долины горных рек, прибрежные равнины.

Необходимо отметить органическую связь между антропогенным рельефообразованием в мирные и военные времена, с одной стороны, и резкие различия — с другой. Так, например, дорожная инфраструктура во время войн испытывает значительные перегрузки и вызывает огромные разрушения дорожными сетями и обслуживаемыми их сельскохозяйственными территориями; закладывается специфическая инфраструктура военных путей, которая нередко осваивает новые, неудобные, нетрадиционные места. Районы длительных и наиболее разрушительных битв и сражений во все времена выбирались полководцами исходя из требований тактики и нередко были одними и теми же.

В заключение подведем итоги сказанному выше. Природа аридного афро-азиатского пояса в целом, Северной Африки

и Большого Восточного Эрга в его составе испытала более длительные преобразования антропогенной деятельностью по сравнению с гумидными.

Тунис издавна характеризовался повышенной привлекательностью в торговом отношении, включая участки путей из Центральной Африки к Средиземному морю; отличался плодородными землями, на протяжении пяти веков был житницей Древнего Рима.

С начала голоцена песчаное море Большого Восточного Эрга пять раз наступало на впадину и приобрело стабильное положение в современную эпоху.

Аридные равнины здесь значительно изменены длительной хозяйственной деятельностью и в отдельных районах имеют природно-антропогенный генезис. Северная часть Большого Восточного Эрга представляет собой рукотворную песчаную пустыню, созданную деятельностью человека на месте сухих степей, которые французские исследователи называют полупустыней.

За год до проведения автором исследований в Тунисе Всемирное общество охраны природы и Национальное географическое общество США осуществили проект «След человека». Была составлена первая карта антропогенного изменения окружающей среды Африки на основе дешифрирования 92 тыс. аэрофотоснимков, снятых в 2004 г. южноафриканским биологом Дж.М.Фаем одной камерой с борта самолета «Сессна 182»,

стартовавшего 8 июня из Претории (ЮАР) и финишировавшего 27 декабря в Фаро (Португалия). На карте показаны плотность населения, характер и интенсивность землепользования, дорожная сеть и освещенность. Интенсивность антропогенных изменений изображена на ней цветовой гаммой, иллюстрирующей воздействие антропогенной деятельности на окружающую среду от минимального до максимального. Эта карта — первый научно-картографический документ, объективно отраживший состояние окружающей среды целого континента.

Исследованный нами регион Большого Восточного Эрга на карте относится к слабоизмененным, а вся Сахара — к почти не измененной деятельностью человека. Однако карта отражает данные на момент съемки (2004), а исторический аспект на ней не показан. Если учитывать длительность и суммарную интенсивность формирования антропогенных изменений природной среды, рассмотренную в этой статье, то северную часть Большого Восточного Эрга было бы правильнее отнести к значительно измененным районам, а всю Сахару — к измененным.

Результаты исследований, проведенных автором на юге Туниса, позволяют сделать вывод о значительно большей роли антропогенных преобразований в формировании аридных равнин и о необходимости изучения их истории в контексте палеогеографической эволюции. ■

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 03-05-64335 и 06-05-64559.

Литература

1. *Oueddou H.B.* On the Hypothesis of the Saharian sea // C.R. Acad. Sci. Paris. 1989. T.308. Serie II. P.767—772.
2. *Swezey C.K.* // J. of African Earth Sci. 1996. V.22. P.335—347.
3. *Вавилов Н.И.* Пять континентов. Повесть о путешествиях за полезными растениями по основным земельным районам Земли // Вавилов Н.И. Пять континентов; Краснов Н.А. Под тропиками Азии. М., 1987. С.19—171.
4. *Чичагов В.П.* // Изв. РАН. Сер. географ. 2005а. №6. С.26—37.
5. *Чичагов В.П.* // Геоморфология. 2005б. №4. С.10—24.
6. *Africa by Air* // Africa. Special issue National Geographic magazine. September 2005.

Черноморские вихри на службе марикультуры

Д.Я.Фащук, В.Б.Муравьев

В 2006 г. в Черном море, примерно в 5 км от берега на траверзе пос.Хоста близ Сочи, начали устанавливать подводную ферму для разведения лосося, производительность которой составляет до 500 т рыбы в год. Это начинание дает надежду не только на восстановление и развитие марикультуры в российской части моря. Рыборазведение в этом динамически активном районе представляет минимальную экологическую опасность для состояния морских прибрежных вод.

Опыт морского рыбоводства

Стремительный рост населения планеты сопровождается все более активным освоением морских биологических ресурсов. К 1990-м годам, когда суммарная мировая добыча морепродуктов достигла уровня 95 млн т, стало очевидно, что промысловые запасы рыбы и других морских обитателей ограничены и истощены, а объем их добычи достиг предельно допустимого. Тем не менее к 2005 г. его величина превысила 130 млн т. Такой рост определился активным развитием аквакультуры, мировая продукция которой в настоящее время составляет более 30% общего производства морепродуктов. Начавшееся во всем мире в 1980-х



Дмитрий Яковлевич Фащук, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник Института географии РАН. Занимается проблемами географо-экологического моделирования морских экосистем. Постоянный автор журнала «Природа».



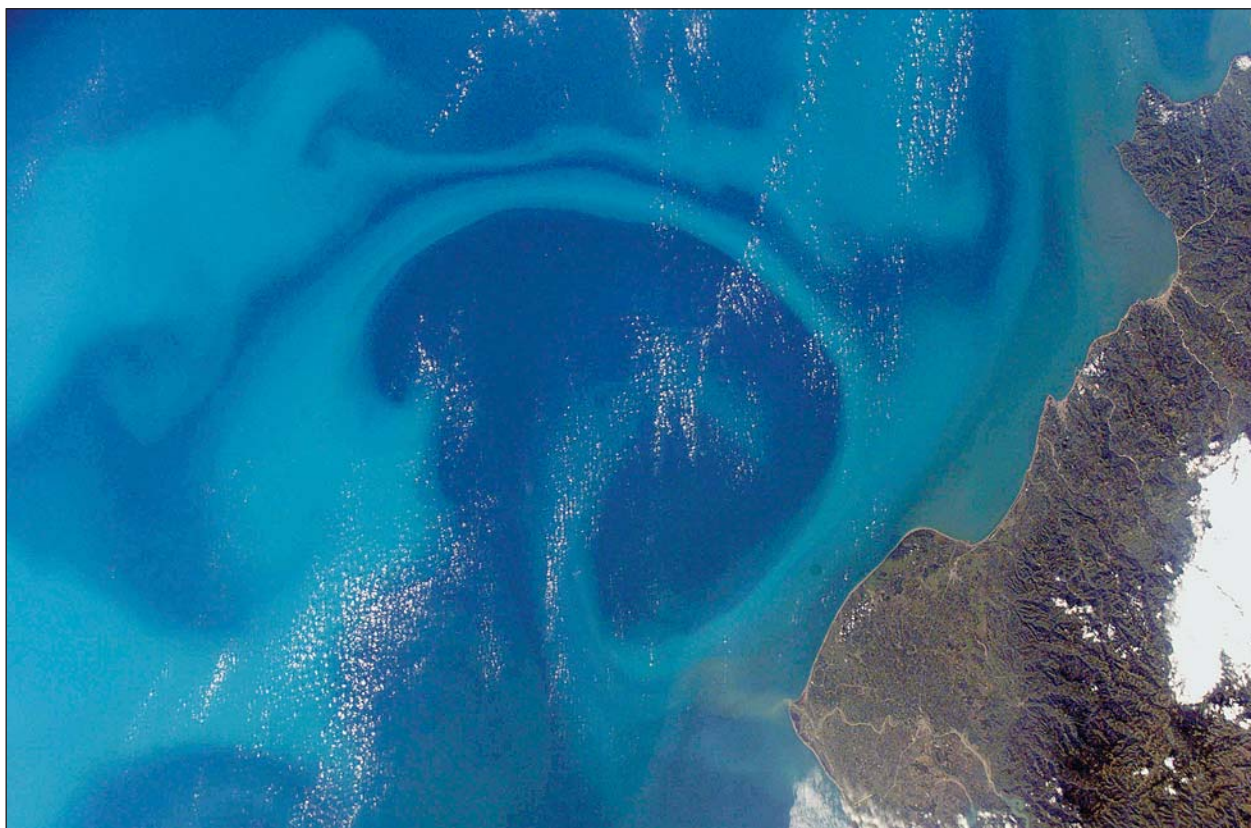
Вильям Борисович Муравьев, кандидат технических наук, заместитель директора объединения «Экофиш». Область научных интересов — подводная технология рыбоводства.

годах развитие управляемых морских аквахозяйств признано сегодня наиболее перспективным направлением в использовании биологических ресурсов Мирового океана.

Ведущие позиции в мировой марикультуре к началу XXI в. занимали страны Азии. При этом пальма первенства в величине продукции морского рыбоводства с огромным отрывом (более чем в пять раз) от ближайших конкурентов принадлежит Китаю (более 50% из 21 млн т мировой морепродукции). Здесь

выращивают в основном пресноводных рыб (95%), и только 5% — морские виды: угорь, морской окунь, морская черепаха, крабы, креветки. Сегодня к Китаю по темпам развития марикультуры стремительно приближается Таиланд. За последние 10 лет его продукция увеличилась в пять раз, составив 450 тыс. т, среди которых преобладают ракообразные, креветки и моллюски.

Второе место по производству морепродуктов занимает Индия (1.6 млн т), где ныне разво-



Прибрежные синоптические вихревые образования — характерная черта циркуляций вод Черного моря. Снимок сделан с МКС 9 июня 2005 г.

дят в основном пресноводных рыб, и лишь в незначительных количествах — ракообразных и моллюсков. На третьем месте — Япония (1,3 млн т), специализирующаяся в основном на разведении морских гидробионтов — устриц, гребешков (в сумме до 500 тыс. т), водорослей (более 600 тыс. т), а также морских видов рыб (до 300 тыс. т), ракообразных (до 2 тыс. т).

Среди стран Европы до последнего времени в развитии марикультуры первенствовала Франция (280 тыс. т), значительно опережавшая в конце прошлого века Норвегию. Французские устрицы (147 тыс. т) и мидии (64 тыс. т) занимают в Европе 53 и 23% рынка выращенных морепродуктов. Кроме того, эта страна преуспела в разведении морских рыб — лосося, тюрбо, морского караса.

Англия тоже выращивает в основном устрицы, мидий,

морского гребешка, но не так успешно, как Франция. Ирландия отдает предпочтение лососю и радужной форели. Дания славится выращенной форелью, Италия — угрем, а Бельгия считается мировым производителем кормов для искусственного рыборазведения [1].

В 1970—1990 гг. искусственное выращивание рыб, моллюсков и водорослей началось в СССР в морях, омывающих его берега на севере (Балтийское, Баренцево, Белое), Дальнем Востоке (Охотское, Японское), юге (Черное, Азовское, Каспийское).

До 1980 г. продукция аквакультуры СССР в мировой статистике не отражалась. Тем не менее к 1991 г. она достигла 438 тыс. т. При этом ее основу составляли карповые (пресноводные) рыбы. После распада СССР (отсоединения Украины, Эстонии, Латвии, Грузии) этот показатель в России снизился

в 1994 г. до 78 тыс. т, из которых на долю марикультуры (морского выращивания) приходилось всего 6—7 тыс. т (в основном водоросли Японского моря) [1]. По последним данным, доля искусственно выращенной рыбы в России составляет 2% от общего объема добытых в мире морепродуктов.

В связи с особенностями физико-географических и климатических условий российских морских побережий (открытость для ветров и волнения, относительно низкие температуры, высокая изменчивость солености) при организации здесь марихозяйств не всегда удается использовать технологии других стран, например опыт лососеводства в защищенных от ветра фьордах Норвегии или выращивания креветок и тилапий в теплых морях Юго-Восточной Азии. Кроме того, к традиционным направлениям развития ма-



Форель. Вверху — пресноводная форма лососевых рыб, которые в течение 1—5 лет после рождения живут в пресной воде, а затем скатываются в море. Внизу — радужная форель, или стальноголовый лосось.

Фото А.Коновалова

рикультуры в России (разведение осетров и лососей) в нашей стране объектами марикультуры стали виды-акклиматизанты, завезенные из других морей: дальневосточная горбуша — в Белом и Баренцевом морях, дальневосточная кефаль-пиленгас — в Черном и Азовском, камчатский краб — в Баренцевом, полосатый окунь из Америки — в наших южных морях.

Приоритетным направлением в развитии марикультуры в России в середине 1990-х годов было определено разведение мидий в Белом и камбалы-калкан в Черном морях. Кроме того, в Белом море ведутся работы по выращиванию зубатки, водоросли-ламинарии, сельди и акклиматизации горбуши. В заливах Белого моря можно выращивать до 15 тыс. т лососе-

вых рыб, 10 тыс. т мидий и до 5 тыс. т водорослей.

В Баренцевом море перспективно товарное выращивание лососевых (форели, семги, кижуча), акклиматизация дальневосточных вселенцев (горбуши, терпуга, краба), разведение морских рыб-аборигенов (трески, камбалы и др.), культивирование промысловых водорослей и моллюсков.

В 50-мильной прибрежной зоне Охотского и Японского морей в Приморском крае, на Сахалине и Курильских о-вах можно получать до 5—6 млн т продукции марикультуры — рыб (лососевые, кефалевые, частиковые), моллюсков (гребешок, мидии), беспозвоночных (трепанг, морские ежи, кукумария, травяная креветка, крабы и др.), водорослей.

В Азово-Донском бассейне планируется разведение и искусственное воспроизводство проходных и полупроходных рыб, успешно выращивается дальневосточная кефаль-пиленгас. В Черном море, несмотря на резкое (80—90%) сокращение продукции марикультуры в 1990-х годах, остается надежда на ее восстановление за счет садкового выращивания лососевых (форель, стальноголовый лосось), осетровых, культивирования мидий и устриц, камбалы-калкана, выращивания кефалей, видов-аборигенов лобана и сингиля.

Все эти планы позволили в конце XX в. оценить рост продукции марикультуры в России «в обозримом будущем» до 200—300 тыс. т, из которых 1/3 составят ценные виды рыб. Сегодня в стране в этом направлении работают 115 рыборазводных частных и государственных компаний, выращивающих 25 видов рыбы и морепродуктов: в первую очередь это карп, форель и осетровые. В 2005 г. весь рынок аквакультуры в России оценивался в 200 млн долл. США (в мире — 35 млрд). По оценке Экспертного института при Российском союзе промышленников и предпринимателей,

при увеличении вылова и выращивания рыбы во внутренних водоемах в 5–6 раз (до 1.3–1.5 млн т или 30–50% от общего объема) этот рынок в России вполне можно увеличить до 500 млн долл. [2].

Рыбоводные технологии

До недавнего времени товарное рыбоводство использовало поверхностные садки и развивалось исключительно у побережья в местах, защищенных от ветро-волнового воздействия (заливы, шхеры, фиорды). Из-за плохого водообмена этих акваторий с открытыми участками моря рыбоводные фермы значительно загрязняли окружающую среду. Кроме того, во многих случаях они препятствовали развитию туризма, особенно в живописных местах.

По этой причине в начале 90-х годов в мировом морском рыбоводстве наметилась тенденция освоения новых открытых районов с глубинами до 50 м и удалением от берега до 20 миль. В 1994 г. на выставке «Аквакультура» в Новом Орлеане (США) была представлена платформа «Sea Trek» для морского разведения рыб, которая должна была работать в Мексиканском заливе, в 4 милях к юго-востоку от форта Морган в Алабаме. На восьми круглых бетонных столбах платформы устанавливался большой купол, способный противостоять ветрам ураганной силы. В нем располагались служебные и бытовые помещения, а у основания платформы на поверхности воды — шесть восьмиугольных горизонтальных садков. Корм подавался автоматически по системе труб. Обслуживающий персонал — восемь человек; стоимость проекта оценивалась в 3 млн долл. США.

В это же время в Японии были разработаны садки «Бриджстоун», которые при необходимости могли погружаться под воду. Команды на погружение и всплытие подавались как вруч-

ную, так и автоматически. Садки, построенные в Израиле, обслуживаются с траулера, но рыба в них в период штормов корма не получает. Садки совместной российско-норвежской конструкции притапливаются под действием самих волн, но волновые нагрузки на рыб при этом сохраняются — рыба укачивается и травмируется сетным ограждением.

Имеются российские проекты подводных садков с единым управлением от плавающего на поверхности бую, от которого корм поступает по шлангам в садки. Однако даже при среднем шторме существует большая вероятность обрыва коммуникаций и срыва бую; поскольку кормление в такой период не производится, и то темп роста рыб замедляется.

Большинство проблем рыбоводства можно решить при рабочем подводном положении садков, т.е. при перенесении технологического процесса выращивания рыб с поверхности в толщу воды. Такая технология позволяет обеспечить процедуру кормления независимо от метеоусловий, сохранить рыбу и садки при жестких штормах, выдвинуть садки в зону лучшей аэрации акваторий (открытое море), регулировать их позицию по глубине в зонах оптимальных (комфортных) температур в зависимости от физиологических потребностей рыб, уйти от поверхностного загрязнения.

В октябре 2000 г. в Мексиканском заливе в 35 км от берега в районе одной из 4000 расположенных здесь газо- и нефтедобывающих стационарных платформ был установлен буксируемый подводный садок. Такое решение было принято для избежания конфликтов рыбоводов с другими природопользователями (судоходство, туристическая индустрия).

В 2001 г. у берегов Италии также было установлено несколько подводных садков, в которых рыба может получать корм как с поверхности воды,

так и в подводном положении. Наконец, в 2002 г. у Гавайских о-вов и у о.Пуэрто-Рико были установлены подводные садки объемом 2600 и 3000 м³ фирмы «Sea Station».

Уже упомянутые подводные фермы в Черном море, в районе пос.Хоста, представляют собой автоматизированные рыбоводные садки, которые состоят из верхней и нижней шестиугольных рам с регулируемой плавучестью, выполненных из стальных труб, между которыми закрепляется сетная камера [3]. В центре верхней рамы расположен бункер для корма, кормораздатчик и система управления садком. Общая площадь фермы составляет 6 га. Каждый из шести подводных автоматизированных рыбоводных садков «ПАРС-2500» имеет объем 2500 м³ и может содержать 60–100 т рыбы (уже установлено четыре из них). Рабочее положение садка — подводное. К верхнему каркасу садка пристыковываются заменяемые балластные пластиковые (металлические) цистерны, обеспечивающие погружение и всплытие конструкции при заполнении их по мере необходимости водой или сжатым воздухом.

Архитектура «ПАРС-2500» позволяет расширять объем сетной камеры от 2500 до 4000 м³. В подводном положении он выдерживает шторм с максимальной высотой волны (для Черного моря — 4 м) и течения со скоростями до 2.0 м/с. В положении на плаву система обслуживается при волнении до 3 баллов. ПАРС крепится на грунте тремя гравитационными якорями, расположенными в вершинах равностороннего треугольника со стороной 100 м, при глубине моря до 50 м. Бункер садка, вмещающий 1.5–2.5 т гранулированного корма, обеспечивает автономность конструкции до 25 сут. Программа контролирует процесс кормления, погружение и всплытие садка. Время, дозировка и частота подачи корма устанавливаются



Автоматизированный рыболовный садок ПАРС-2500 в надводном положении (вверху) и на плаву.

ся автоматически. В момент кормления открывается нижний люк бункера, корм сбрасывается, а люк закрывается. При повышении скорости течения до критических величин (2 м/с) для избежания потерь подача корма прекращается.

Влияние марикультуры на окружающую среду

При морском выращивании лососевых рыб основные источники воздействия на окружающую среду — продукты их жизнедеятельности и потеря корма.

Характер загрязнения вод и донных осадков, таким образом, зависит главным образом от технологии кормления, качества и вида корма. В Швеции, например, в районе установки рыболовных ферм (обычно это тихие чистые фьорды и заливы, защищенные от ветра) при товарном выращивании лососей из-за потерь в морскую среду попадает 1–5% сухого, 5–10% пастообразного и 10–30% влажного корма [3].

В Англии в процессе выращивания 15 тыс. т лососевых рыб в 1990 г. при среднем количестве килограммов корма на

1000 кг рыбы в сутки (кормовом коэффициенте), равном 1.5, в окружающую среду попало свыше 300 т фосфора. После анализа технологии процесса было выяснено, что при переходе на высокоэнергетичные корма с низким содержанием фосфора (~1%) и при кормовом коэффициенте 1.2 фосфорное загрязнение можно снизить на 75%. Самые строгие требования к качеству воды, вытекающей с морской рыболовной фермы, предъявляются в Дании. Она должна содержать здесь не более 1 мг/л органического вещества, 3 мг/л взвешенных веществ, 5 мг/л фосфора, 40 мг/л аммиака, 60 мг/л общего азота.

Продукты метаболизма рыб и остатки корма, накапливающиеся в местах расположения фермы, после растворения в воде становятся источником питательных веществ для низшей водной растительности — фитопланктона, а также скапливаются на дне в нерастворенной форме. В зависимости от используемой биотехники кормления в среднем при производстве 1 кг лосося или радужной форели под садком накапливается 0.5–0.7 кг отходов в виде фекалий и остатков корма. В начальной стадии работы фермы на этих органических осадках под садками развивается ряд бентосных организмов.

Основное влияние морских рыболовных ферм на окружающую среду заключается в поступлении в море избыточного количества соединений фосфора, азота, взвешенных и твердых органических веществ в виде продуктов метаболизма рыб и остатков корма. В замкнутых (застойных) условиях эти факторы, несомненно, вызывают неблагоприятные последствия для окружающей среды. Ухудшаются условия обитания аборигенных видов гидробионтов в результате изменения гидрохимического режима и качества морских вод, а также под влиянием нарушения естественных биогеохимических процессов в донных осадках.

Для крупных особей рыб, которые будут выращиваться на ферме в Черном море (последняя стадия выращивания), при 15°C прирост массы тела в сутки может составить 0.9% от общего веса, или, в пересчете на весь садок, — до 150 кг. При кормовом коэффициенте 1.2 в сутки для этого потребуется 170 кг корма, а при 1.5 — 225 кг.

В предполагаемых к использованию на ферме кормах содержится около 1% фосфора, а в теле самой рыбы его 0.4%. Таким образом, при скармливании 225 кг корма из 2.25 кг содержащегося в нем фосфора 0.9 кг усвоится рыбой, а 1.35 кг фосфора выделится в море. Аналогичные расчеты легко провести и для азота, которого в корме содержится 7.5, а в рыбе — 2.7%. Водная среда в этом случае получит более 10 кг азота. Учитывая то обстоятельство, что при производстве 1 т лосося расходуется около 1200 кг сухого гранулированного корма, при получении такого количества рыбы в окружающую среду попадает около 12 кг фосфора, 65 кг азота и 500 кг органических веществ.

Для исследования возможных экологических последствий функционирования рыбной фермы на побережье Большого Сочи мы проанализировали природные факторы, определяющие здесь поступление и скорость биогеохимической трансформации органических соединений, а также условия накопления осадков и аэрации прибрежных вод, пользуясь методикой, разработанной в Институте географии РАН [4].

Штрихи к портрету Черноморского побережья Северного Кавказа

Территориальные воды России в Черном море омывают побережье Краснодарского края от Керченского пролива до границы с Грузией (р.Псоу). Протяженность черноморских бе-

регов России составляет около 400 км — менее 10% общей длины (4431 км) береговой черты Черного моря. Гидрогеологические и морские геоморфологические исследования Института океанологии РАН показали, что большая часть из этого количества (309 км) подвержена абразионно-оползневому, скально-обвальным, обвальным процессам. Только 60 км российского берега Черного моря представлены аккумулятивными формами рельефа — косами, пересыпями, барами, аккумулятивными террасами. Широко распространены здесь и техногенные берега.

Район строительства морской рыбной фермы расположен в зоне Большого Сочи, занимающей полосу побережья длиной почти 150 км, простирающийся с юга на север от р.Псоу до р.Шепси. Между этими реками непосредственно на территории Большого Сочи (поселки Макопсе, Аше, Лазаревское, Мацеста, Хоста, Адлер, Веселое) в море впадают малые реки — Мзымта, Кудепста, Хоста, Дагомыс, Псахе и др. Кроме того, в Грузии, расположенной к югу от Краснодарского края, в Черное море впадают более крупные реки — Риони, Чорохи, Ингури, Кодори, Бзыби, Супса и др., вносящие в сумме до 43 км³ пресной воды в год (12.7% суммарного речного стока в Черное море) и, безусловно, влияющие на состояние морской среды в районе установки морской рыбной фермы.

Ширина шельфа (до изобаты 200 м) в зоне Большого Сочи составляет 4—12 км. Здесь он имеет плоскую ровную поверхность с уклоном в сторону бровки 0.2—0.6°. Береговой (прибойный) участок шельфа простирается от береговой линии до изобат 25—30 м, центральная шельфовая платформа располагается между изобатами 30—70 м, а внешняя часть шельфа (зона перегиба) занимает изобаты 80—105 м.

На участке р.Псоу — мыс Константиновский (14 км к югу от пос.Хоста) располагаются реликтовые природные галечные пляжи. В зоне строительства рыбной фермы в районе пос.Хоста в прибрежной полосе моря до глубин 10—12 м грунт представлен галькой, которая к глубинам 25—30 м сменяется алевритовым песком, переходящим глубже 40 м в пелитовый песок. Толщина слоя песка под галькой до глубин 7 м составляет 2.1—2.8 м, на 11—15 м она возрастает до 6—8 м, а мощность илов на глубинах 80—100 м не превышает 2—3 м.

Ветровой режим над российским побережьем Черного моря, как и над всей акваторией моря, зависит от типа синоптических процессов. Особенности же внутригодовой изменчивости последних определяют преобладание в течение всего года на северном побережье Кавказа ветров северо-восточных направлений и очень редкую повторяемость северных, западных и северо-западных переносов. На юго-восточном побережье моря максимум повторяемости в течение года имеют юго-западные ветры. Зимой особенно редко наблюдаются северо-западные и северные ветры, а летом — юго-восточные.

Побережье Большого Сочи расположено между двумя зонами с разнонаправленными воздушными переносами, поэтому в теплые периоды года здесь преобладает местная бризовая циркуляция: западный и юго-западный (морской) бриз днем и северный, северо-восточный (береговой) бриз в ночное время. В течение всего года над акваторией Черного моря преобладают ветры северо-восточной четверти. Их среднегодовая повторяемость составляет 25—40%, а в зимние и осенние месяцы в северо-восточной части моря — 40—50%. В результате стгонных ветров у побережья Кавказа высота уровня может изменяться на 20—30 см.

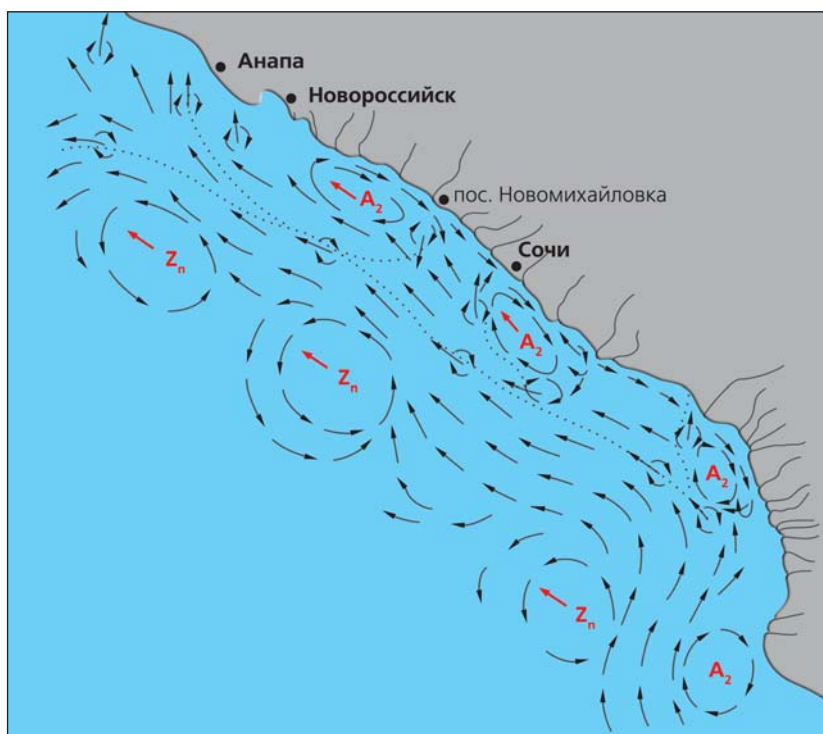


Схема синоптических вихревых образований (циклонов — Z_n , антициклонов — A_2), смещающихся вдоль берега Черного моря.



На космическом снимке, сделанном 9 июня 2005 г. с МКС, хорошо видны прибрежные синоптические образования в восточной части Черного моря.

Типичное для зимы северо-восточной части Черного моря явление бора — порывистый штормовой ветер (от 14 до 40 м/с), вызываемый переваливающимся через горы холодным воздухом, — развивается в зоне

побережья от Анапы до Туапсе. Южнее этой границы в районе Сочи бора не прослеживается.

Штормовое волнение. В литературных и справочных источниках нет информации о состоянии поверхности моря

в исследуемом районе по прямым наблюдениям береговых станций. Косвенно о ветровом волнении здесь можно судить по результатам теоретических расчетов, выполненных в Государственном океанографическом институте для характерной точки в северо-восточной части Черного моря ($44^{\circ}00'$ с.ш.; $37^{\circ}00'$ в.д.), оцененной как репрезентативная для всего района, включая и прибрежную зону.

Северо-восточный район Черного моря практически во все сезоны года характеризуется пониженной ветровой активностью над морской акваторией. В среднем за год повторяемость слабых ветров (<5 м/с) составляет здесь 63.3%. В апреле—июне она максимальна (77.5%), в июле—сентябре снижается до 68.1%, а зимой и весной составляет 49—57%. Тем не менее в эти же сезоны может наблюдаться максимальная высота волнения, составляющая 2.4, 2.8, 3.0 и 4.0 м. Несмотря на незначительную ее повторяемость, составляющую 1 раз в год (2.4 м), в 5 лет (2.8 м), в 10 лет (3 м) и в 50 лет (до 4 м), вероятность таких явлений необходимо учитывать при установке рыболовной фермы.

Гидрологические условия. Сведения постов Гидрометеорологической службы о характере изменения температурного режима вод на российском побережье Черного моря мы объединили в таблицу, также позволяющую рыбакам ориентироваться при планировании производственной деятельности: оценке темпов роста объектов выращивания, объема корма и сроков смены ассортимента, а также расчета времени трансформации его потерь в морской среде (табл.1).

Этому же способствовали привлеченные нами материалы сезонных многолетних (1957—1989) полевых океанографических наблюдений Южного НИИ морского рыбного хозяйства и океанографии в восточной части Черного моря от поверхно-

Таблица 1

Средняя месячная температура воды на поверхности моря на побережье Сочи

Район	Температура, °С	Месяц											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Сочи	средняя	9.5	8.6	8.9	10.9	14.8	19.6	23.7	24.8	22.9	19.2	15.3	11.7
	максимальная	11.2	10.6	10.4	13.4	18.2	22.5	25.7	26.9	25.8	21.7	17.3	13.3
	минимальная	7.7	6.4	6.5	8.1	12.3	16.2	20.2	23.1	21.3	16.5	12.8	9.5
Гагра	средняя	10.2	9.2	9.0	10.7	15.0	19.7	23.6	25.0	23.3	19.7	15.7	12.4
	максимальная	11.8	10.8	10.4	13.4	17.7	23.6	26.5	27.0	25.9	22.0	18.4	14.8
	минимальная	8.2	7.1	6.8	7.8	12.0	17.3	21.3	23.1	22.1	17.3	12.6	10.3
Пицунда	средняя	9.8	8.9	9.0	11.4	15.5	20.3	23.7	24.5	23.1	19.4	15.3	12.0
	максимальная	11.2	9.9	10.4	12.8	17.6	23.1	25.0	26.4	24.3	21.1	17.9	14.5
	минимальная	8.3	7.6	7.9	9.3	12.9	18.2	22.1	23.0	21.7	17.7	12.9	7.9

сти до дна через 10 м в точках, удаленных на 1, 5, 10, 20, 30 и 50 миль от берега.

В районе Большого Сочи самая холодная вода на поверхности у берега наблюдается в феврале (6.4–7.1°C), а самая теплая — в августе (26.9–27°C). При этом весной тепловой фон в 1 миле от берега на 2–3°C выше, чем непосредственно у берега (по причине большей тепловой инерции моря по сравнению с сушей). Летом эти показатели выравниваются, а зимой температура воды на поверхности в 1 миле от берега ниже прибрежной на 3–5°C. При этом весной температура воды от 0 до 40 м понижается с 18 до 8°C, летом — с 24.5 до 12°C, осенью и зимой в этом слое она практически одинакова и составляет соответственно 13.5°C и 8.6°C (табл.2).

Динамика вод побережья России в Черном море определяется как общими для водоема

особенностями циркуляции, так и региональными факторами. Вдоль Кавказского побережья Черного моря на удалении от берега 15–25 км (в районе Кодори-Бзыбь — 3–5 км) располагается поток Основного черноморского течения (ОЧТ), шириной до 40 миль, направленный на северо-запад. Мы систематизировали результаты инструментальных наблюдений за течениями в исследуемом районе, проведенных сотрудниками Южного отделения Института океанологии СССР (Геленджик) в 1980-х годах с помощью самописцев течений, установленных на автономных многосуточных буйковых станциях [5]. Выявились также экологически значимые для нашей цели явления.

На участке акватории от Сочи до Анапы прибрежные течения независимо от сезона имеют возвратно-поступательный вдольбереговой характер в диа-

метрально противоположных направлениях — 310 и 130°. Максимальные скорости северо-западных течений в 1.5–2 раза выше юго-восточных и могут достигать в отдельные годы (октябрь, декабрь) 122–128 см/с, при среднемесячных в период максимумов (зима) значениях 10–15 см/с.

Северо-западные течения преобладают здесь с октября по апрель, а юго-восточные — в мае и августе. В остальные месяцы года вероятность таких направлений потоков примерно одинакова. Средняя продолжительность северо-западных течений составляет 3.4–5.6 сут, максимальная в теплое время года (май–октябрь) — 7–8, а в холодное (ноябрь–апрель) — 10–12 сут. Средняя за год продолжительность юго-восточных течений — 2.2–6.2 сут, максимальная в мае–октябре — 9–10, а в ноябре–апреле — 3–5 сут.

Таблица 2

Среднемесячные (1957–1989) характеристики прибрежных вод северо-восточной части Черного моря на удалении 1 мили от берега

Глубина, м	Весна			Лето			Осень			Зима		
	T, °C	S, ‰	O ₂ , мл/л	T, °C	S, ‰	O ₂ , мл/л	T, °C	S, ‰	O ₂ , мл/л	T, °C	S, ‰	O ₂ , мл/л
0	17.99	16.60	6.75	24.50	17.17	5.57	13.78	17.61	6.48	8.66	17.64	7.34
10	14.98	17.64	6.99	23.62	17.53	5.54	13.97	17.93	6.47	8.55	17.99	7.35
20	11.56	17.92	7.14	20.10	17.79	6.07	13.79	17.99	6.43	8.57	18.10	7.25
30	9.37	18.11	7.20	14.69	18.05	6.73	13.41	18.06	6.41	8.60	18.13	7.20
50	7.68	18.29	6.91	8.58	18.29	6.69	10.81	18.28	6.41	8.25	18.25	7.04

Проанализировать результаты океанографических съемок прибрежной зоны северо-восточной части Черного моря, проведенные различными ведомствами в 1980—2000 гг., мы убедились в том, что все полевые исследования зафиксировали в этом районе моря характерную особенность циркуляции вод — регулярное развитие на прибрежной периферии ОЧТ антициклонических вихрей (АВ) с вращением вод по часовой стрелке. Их основные показатели, оцененные разными авторами, мы свели в табл.3, использовавшуюся при планировании размещения рыболовной фермы. Кроме того, важные выводы вытекают из результатов экспериментов с дрейферными поплавками, проведенные в северо-восточной части Черного моря сотрудниками Института океанологии РАН [5] в начале 2000-х годов.

Во фронтальной (передней) части АВ течение направлено с открытой части моря к берегу, а в тыловой — от берега в сторону моря. Скорости течений могут достигать здесь 70—80 см/с (иногда 100—130 см/с) на поверхности моря и 50—60 см/с (80—100 см/с) в придонном слое вод шельфа. Поскольку линейные размеры АВ (50—60 км) больше ширины шельфа (4—12 км), то перед вихрем происходит «освежение» шельфа чистой водой из открытого моря, а в его тылу — загрязняющие вещества выносятся в море. Такой сильный поток в течение не-

скольких дней интенсивно «промывает» шельф и транспортирует не только загрязненные воды, но и огромное количество взвеси в открытое море.

Вдоль кавказского побережья Черного моря отсутствует жесткий потенциальный барьер между глубоководной и мелководной зонами моря. Плавающие поплавки легко пересекали кромку шельфа, перемещаясь из прибрежной зоны в открытое море и обратно, что свидетельствует об отсутствии динамических препятствий для выноса загрязнений в открытое море.

Эту информацию подтвердили использованные нами данные анализа космического мониторинга АВ в Черном море, проводимого в настоящее время Институтом океанологии РАН [5], а также результаты зондирования Земли из космоса, выполняемого с Международной космической станции (МКС) и регулярно обрабатываемого в Институте географии РАН. Эти снимки также позволили установить закономерности и траектории движения вихрей вдоль кавказского побережья Черного моря.

Неоднократно прибрежные вихри отделялись от берега и проникали в открытую часть моря. Любопытно, что при этом с борта судна было видно, как суда, работающие в зоне вихря в открытом море, оказывались окруженными плавающим мусором (ветками, пластиковыми бутылками и пакетами, канистрами, кусками пенопласта, детскими игрушками и пр.), как будто

судно работает в прибрежной зоне. Проходящие синоптические вихри, таким образом, не только скапливают взвеси и воду с повышенными концентрациями продуктов метаболизма рыб и остатков корма, но и выносят их в открытые акватории моря, очищая тем самым зону рыбоводных ферм.

* * *

Географо-экологический анализ гидрологических условий и природных механизмов водообмена прибрежных вод с открытыми акваториями, определяющих трансформацию и накопление загрязнений в воде и осадках шельфа, убеждает в том, что, в отличие от традиционных зон развития марикультуры в Мировом океане (застойные фьорды Англии, Швеции, Дании), в прибрежных водах северо-восточной части Черного моря района существуют мощные природные механизмы самоочистки водной среды.

Расчеты солевого баланса вод шельфа, проведенные сотрудниками Института океанологии РАН, показали [5], что характерное время полной замены вод на шельфе шириной 10 км в результате водообмена с открытой частью моря под влиянием антициклонических вихревых круговоротов, периодически проходящих вдоль побережья Северного Кавказа, составляет около 35 суток. Учитывая известную продолжительность их прохождения через точку (до 6 суток зимой и 14 су-

Таблица 3

Антициклонические вихри северо-восточной части Черного моря

Показатель	Статистическая характеристика			
	средняя	σ	максимальная	минимальная
удаление центра от берега, мили	19	11	60	10
продольный диаметр, мили	29	8	50	15
поперечный диаметр, мили	20	7	40	10
толщина, м	265	68	400	160
площадь, км ²	1620	911	4308	922
объем воды, км ³	430	183	861	147
орбитальная скорости, см/с	28	5417	58	10
расход через радиальное сечение, м ³ /с	380208	196148	812770	160530

ток летом при максимуме в мае — 21 сутки) легко оценить, что полную вентиляцию морской рыбоводной фермы зимой произведут пять-шесть, а летом — два-три вихря. Это представляется вполне реальным, так как в течение месяца через район проходит до четырех вихрей, а в целом за год их количество колеблется от 19 до 46, при средней величине 32 вихря.

Математическое моделирование процессов переноса осадочного материала медленно

меняющимися (дни или недели) по направлению течениями, проведенное в этом же институте, позволило заключить, что АВ прибрежных черноморских вод России с диаметром 30 км и орбитальной скоростью 25.5 см/с способны переносить до $2.9 \cdot 10^5$ т взвеси с диаметром частиц 7.5 мкм (песок), что в три раза превышает объем твердого стока рек в этом районе моря. За год АВ в северо-восточной части Черного

моря переносят от 2560 до 1060 км³ поверхностных вод при средней величине переноса 1780 км³.

Это с большой вероятностью позволяет сделать заключение о практически полной экологической безопасности будущей рыбоводной фермы. При этом следует отметить необходимость учета высокой динамической активности вод черноморского побережья Северного Кавказа при установке на якоря рыбоводных садков. ■

Литература

1. Биологические основы марикультуры / Ред. Л.А.Душкина. М., 1998.
2. Секрет фирмы. 2005. №47(134).
3. Муравьев В.Б. Перспективы развития воспроизводства и товарного рыболовства у Российского берега Черного моря. // «Перспективы развития рыбохозяйственного комплекса России — XX век». Научно-практическая конференция. Тезисы докладов. М., 2002.
4. Фащук Д.Я. Географо-экологический «портрет» Черного моря // Природа. 1998. №9. С.53—68.
5. Комплексные исследования северо-восточной части Черного моря / Ред. А.Г.Зацепин, М.В.Флинт. М., 2002.

Археологи Университета им.Дж.Хопкинса (США) обнаружили при раскопках в Луксоре (Египет) прекрасно сохранившуюся статую из черного гранита высотой в 1.5 м и шириной 42 см. Скульптура возрастом около 3400 лет скорее всего изображает Тейе — уроженку Нубии, которая стала главной супругой Аменхотепа III, хотя и не была царских кровей. Ее сыном был Эхнатон, а внуком — Тутанхамон.

Science et Vie. 2006. №1063. P.19 (Франция).

Крылоногий моллюск морской ангел (*Clione limacina*), обитающий в умеренных и арктических водах Мирового океана, целый год может обходиться без еды! Специалисты Института полярных и морских исследований им.Альфреда Вег-

нера (Германия) выяснили, что в организме этого хищника, питающегося зоопланктоном, накапливаются большие запасы липидов, которые расходуются постепенно, на протяжении длительного времени. Кроме того, они защищают моллюска от паразитов.

Science et Vie. 2006. №1063. P.24 (Франция).

Зеленой черепахе (*Chelonia mydas*), которая с 1996 г. числится в списках краснокнижных видов, на самом деле опасность вымирания не грозит! К такому неожиданному заключению пришли английские специалисты, изучившие многолетнюю (начиная с 1822 г.) динамику численности этих животных на о.Вознесения (он расположен в центральной части Атлантического океана,

принадлежит Великобритании). Оказалось, что зеленых черепах, приплывающих на остров для откладки яиц, стало по сравнению с 70-ми годами прошлого века больше на 285%. Сегодня в мире насчитывается более 2.2 млн особей *Ch.mydas*.

Science et Vie. 2006. №1063. P.36 (Франция).

Охлаждение на 0.5°C поверхностных вод Тихого океана в тропической зоне, отмеченное между октябрём и декабрём 2005 г., дает основание считать, что наступило время очередного прихода Ла-Нинья. Это климатическое событие проявляется в два раза реже, чем его собрат Эль-Ниньо.

Science et Vie. 2006. №1064. P.40 (Франция).

Горячие точки современной геронтологии

В.Н.АНИСИМОВ

*Перспективы биологии:
от ложного знания —
к истинному невежеству.*

В.Я.Александров

За последние 160 лет ожидаемая продолжительность жизни в экономически развитых странах постоянно увеличивалась со средней скоростью 3 мес/год, и нет никаких оснований полагать, что эта тенденция изменится в ближайшее время [1]. Более того, стремительно растет число лиц, проживших 100 и более лет. В некоторых странах Европы их количество удваивается каждые 10 лет. Растет число долгожителей и в России. Например, в Санкт-Петербурге в 1979 г. было 92 жителя, перешагнувших 100-летний рубеж, в 1996 г. — 150, а в 2001 г. — уже 369 [2]. По данным ООН, наиболее быстро растущий сегмент старческой популяции — лица 80 лет и старше. Такое глобальное постарение населения сопряжено с проблемой качества жизни в пожилом возрасте. Все это определяет возросший интерес к геронтологии, и прежде всего — к изучению первичных механизмов старения организмов и популяций, а также факторов, определяющих продолжительность жизни.

До настоящего времени обсуждается вопрос, можно ли разделить *нормальное, или физиологическое*



Владимир Николаевич Анисимов, доктор медицинских наук, профессор, руководитель отдела канцерогенеза и онкогеронтологии НИИ онкологии им.Н.Н.Петрова (Санкт-Петербург). Президент Геронтологического общества РАН, член совета Международной ассоциации геронтологии и гериатрии, главный редактор журнала «Успехи геронтологии». Основные научные интересы связаны с изучением взаимосвязи возникновения злокачественных опухолей и старения, разработкой мер их профилактики. Автор 19 монографий.

биологическое старение (без болезней) и *патологическое старение*, непосредственно связанное с такими заболеваниями, как рак, болезни сердца и сосудов, остеопороз, остеоартрит, сахарный диабет и некоторыми нейродегенеративными заболеваниями (болезнью Альцгеймера, болезнью Паркинсона и др.)*.

Этой проблемой уже более 40 лет занимается Балтиморский проект по старению (Baltimore Longitudinal Study on Aging, BCLA) Национального института старения США, в рамках которого ведутся наблюдения за группами здоровых людей на протяжении их жизни. Поскольку возрастная динамика показателей весьма варьирует от человека к человеку, практически невозможно оценить степень старения отдельного индивидуума, основываясь на измерении одной или нескольких биохимических, физиологических или физических характеристик. Поэтому до сих пор и нет универсальных тестов для определения биологического возраста, сопоставимого по надежности с хронологическим.

Благодаря работе BCLA выяснилось, что большинство измеряемых показателей меняется с возрастом постепенно, тогда как скачкообразные изменения скорее характерны для ассоциированной

* Термины, используемые для описания старения, довольно неточны, поскольку нет общепринятого определения самого процесса. В англоязычной литературе имеются два термина — *aging* и *senescence*, и хотя оба переводятся на русский язык одним словом *старение*, но в отечественной литературе *aging* обычно соответствует *нормальному, или физиологическому старению*, а *senescence* определяют как *патологическое старение*.

с возрастом патологии. Различают заболевания, ассоциированные со старением (aging-dependent), или с возрастом (age-dependent). Так, некоторые генетически детерминированные заболевания (например, болезнь Хантингтона) зависят от возраста, поскольку проявляются в предсказуемые годы. Изменения, связанные с нормальным старением, могут играть существенную роль в развитии той или иной патологии. Поэтому весьма важно отличать непатологические возрастные изменения (например, поседение волос) от способствующих развитию одного или нескольких патологических процессов (например, накоплению оксидативных повреждений) и вызывающих или указывающих на заболевание (например, образование амилоидных бляшек в мозге как фактор риска болезни Альцгеймера). Такое разграничение необходимо для выбора профилактических мер против преждевременного старения и возрастной патологии.

В короткой журнальной статье невозможно осветить даже бегло основные направления исследований современной фундаментальной геронтологии, поэтому отошлем читателя к соответствующей литературе [3, 4]. Мы коснемся лишь наиболее «горячих точек» в этой области, которая, по мнению журнала «Science», станет в ближайшие 25 лет одной из наиболее приоритетных научных дисциплин.

Поиск генов старения и долголетия

Как сумел ты так долго прожить, борода?

Как ты дожил до таких лет?

Льюис Кэррол. Алиса в Зазеркалье

Продолжительность жизни животных и человека существенно различается у разных видов. Этот показатель варьирует в 1 млн раз среди всех видов и от 10 до 50 раз внутри групп с одинаковым уровнем организации. Среди млекопитающих рекорд долголетия принадлежит одной из пород китов (свыше 200 лет), лабораторные грызуны живут не более двух-трех лет, а многие другие грызуны такого же размера — до 5–10 лет и более. Поскольку видовая максимальная продолжительность жизни коррелирует со скоростью развития, есть основания полагать, что имеются сходные механизмы развития и старения, которые видоспецифичны и генетически запрограммированы. Генетический код человека и шимпанзе сходен на 98%, однако человек живет до 122 лет, а шимпанзе до 56 лет. Очень небольшое число генов может определять различия между ними в стратегии развития и скорости физиологического старения [5].

Оценить наследуемость долголетия у человека можно, наблюдая за членами одной семьи, включая приемных детей (для учета роли условий

среды). Результаты большинства исследований долголетия у близнецов показывают, что наследуемость продолжительности жизни у человека не превышает 50%. По данным шведских геронтологов, изучавших большую группу близнецов, воспитывавшихся в разных семьях, одна треть изменчивости в общей смертности обусловлена генетическими факторами. На продолжительность жизни близнецов могут влиять специфические гены, например определяющие предрасположенность к ожирению или атеросклерозу. Вместе с тем получены данные, свидетельствующие о большей наследуемости долголетия. Так, потомки столетних имели в четыре раза большую вероятность прожить 85 лет и более, чем дети тех, кто умер до 73 лет [4].

Сегодня довольно распространена точка зрения, согласно которой генетическая программа развития исчерпывается репродуктивным успехом (т.е. рождением потомства), а выживание организма после завершения репродуктивной функции если и опосредовано геномом, то весьма косвенно [4]. Ряд недавних публикаций, касающихся связи между возрастом рождения детей и продолжительностью жизни родителей, привлек к этой проблеме пристальное внимание. Показано, что женщины, прожившие 100 и более лет, в четыре раза чаще рожали детей после 40 лет, чем прожившие не более 73 лет [6]. По мнению авторов, поздняя менопауза может быть фактором, способствующим долголетию.

Анализ данных о количестве детей и возрасте их родителей в семьях британских аристократов выявил, что эти показатели коррелируют с продолжительностью жизни [7]. Среди умерших в молодом возрасте (до 20 лет) две из каждых трех женщин были бездетными, а среди проживших более 80 лет таких было менее трети. Ранние роды и большое число детей негативно сказывались на продолжительности жизни женщины. Возраст первых родов был наименьшим у умерших рано и наибольшим у проживших более 80 лет. Больше шансов дожить до 100 лет имели родившие первенца после 40 лет. Интересно, что и мужья жили дольше, если число произведенных ими детей было не слишком велико (а дрозофилы жили дольше, если им не позволяли размножаться). Продолжительность жизни дочерей больше связана с продолжительностью жизни матери, чем отца; у сыновей эта зависимость значительно менее выражена и не определяется полом родителей.

В последние годы существенный прогресс в изучении генетики старения обусловлен работами на беспозвоночных. Популярной моделью стала нематода (*Caenorhabditis elegans*), которая живет около 20 дней. Черви размножаются гермафродитическим самооплодотворением, что обеспечивает формирование генетически однотипных популяций. С помощью химических мутагенов или методов генной инженерии получили

червей с большей на 50% средней и в два раза большей максимальной продолжительностью жизни, чем у их предшественников. Наличие таких популяций нематод убедительно свидетельствует о генетическом контроле темпа старения. Идентифицирован ген *age-1*, модификация или супрессия продукта которого увеличивает продолжительность жизни [4]. Этот ген контролирует целую группу генов, имеющих отношение к продолжительности жизни (*daf-2*, *daf-23*, *spe-26*, *clk-1*). Так, уменьшение активности гена *daf-2* (гомолога гена рецептора инсулина) в два раза увеличивает продолжительность жизни нематод.

Другая хорошая модель для геронтологов — плодовая мушка *Drosophila melanogaster*. Как и в случае с нематодой, получены мутанты дрозофилы, имеющие разную продолжительность жизни. Особи с увеличенным числом копий генов ферментов супероксиддисмутазы (*sod1*) и каталазы жили на 20—37% дольше обычных, а мухи с избыточными копиями генов лишь одного из этих ферментов антиокислительной защиты таким эффектом не обладали [8]. Трансгенные дрозофилы с избыточной экспрессией гена *sod1* в мотонейронах жили на 40% дольше и были значительно устойчивее к окислительному стрессу, чем мухи, не имевшие этого гена [9].

У дрозофил, как и у нематод, система передачи сигнала от инсулина и инсулинподобного факто-

ра-1 (IGF-1) также регулирует размеры тела и продолжительность жизни (рис.1). Так, мутации в регуляторном участке гена гомолога рецептора инсулина (*chico*) увеличивали продолжительность жизни мух на 45%. Мухи, гетерозиготные по двум различным мутациям в этом гене, жили на 85% дольше, чем дрозофилы дикого типа [10]. Оба типа мутаций в этом гене также сопровождалось усилением активности фермента супероксиддисмутазы.

Хотя параллели между системами регуляции инсулина у нематод и плодовых мух весьма отчетливы, но есть и определенные различия. Так, линия дрозофил с мутацией, названная *mtb* («мафусайлова» от Methuselach — Мафусаил) не только увеличивала их продолжительность жизни на 35%, но и повышала устойчивость к стрессу, вызванному самыми различными факторами: голоданием, нагреванием или добавлением в корм параквата — генератора активных форм кислорода [11].

С помощью методов генной инженерии получены линии мышей с увеличенной продолжительностью жизни. Гомозиготные мыши с «выключенным» геном рецептора гормона роста (*ghr^{-/-}*) живут значительно дольше, чем гетерозиготные (*ghr^{+/-}*) или дикого типа (*ghr^{+/+}*). У мышей *ghr^{-/-}*, пропорциональных карликов, замедлен рост, уменьшены длина костей и содержание костных минералов, нет рецептора гормона роста и белка, связывающего его, снижено содержание в крови инсулин-подобного фактора роста I и связывающего его белка-3, а в сыворотке крови увеличена концентрация гормона роста [12].

Карликовые мыши Эймса (мутанты, несущие единичные точечные мутации в *Prophet pit-1* гене) живут на 50—64% дольше, чем особи дикого типа. Эта модель — один из первых примеров способности единичного гена продлевать жизнь млекопитающим. У мышей Эймса снижен уровень пролактина, тиреоидстимулирующего гормона, гормона роста, инсулин-подобного фактора-1 и инсулина в крови, повышена чувствительность к инсулину и понижена температура тела [13]. Как самцы, так и самки карликовых мышей бесплодны и иммунодепрессивны.

У самок мышей *Igf1^{r/r}* с частично нокаутированным геном рецептора IGF-1 средняя продолжительность жизни увеличена на 33% по сравнению с самками дикого типа ($p < 0.001$), а у самцов — лишь на 16%. У этих мышей нет карликовости, а основной обмен, температура тела, потребление корма, физическая активность и фертильность не отличались от контроля, но они более устойчивы к окислительному стрессу по сравнению с контролем (*Igf1^{r/r}*) [14].

В течение последних лет ведется интенсивный поиск кандидатов на роль генов смерти и долголетия у человека. В настоящее время принято считать, что для долголетия человека

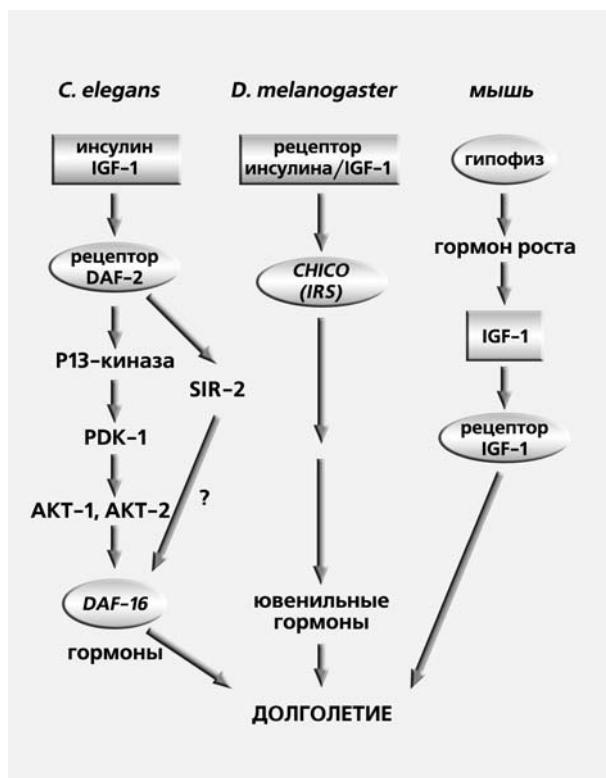


Рис.1. Схемы передачи сигнала инсулина у нематоды, плодовых мух и млекопитающих.

важен только один ген аполипопротеина E (*AnoE*). У проживших 100 лет преобладает аллель *AnoE—E2*. Напротив, усиление аллеля *E4* располагает к гиперхолестеринемии, коронарной болезни сердца и болезни Альцгеймера (но не к раку или диабету). У лиц старше 90 лет риск болезни Альцгеймера, связанный с аллелем *E4*, достигает плато. Полагают, что *AnoE* должен рассматриваться скорее как ген «хилости» (*frailty*), а не как ген долголетия.

Это направление — одно из самых перспективных в современной геронтологии, но оно требует сложного оборудования и больших средств для изучения генетических маркеров старения и ассоциированных с возрастом заболеваний. Однако накопленные к настоящему времени данные позволяют полагать, что нет и, наверное, не будет обнаружен единственный ген, определяющий старение и долголетие как индивидуума, так и вида.

Свободные радикалы и старение

Ваша теория и солидна, и остроумна.

Впрочем, все теории стоят одна другой.

М.А.Булгаков. Мастер и Маргарита

В последние годы наиболее популярна свободнорадикальная теория старения. Практически одновременно выдвинутая Д.Харманом (1956) и Н.М.Эмануэлем (1958), она объясняет не только механизм старения, но и широкий круг связанных с ним патологических процессов (сердечно-сосудистых заболеваний, возрастной иммунодепрессии, дисфункции мозга, катаракты, рака и некоторых других). Согласно этой теории, продуцируемые главным образом в митохондриях активные формы кислорода (O_2^- , H_2O_2 , $HO\cdot$, $\uparrow O_2$) повреждают клеточные макромолекулы. Подсчитано, что за 70 лет жизни человека организм производит около тонны радикалов кислорода, хотя только 2—5% вдыхаемого с воздухом кислорода превращается в его токсические радикалы.

В клетке крысы за день может образоваться до 10^4 вызванных активными формами кислорода повреждений ДНК, и до 10% молекул белка могут иметь карбонильные модификации. Подавляющее большинство из них нейтрализуется еще до того, как успеют повредить те или иные компоненты клетки. Так, из каждого миллиона супероксидных радикалов от ферментной защиты ускользает не более четырех.

Сегодня показано, что видовая продолжительность жизни коррелирует с активностью фермента супероксиддисмутазы (СОД), содержанием β -каротина, α -токоферола и мочевой кислоты в сыворотке крови. Так, у долгоживущих линий *D.melanogaster* активность антиоксидантных ферментов (СОД, каталазы, глутатионредуктазы

и ксантиндегидрогеназы) достоверно выше, чем у короткоживущих линий мух [14].

В пользу свободнорадикальной теории старения говорят и эксперименты, в которых трансгенные линии *D.melanogaster* с дополнительными копиями генов, обеспечивающих избыточную активность СОД и каталазы, жили на 20—37% дольше контрольных мух. Мухи с избыточными копиями генов одного из этих ферментов таким свойством не обладали [8]. Витамин Е, мелатонин, хелатные агенты и некоторые синтетические антиоксиданты увеличивали продолжительность жизни не только дрозофил, но и лабораторных мышей и крыс. Поскольку продукты взаимодействия активных форм кислорода с макромолекулами постоянно обнаруживаются в органах и тканях организма, это означает, что системы антиоксидантной защиты недостаточно эффективны и клетки постоянно испытывают окислительный стресс. Противодействие ему может играть существенную роль в механизме геропротекторного действия эндогенных и экзогенных антиоксидантов.

Меньше калорий — длиннее жизнь

Диета, которая обильна, опасна, и также опасно избыточное насыщение. Те, кто от природы жирны, ближе к смерти, чем те, которые тощи.

Гиппократ. 477—460 гг. до н.э.

Еще в 30-е годы XX в. установили, что диета с существенным (на 40%) ограничением калорий увеличивает на 30—50% максимальную и среднюю продолжительность жизни крыс и мышей. Ограничение пищи увеличивало продолжительность жизни также у рыб, амфибий, дафний, насекомых и других беспозвоночных. В трех больших исследованиях на приматах (главным образом на макаках резус) показано, что некоторые физиологические эффекты низкокалорийной диеты, наблюдаемые у грызунов, воспроизводятся и у обезьян [4]. У них уменьшается уровень глюкозы и инсулина в крови, снижаются температура тела и энергозатраты. Установлено, что геропротекторный эффект голодания определяет общее снижение потребления калорий, а не какого-либо ингредиента пищи.

Подсчитано, что у грызунов при низкокалорийном рационе 80—90% из различных изученных параметров (поведение и обучаемость, иммунный ответ, экспрессия генов, активность ферментов и действие гормонов, толерантность к глюкозе, эффективность репарации ДНК, скорость синтеза белка) проявляло признаки замедленного старения. Такая диета стимулировала апоптоз, который выбраковывает пренеопластические клетки в тканях организма, замедляет накопление мутаций и развитие возрастной патологии.

Пожалуй, основное действие низкокалорийной диеты состоит в ослаблении интенсивности свободнорадикальных процессов. У грызунов при таком содержании замедляется скорость генерации супероксида и H_2O_2 , уменьшаются окислительные повреждения и падение вязкости мембран; голодание снижает чувствительность тканей *in vitro* к острому окислительному стрессу. Наибольший защитный в отношении окислительного стресса эффект низкокалорийного питания проявляется в постмитотических клетках головного мозга, сердца и скелетных мышц.

Группа специалистов из США и Италии [15] оценивала эффективность ограниченного питания у людей, соблюдавших низкокалорийную диету в течение шести лет, в сравнении со здоровыми людьми, придерживавшимися обычной американской диеты. 18 испытуемых (возраст от 35 до 82 лет) не курили, не имели хронических заболеваний, не принимали гиполлипидемических, антигипертензивных или других лекарств и ежедневно потребляли от 1112 до 1958 кКал. В их рацион входили фрукты, овощи, орехи, злаки, белки и мясо (сладкие напитки, закуски и десерт исключались). 26% калорий они получали из белков, 28% из жиров и 46% из углеводов. Лица контрольной группы (18 человек) потребляли 1976–3537 кКал в день без ограничений в сладком. У испытуемых были меньшая масса тела, уровень общего холестерина, липопротеинов низкой плотности, триглицеридов, глюкозы, инсулина, С-реактивного белка, тромбоцитарного фактора роста АВ (PDGF-AB), систолического и диастолического артериального давления и выше уровень липопротеинов высокой плотности, чем в контрольной группе. Авторы полагают, что низкокалорийная диета существенно снизила риск развития

атеросклероза, что подтверждалось уменьшением на 40% толщины интимы медиа артерий. У испытуемых отмечена также меньшая частота воспалительных процессов по сравнению с контрольной группой.

Однако обычный человек вряд ли сумеет на протяжении многих лет строго соблюдать подобную диету. Наиболее известный случай такого эксперимента на себе (при этом не вполне успешного) — опыт известного американского геронтолога и иммунолога Роя Уолфорда. В самые последние годы весьма «горячей точкой» стал поиск миметиков (имитаторов) ограниченной диеты. Предложенный американскими специалистами заменитель сахара 2-дезоксиглюкоза увеличивал продолжительность жизни грызунов, но обладал такими побочными эффектами, что от его использования в качестве геропротектора пришлось отказаться.

Еще в 80-годы прошлого века с помощью некоторых фармакологических средств, в частности антидиабетических бигуанидов (повышают чувствительность тканей к инсулину, улучшают толерантность к углеводам, снижают уровень липидов и устраняют явления метаболической иммунодепрессии), также удается продлить жизнь мышей и крыс и снизить у них частоту спонтанных и индуцированных химическими канцерогенами или ионизирующей радиацией новообразований (рис.2). В нашей лаборатории антидиабетический бигуанид метформин увеличивал продолжительность жизни и тормозил развитие рака молочной железы у трансгенных мышей HER-2/neu (рис.3). А в клинике применение метформина снижает риск развития злокачественных новообразований у пациентов, страдающих сахарным диабетом типа 2.

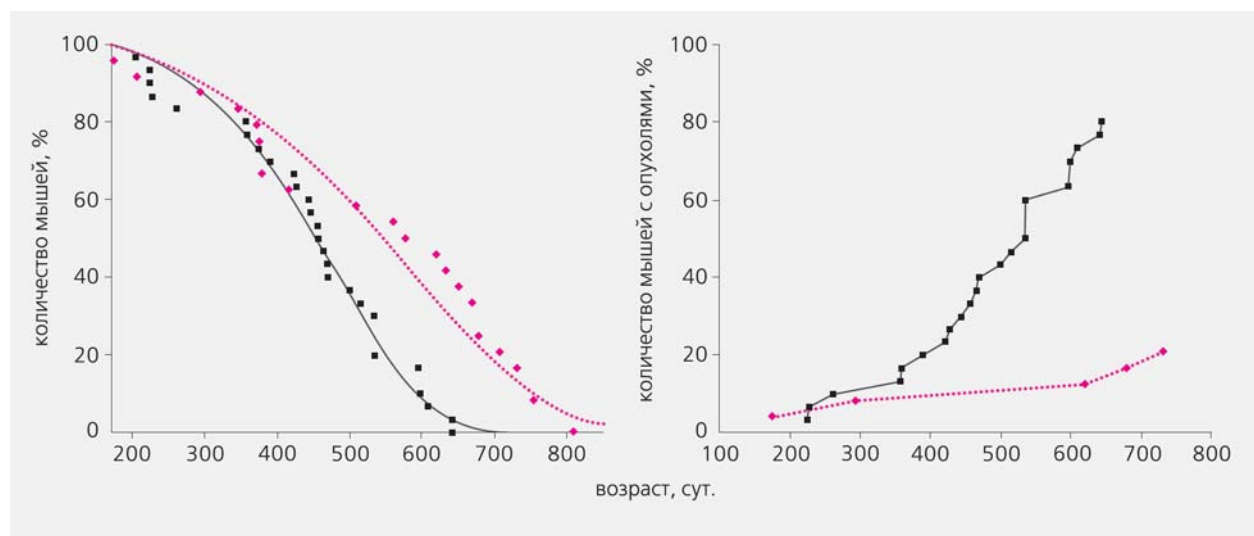


Рис.2. Влияние фенформина (цветная кривая) на продолжительность жизни и развитие спонтанных опухолей (справа) у самок мышей С3Н/Sn [3].

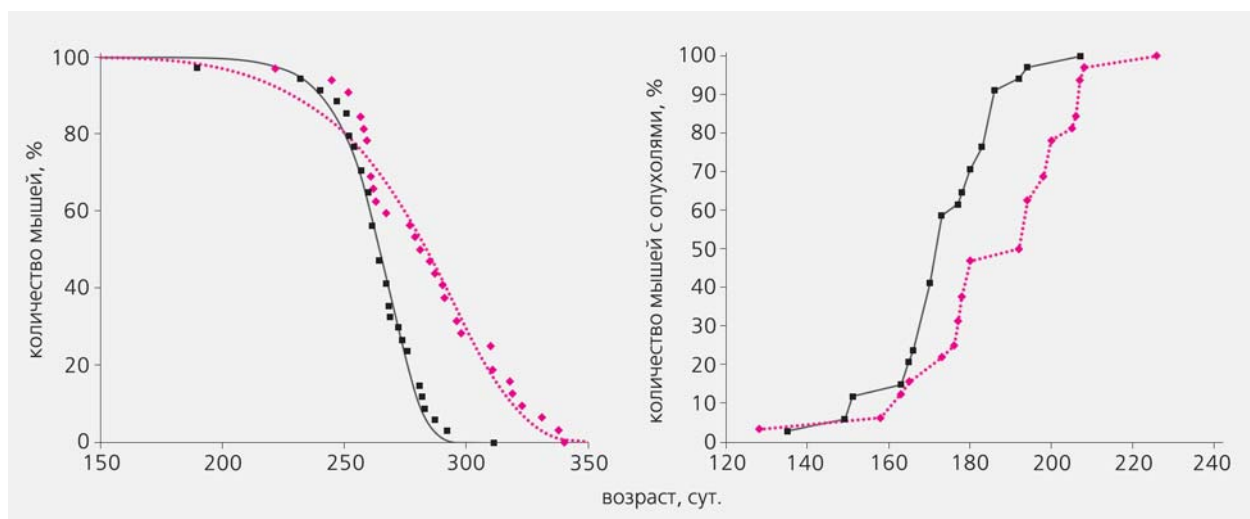


Рис.3. Влияние метформина (цветная кривая) на продолжительность жизни и развитие спонтанных опухолей (справа) у самок трансгенных мышей HER-2/neu [18].

Стареющие клетки: хорошие граждане, но плохие соседи

*Не обольщайся призраком покоя:
Бывает жизнь обманчива на вид.
Настанет час, и утро роковое
Твои мечты, сверкая, ослепит.*

Николай Заболоцкий

В 1971 г. научный сотрудник Института биохимической физики РАН А.М.Оловников, используя данные о принципах синтеза ДНК в клетках, предложил гипотезу маргинотомии, объясняющую механизм работы счетчика клеточных делений. Согласно его гипотезе, ДНК-полимераза при матричном синтезе полинуклеотидов полностью не воспроизводит линейную матрицу, и реплика всегда получается короче в ее начальной части. Таким образом, при каждом делении клетки ее ДНК укорачивается, что ограничивает пролиферативный потенциал клеток и, очевидно, служит «счетчиком» числа делений и, соответственно, продолжительности жизни клетки в культуре. Открытие в 1985 г. фермента теломеразы, достраивающего укороченную теломеру в половых клетках и клетках опухолей, обеспечивая их бессмертие, стало блестящим подтверждением гипотезы Оловникова.

В последние годы достигнут значительный прогресс в изучении роли теломер в старении. Дисфункция теломер (связана ли с укорочением, прямым повреждением или ассоциированным с теломерой дефектным белком) может приводить к трем последствиям: старению клетки, ее гибели (факторы, подавляющие неопластический процесс) или нестабильности генома, которое может способствовать злокачественной трансформации клетки.

Старение клетки рассматривают как один из ее защитных механизмов при дисфункции теломер, поскольку оно останавливает пролиферацию, тем самым блокируя канцерогенез («хорошие граждане») [16]. В течение жизни в организме накапливаются соматические мутации, некоторые из них могут инактивировать гены, участвующие в клеточном старении. Кроме того, потеря гетерозиготности и мутации в генах-супрессорах (*p53* и *Rb*) и онкогенах (например, *ras*) встречаются даже в нормальных клетках. Другой защитный механизм клетки с дисфункцией теломер, в который вовлечен интактный *p53*, — апоптоз. В клетках, где накапливаются мутации в гене *p53* или в компонентах его регуляции, развивается нестабильность генома, повышающая вероятность злокачественной трансформации. Потеря дистальных областей теломер связана с уменьшением пролиферативной жизни клеток как *in vitro*, так и *in vivo*. Анализ данных по укорочению теломер в 15 различных тканях человека показал, что в год теломеры теряют от 20 до 60 пар оснований.

В настоящее время активно развивается гипотеза о важной роли укорочения теломер и соответственно реактивации теломеразы при старении и канцерогенезе. В опухолях человека появление бессмертных клеток (иммортализация) почти всегда обусловлено подавлением гена каталитической субъединицы теломеразы (*hTERT*). Множественность механизмов, подавляющих или регулирующих активность этого фермента, может объяснить исключительную редкость спонтанной иммортализации нормальных клеток человека. С другой стороны, введение субъединицы *hTERT* стимулирует рост различных типов клеток человека без последующего развития опухолевого

роста. Вероятно, основная функция супрессорного гена *p53* состоит в остановке роста в ответ на потерю теломер в старых клетках. Этой гипотезе не противоречат данные о поведении большинства опухолей, в которых этот ген мутирован, и объясняют характеристики редких типов опухолей, в которых функция *p53* сохранена.

Недавно показано, что *in vitro* старые фибробласты человека стимулируют пролиферацию предраковых и злокачественных эпителиальных клеток, которые способны образовывать опухоли при прививке голым мышам («плохие соседи») [17]. У фибробластов на более ранних пассажах (пресенильных) эта способность менее выражена. Несмотря на довольно убедительные аргументы в пользу связи между старением клеток, биологией теломеры и раком человека, данные о роли клеточного старения в старении человека довольно противоречивы и требуют дальнейших исследований.

Увеличение продолжительности жизни и риск рака

*Все равно, по какой дороге идти.
Куда-нибудь ты наверняка попадешь,
если будешь идти достаточно долго.*

Льюис Кэррол.

Приключения Алисы в Стране чудес

Расчеты показывают, что у человека с продолжительностью жизни 70 лет, крысы (2.5–3 года) и мыши (2–2.5 года) частота новообразований одинакова и составляет 30% [3, 19]. Однако при нормализации по количеству клеток в организме оказывается, что мышь более склонна к развитию опухолей, чем человек. Этот феномен склонны объяснять тем, что в соматических клетках мыши теломеразы более активна, чем в клетках человека, чему соответствует значительно большая длина теломер у мыши по сравнению с человеком. Вместе с тем видовая продолжительность жизни млекопитающих соотносится с эффективностью репарации ДНК и устойчивостью их клеток к окислительному стрессу. Так, в ДНК человека восстановление гуанина, алкилированного канцерогенными нитросоединениями, в сотни раз выше, чем у мыши, что связано с большей резистентностью человека к этим агентам. Оказалось, что эффективность репарации вызываемых канцерогеном повреждений в ДНК различных органов связана с продолжительностью жизни мышей. Анализ данных о частоте рака у генетически модифицированных животных с увеличенной продолжительностью жизни говорит о снижении у них частоты злокачественных новообразований [3].

Показано, что различные геропротекторы по-разному влияют на развитие новообразова-

ний, что определяется в основном типом замедления старения в популяции (рис.4). Наши наблюдения свидетельствуют, что более «прямоугольный» характер кривых выживания ассоциирован с увеличенной скоростью развития фатальных опухолей у крыс.

С конца XVIII в. и вплоть до середины XX в. в экономически развитых странах постепенно увеличивалась частота раковых заболеваний. Частота всех злокачественных новообразований в США и многих других странах, включая Россию, заметно росла с 1960 по 1990 г. и у мужчин, и у женщин, что совпадало с увеличением продолжительности жизни. С 90-х годов XX в. в наиболее экономически развитых странах, таких как США, Швеция и Дания, частота рака стала несколько снижаться (рис.5). И именно во второй половине XX в. в наиболее развитых странах изменился характер траекторий смертности, что сопровождалось уменьшением смертности в самых старших возрастах (рис.6). В то же время в других странах,

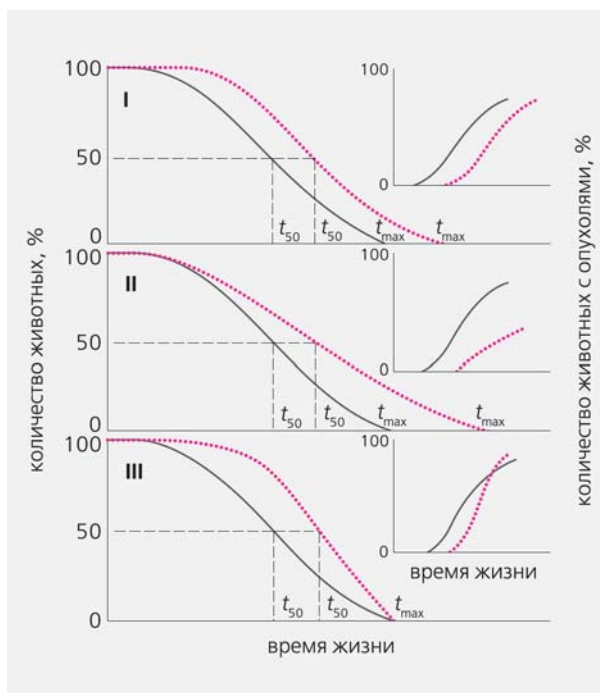


Рис.4. Влияние трех типов геропротекторов (цветные кривые) на продолжительность жизни животных и частоту спонтанных опухолей (на врезке).

I — продолжительность жизни всех особей увеличивается, скорость старения не меняется, новообразования развиваются позднее, чем в контрольной группе, но с такой же частотой;
II — скорость старения снижается, частота новообразований уменьшается;
III — продолжительность жизни не меняется, а скорость старения и количество новообразований растет.
 t_{max} — максимальная продолжительность жизни,
 t_{50} — время полужизни.

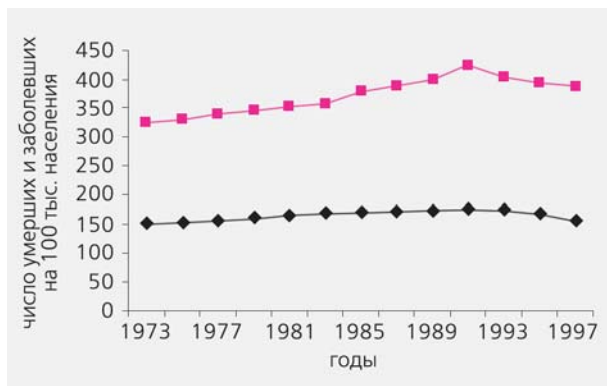


Рис.5. Динамика заболеваемости (цветная кривая) и смертности от рака в США в XX в. [19].

например в России, частота злокачественных новообразований продолжает расти. Очевидно, что увеличение продолжительности жизни и характера траектории смертности по типу параллельного сдвига или даже увеличения ее наклона будет способствовать снижению частоты злокачественных новообразований.

* * *

Наш великий соотечественник И.И.Мечников — основоположник современной геронтологии и автор самого термина «геронтология» — весной 1907 г. в своем предисловии к первому изданию «Этюдов оптимизма» писал: «Наука в России переживает продолжительный и тяжелый кризис. На науку не только нет спроса, но она находится в полнейшем загоне». К сожалению, сего-

дня в России ситуация мало чем отличается от той, что была 100 лет назад. Бюджет всей российской науки не превышает бюджета Национального института старения США — одного из самых «маленьких» в системе Национального института здоровья, и существенно меньше, чем средства, выделяемые государством на содержание чиновников.

Однако стареют и они. И к ним, а также нашим депутатам, мы адресуем Открытое письмо, опубликованное недавно в Интернете (<http://cureaging.com>; <http://ieet.org/index.php/IEET/more/scientistsantiaging/>; <http://www.longevity-science.blogspot.com/> и др.), подписанное 54 ведущими учеными-геронтологами мира. Ниже приводится перевод этого письма на русский язык:

«Всем, кого это касается.

На моделях многих сильно отличающихся друг от друга видов лабораторных животных (нематоды, дрозофилы, мыши и т.п.) удается достигнуть замедления старения и продления активной жизни. Поэтому, исходя из общности фундаментальных механизмов старения, есть основания полагать возможным замедление старения у людей.

Расширение наших знаний о старении позволит лучше противостоять таким истощающим организм патологиям, связанным со старением, как рак, сердечно-сосудистые заболевания, диабет II типа и болезнь Альцгеймера. Терапия, основанная на знании фундаментальных механизмов старения, будет способствовать лучшему противодействию этим возрастным патологиям.

Именно поэтому наше письмо является призывом к увеличению финансирования этой области, что крайне необходимо для интенсифи-

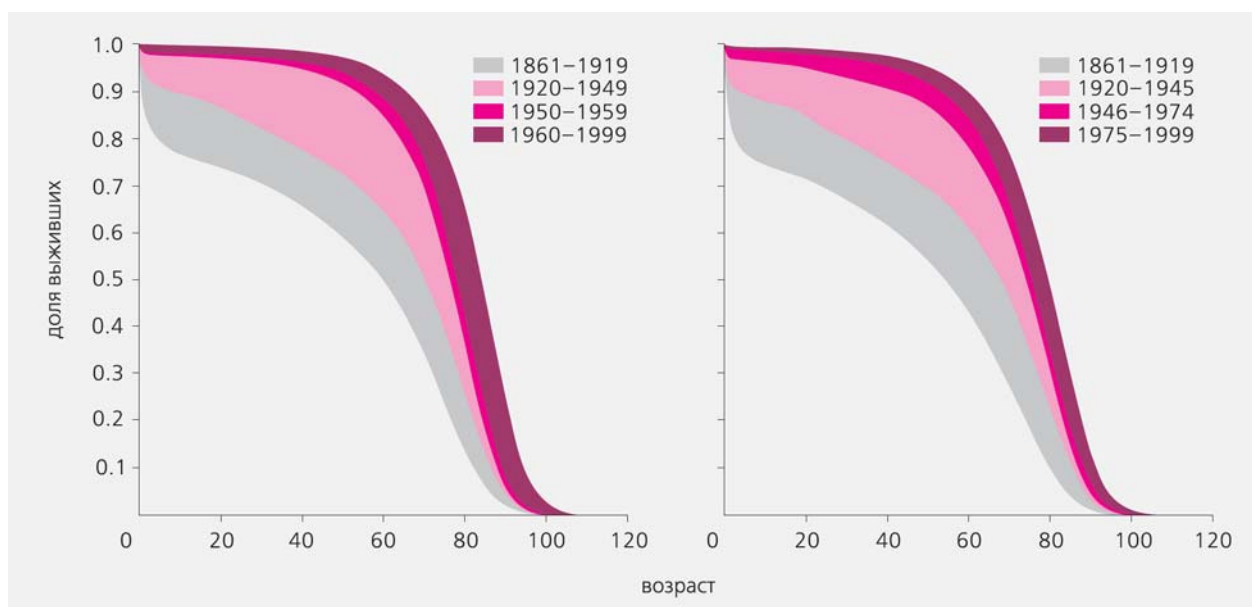


Рис.6. Динамика изменений выживаемости женщин (слева) и мужчин в Швеции с 1861 по 1999 г. [20].

кации как исследований фундаментальных механизмов старения, так и поиска способов его замедления. Все это может привести к намного большему дивидендам, чем в случае, если бы эти же средства и усилия вкладывались в непосредственное противостояние возрастным пато-

логиям. Поскольку механизмы старения становятся все более и более понятными, могут быть разработаны эффективные средства вмешательства в этот процесс. Это позволит значительному количеству людей продлить здоровую и продуктивную жизнь».

Литература

1. Oerppen J., Vaupel J.W. // Science. 2002. V.296. P.1029—1031.
2. Старение населения Санкт-Петербурга: социально-демографические аспекты / Ред. Г.Л.Сафарова. СПб., 2006.
3. Анисимов В.Н. Молекулярные и физиологические механизмы старения. СПб., 2003.
4. Handbook of the Biology of Aging. Sixth Edition / Eds E.J.Masoro, S.N.Austad. Amsterdam, 2006.
5. Cutler Mattson // Aging Cell. 2006. V.6.
6. Perls T., Levenson R., Regan M., Puca A. // Mech. Ageing Dev. 2002. V.123. P.231—242.
7. Westendorp R.G., Kirkwood T.B.L. // Nature. 1998. V.396. P.743—746.
8. Orr W.C., Sobal R.S. // Science. 1994. V.263. P.1128—1130.
9. Parkes T.L., Elia A.J., Dickinson D. et al. // Nature Genetics. 1998. V.19. P.171—174.
10. Tatar M., Bartke A., Antebi A. // Science. 2003. V.299. P.1346—1351.
11. Lin Y.J., Seroude L., Benzer S. // Science. 1998. V.282. P.943—946.
12. Coschigano K.T., Clemmons D., Bellush L.L., Kopchick J.J. // Endocrinology. 2000. V.141. P.2608—2613.
13. Bartke A., Coschigano K., Kopchick J. et al. // J. Gerontol. Biol. Sci. 2001. V.56A. P.B340—B349.
14. Holzenberger M., Dupond J., Ducos B. et al. // Nature. 2003. V.421. P.182—187.
15. Fontana L., Meyer T.E., Klein S., Holloszy J.O. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2004. V.101. P.6659—6663.
16. Anisimov V.N., Berstein L.M., Egormin P.A. et al. // Exp. Gerontol. 2005. V.40. P.685—693.
17. Krtolica A., Campisi J. // Успехи геронтол. 2003. Т.11. С.109—116.
18. Anisimov V.N., Ukraintseva S.V., Yashin A.I. // Nature Rev. Cancer. 2005. V.5. P.807—819.
19. Ries L.A.G., Eisner M.P., Kosary C.L. et al. // SEER Cancer Statistics Review 1973—1998. Nat. Can. Institute. Bethesda. MD. 2001.
20. Yashin A.I., Begun S.S., Boikos I. et al. // Mech. Ageing Dev. 2002. V.123. P.637—647.

Энергетика

Первая в мире коммерческая ПЭС

Электростанция, использующая энергию приливных океанских волн, строится в прибрежной полосе португальского города Повоа-ди-Варзим, расположенного более чем в 300 км к северу от Лиссабона. Выработку электроэнергии обеспечат разработанные шотландской фирмой «Ocean Power Deliver» генераторы «Пеламис». Они названы именем гигантской змеи из древнегреческой мифологии. Каждый генератор имеет длину 150 м и диаметр 3 м. В его конструкцию входят четыре цилиндра, сочлененные шарнирами; поршневые насосы, приводимые в действие вертикальным движением волны, качают

масло под высоким давлением через гидравлические моторы, соединенные с электрогенератором, который связан с берегом подводным кабелем. Средняя мощность каждого генератора 750 кВт, что может обеспечить электроэнергией 500 домов. Летом 2007 г. три установки прошли испытания. По итогам их эксплуатации 28 «Пеламисов» предполагалось разместить на выбранных заранее позициях в прибрежной полосе. Science et Vie. 2006. №1066. P.31 (Франция).

Ботаника

Леса Амазонии в сухие сезоны

Значительная часть лесов Амазонии растет более быстро с наступлением сухих сезонов.

Такое неожиданное заключение сделала А.Гюити (A.Huete; Аризонский университет, США) на основе анализа спутниковых и наземных наблюдений. Неожиданность этого заключения в том, что основная часть растений на Земле растет и зеленеет как раз в дождливые сезоны. Поскольку как девственные, так и уже освоенные лесные зоны следуют классической модели, оставалось полагать, что необъяснимое поведение растений, описанное американскими ботаниками, ошибочно. Однако, по заключению Гюити, особенность амазонских лесов связана с тем, что их корневая система расположена очень глубоко, впитывая грунтовые воды подземных водоносных горизонтов.

Science et Vie. 2006. №1065. P.38 (Франция).

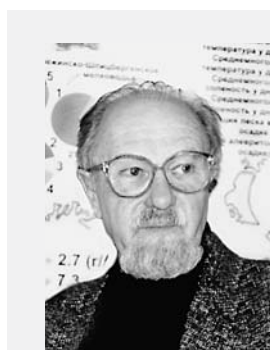
Уровни гомеостаза

В.В.Хлебович

Впервые концепцию о внутренней среде организмов и ее постоянстве сформулировал еще в 1878 г. великий французский физиолог К.Бернар: «Эта внутренняя среда никогда не изменяется, атмосферные колебания не могут проникнуть за ее пределы, и потому можно с полным правом утверждать, что физиологические условия среды у высших животных неизменны. <...> Организм как бы укрыт в своего рода оранжерее. Непрерывные изменения внешних условий не достигают его, он не подвержен этим условиям, он остается свободным и независимым. <...> Все физиологические механизмы, сколь бы различны они ни были, имеют только одну цель — сохранение постоянства условий жизни во внутренней фазе» [1].

Именно это, описанное Бернаром, постоянство внутренней среды организмов животных, позволяющее им активно существовать при широких колебаниях среды внешней, американский физиолог У.Кеннон предложил в 1929 г. называть *гомеостазом* (окончательно термин был утвержден в 1932 г., когда была опубликована книга Кеннона «Мудрость тела» [2]).

В наши дни это понятие распространяют и на другие этажи биологической целостности — клетки, популяции, экосистемы и т.д.; мы же ограничимся рассмотрением гомеостаза на уровне организма. И Бернар, и Кеннон писали о постоянстве внутренней среды только высших



Владислав Вильгельмович Хлебович, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник Зоологического института РАН, где проработал более полувека, из них около 15 лет — директором Беломорской биологической станции, лучшего морского биологического стационара страны. Научные интересы — отношения организмов к солености, общие вопросы адаптаций и эволюции, систематика полихет.

организмов, прежде всего позвоночных и особенно человека. Это и понятно, — в природе существуют животные, у которых некоторые виды гомеостаза вообще отсутствуют или слабо выражены. Известный эволюционист Б.М.Медников считал становление и совершенствование гомеостаза важнейшим путем прогрессивной эволюции. Действительно, способность организмов к гомеостазу — величайшее эволюционное приобретение, позволившее животным освоить новые, ранее недоступные им среды и пространства, что стало возможным благодаря выработке соответствующих весьма сложных механизмов. К примеру, только *терморегуляция* позволила животным освоить приполярные области, а в умеренном климате оставаться активными даже суровой зимой и холодными ночами. Благодаря «*осморегуляции*» (значение кавычек поясню чуть позже) многие животные, занявшие различные ветви эволюционного древа, смогли проникнуть из морей

в пресные воды с чрезвычайно низкой минерализацией. При этом гомеостаз мог выработаться по отношению к одному фактору среды и не проявиться — к другому. Так, организм может быть *гомойосмотическим*, т.е. поддерживать гомеостаз по отношению к осмотическому фактору (как большинство пресноводных организмов), и быть при этом *пойкилотермным*, т.е. имеющим ту же температуру, что окружающая их среда (этим отличаются холоднокровные животные — рыбы, раки, амфибии).

Есть основания полагать, что в зависимости от важности адаптации к тем или иным условиям могли возникать независимо в разное время и в разных группах. Но тогда хотелось бы знать, на каких именно уровнях в разных независимых произошедших группах поддерживается постоянство внутренней среды по тому или иному фактору. Иными словами, какой параметр фактора избирает природа, чтобы далее поддерживать его постоянство.

© Хлебович В.В., 2007

Рассмотрим ситуации с факторами, регуляция которых организмами привлекает внимание исследователей чаще других, — температурой, осмотическим давлением и концентрацией водородных ионов (рН).

Терморегуляция

Терморегуляция возникла в эволюции довольно поздно — она характерна только для птиц и млекопитающих. Благодаря приобретенной теплокровности звери и птицы в сравнении с их холоднокровными предками стали более независимы от температуры внешней среды. Сейчас, когда я пишу эти строки, на улице -27°C , а за окном вижу летающих голубей и ворон, гуляющих с хозяевами собак, атакующих кормушку с семечками синиц и усевшуюся на подоконник серебристую чайку — самую крупную дикую птицу Санкт-Петербурга. Ни один из процветавших в тепличных условиях мелкого периода динозавров, бывших хозяев Земли, сегодняшнего мороза не выдержал бы. Да и при нуле он бы тоже не выжил.

Два класса высших позвоночных, птицы и млекопитающие, сформировались независимо друг от друга и, очевидно, столь же независимо выработали способность регулировать температуру тела, при этом «избрали» они в качестве оптимальной практически одинаковую температуру — около $37-40^{\circ}\text{C}$ [3, 4]. Случайно ли?

Любопытно, что примерно до тех же значений температуры разогреваются в полете (или перед ним) мышцы некоторых насекомых, и эти же значения оказываются верхним температурным пределом для жизнедеятельности рыб, а также для сперматозоидов других самых разных холоднокровных животных. Не распространяется это лишь на обитателей гидротермальных вод, живущих при специфических условиях температуры, газового режима и давления на дне

моря. Для прочих организмов, населяющих «типичные» биотопы Земли, это заключение, судя по всему, справедливо.

По мнению В.Р.Дольника, «избранная» птицами и млекопитающими температура «очень опасна, так как близка к летальной, приводящей к денатурации белков (43°C у млекопитающих и 45°C у птиц)» [3]. Эту близость температуры тела теплокровных животных к критическим значениям их организменной термоустойчивости пытались объяснить разными причинами. Наиболее правдоподобным выглядело объяснение «завышенной» температуры тела птиц и млекопитающих энергетическими преимуществами физиологии нагрева их тел по сравнению с охлаждением [3]. Действительно, нагрев тела, который происходит за счет усиления обменных процессов или произвольной и непроизвольной активности мышц (дрожь, тонического сокращения), оказывается энергетически выгоднее охлаждения, вызванного испарением воды при дыхании или с поверхности кожи. Казалось бы, именно поэтому теплокровные и «избрали» в качестве постоянной температуру самую высокую из возможных — чуть ниже тепловой смерти. Однако анализ других видов гомеостаза (о которых пойдет речь в следующих главах) не позволяет объяснить избранный уровень температуры тела теплокровных только энергетическими преимуществами теплопродукции перед тратами на охлаждение.

Осморегуляция

Существующие около полутора веков термин и понятие «осморегуляция» не совсем корректны. Дело в том, что осмотическое давление (тоничность) определяется количеством растворенных в объеме жидкости частиц независимо от их природы. А для функционирования организма далеко не безразлично, какие

именно частицы растворены во внешней (вода) или внутренней (плазма крови, целомическая жидкость, лимфа, гемолимфа) средах. Как правило, обитающие в море организмы, как и пресноводные животные, нуждаются в некотором количестве определенного набора солей, весьма близкого по соотношению ионов к морской воде. Одно из ярких доказательств этого — сходство по составу и концентрации ионов морской воды и различных физиологических растворов, используемых в качестве заменителей плазмы и других компонентов крови (растворов Рингера). Это сходство дало основание ввести термин «соленость внутренней среды», выражая ее в принятых в океанологии единицах — в граммах солей в литре воды (промилле, ‰) [5].

Доля осмотического давления, создаваемого во внутренней среде органическими веществами — сахарами, аминокислотами, белками (так называемая онкотическая компонента тоничности), обычно очень мала. У некоторых вторично-морских позвоночных (пластиножаберных рыб и немногих видов амфибий) тоничность плазмы крови, соленость которой около $10-15\text{‰}$, повышается до изоосмотического (близкого по солёности) морской среде состояния за счет накопления соответствующего количества мочевины. Так, солёность плазмы крови у обитающей в Юго-Восточной Азии лягушки-крабоведа (*Rana cancrivora*) равна 28‰ , т.е. изоосмотична морской воде, где она проводит большую часть жизни. Эта единственная из всех лягушка способна жить в соленой воде, сохраняя в крови мочевины, и, что интересно, она умеет освобождаться от ее избытка, оказавшись в пресном водоеме, куда отправляется, как все ее сородичи, метать икру.

Румынский академик Э.Пора в свое время предложил рассматривать солёность сред как сочетание двух факторов — осмотического, определяемого об-

щим количеством растворенных частиц, и *рапического*, обусловленного совместным специфическим действием растворенных ионов. Мы убедились в справедливости этого предположения, изучая физиологическую активность беломорских организмов — личинок-планул медуз *Aurelia aurita* и взрослых брюхоногих моллюсков *Hydrobia ulvae*. Животных помещали в сосуды с возрастающей соленостью 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, .., 25‰, куда добавляли многоатомный спирт манит (он, в отличие, например, от сахаров, метаболически неактивен), доводя во всех случаях среду до общего осмотического давления, соответствующего типичной для Белого моря солености 25‰. Результаты эксперимента показали, что для нормальных реакций всем исследованным организмам обязательно требуется содержание морских солей в среде не менее 5 ‰, и только после этого они могут реагировать на добавленный манит как на осмотический фактор [6].

Таким образом, когда речь идет об осморегуляции, чаще всего имеется в виду поддержание величин внутренней солености. Или, иными словами, осморегуляция осуществляется, прежде всего, механизмами ионорегуляции.

Отсутствие осморегуляции (пойкилоосмотическое состояние) характерно для большинства морских беспозвоночных, причем это состояние сохраняется в довольно большом диапазоне солености внешней среды — от 34.5‰ (океанические воды) до 5–8‰, очень редко до 3‰. Ниже этого предела вплоть до пресных вод существование организмов возможно лишь за счет работы механизмов *гиперосмотической регуляции*, «следящей» за тем, чтобы внутренняя соленость клеток и тканей не опускалась ниже 5–8‰ [5].

Выработанный для жизни в пресных водах уровень внутренней солености чуть выше 5–8‰ сохранился у вышедших на

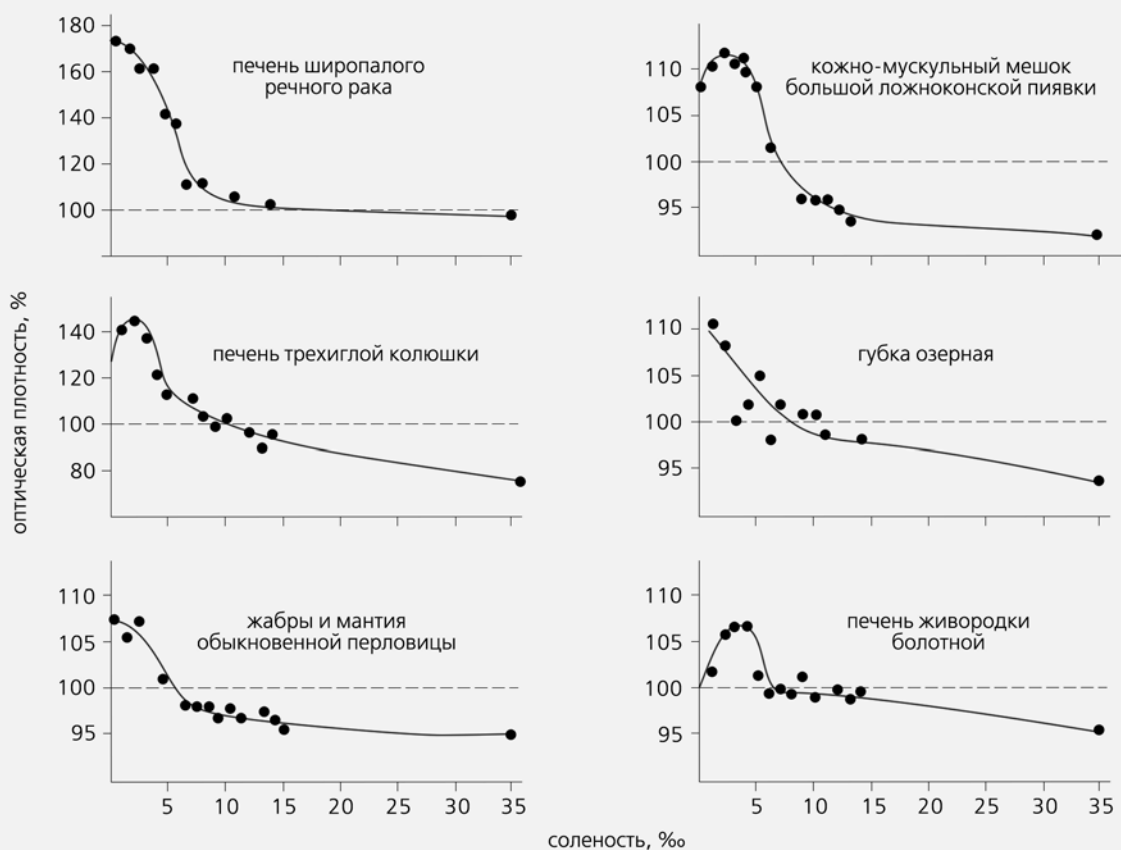


Эволюция осмотических (соленостных) отношений.

Первичные животные появились при солености выше 5–8 ‰, но ниже современной океанической. Произшедшие от них организмы без внутренней среды (нет полостных жидкостей, крови, лимфы и гемолимфы, как у современных турбеллярий) вышли в пресные воды, а также заняли морские со всем спектром солености. Они дали начало пойкилоосмотическим организмам с выраженной внутренней средой (например иглокожим, морским моллюскам, большинству ракообразных). Некоторые из этих животных, только приобрета гиперосмотическую регуляцию, смогли освоить пресные воды соленостью ниже критической (пресноводные раки, моллюски, рыбы и др.). Гиперосмотические пресноводные, сохранив характерные для них значения внутренней солености, дали начало наземным и вторично морским. Большинство вторично морских при этом стали гипоосмотическими (морские рыбы, креветки-палемониды), остальные — морскими пойкилоосмотическими, которые способны повышать тоничность внутренней среды за счет задержки в крови мочевины. Пунктиром показаны менее вероятные пути эволюции.

сущу потомков пресноводных организмов разных групп. У человека, например, соленость плазмы крови около 9–10‰ — морскую воду, разведенную до этих значений солености, медики Советского Союза и Великобритании использовали во время Второй мировой войны в качестве дешевого кровезаменителя.

Уровень внутренней солености, выработанный в пресных водах, оказался в чем-то настолько выгодным, что его сохранили потомки пресноводных животных, вновь вернувшиеся в море. У таких организмов (костных рыб, креветок-палемонид, ветвистоусых рачков *Evadne* и *Podon*) в море осуще-



Оптическая плотность тканевых вытяжек пресноводных животных в средах разной солености. Пунктиром отмечен контроль (100%) — морская вода, соответствующая нормальной внутренней солености организмов.

ствляется *гипоосмотическая* регуляция — у них работают механизмы, снижающие внутреннюю соленость. Это достигается постоянным питьем морской воды и выведением наружу значительной части содержащихся в ней солей специальными клетками покровов или жабр. При солености внешней среды, близкой океанической, соленость плазмы крови таких организмов часто оказывается примерно в три раза меньшей. Именно поэтому французский врач и путешественник Ален Бомбар, переплывший Атлантический океан на надувной лодке, использовал для питья сок, выдавленный из пойманных рыб.

Таким образом, уровень гомеостазии как у гиперосмотических пресноводных, так у гипо-

осмотических морских примерно одинаков и определяется внутренней соленостью обычно не ниже 5—8‰, но близкой этому пределу. При этом замечу, что осмотический гомеостаз выработывался у животных разных таксонов (кольчатых червей, брюхоногих и двустворчатых моллюсков, ракообразных, рыб и др.), переместившихся из моря в пресные воды, независимо друг от друга.

Очевидно, нижний предел внутренней солености тоже располагается очень близко к границе устойчивости белковых комплексов. Об этом можно судить по резкому увеличению оптической плотности тканевых вытяжек разных пресноводных и морских организмов в морской воде соленостью ниже 5—8‰.

Регуляция рН

Здесь лучше всего процитировать монографию Г.А.Виноградова: «Анализ собственных и литературных данных позволяет считать, что у абсолютного большинства различных в таксономическом отношении групп солоноватоводных и пресноводных животных величина рН внутренней среды находится в пределах 7.4—8.0 и фактически не зависит от концентрации водородных ионов во внешней среде» [7, с.193]. Действительно, кровь морских и наземных организмов имеет близкие значения рН (у человека в норме 7.35—7.45). Судя же по широкому распространению в животном мире, гомеостаз концентрации водородных ионов очень древний. Поддерживается он бикарбонат-

ным буфером: при высоких значениях pH угольная кислота выделяется через органы дыхания, бикарбонат — почками.

Нельзя не заметить, что слабощелочная реакция внутренней среды животных также близка к критическому значению — при pH ниже 7.0 среда становится качественно иной, кислой.

В юбилейном сборнике докладов, посвященном 200-летию Московского общества испытателей природы, опубликовано единственное научное сообщение лауреата конкурса студенческих работ — Д.А.Суплатова, четверокурсника МГУ им.М.В.Ломоносова. На примере бактериальных пенициллинацилаз он отметил, что этот фермент стабилен при нейтральной величине pH, а при подщелачивании или подкислении начинается диссоциация его молекулы. Очевидно, такие качественные изменения состояния характерны и для других белков.

Общие принципы гомеостаза

Избранные организмами разных таксономических групп уровни регулирования температуры и внутренней солености оказались близки границам устойчивости белковых комплек-

сов, а уровень регулирования pH жидкостей внутренней среды, находясь в слабощелочной зоне, оказывается совсем рядом с нейтральной точкой, за которой среда становится кислой.

Очевидно, есть какие-то преимущества регулирования биологическими процессами термо-, ионорегуляции и регуляции концентрации водородных ионов вблизи границ устойчивости белковых комплексов [8]. Именно у этой опасной черты, но заведомо не переходя через нее, оказываются оптимальными биологические процессы во внутренней среде организмов. Не частные ли это проявления общего принципа преимуществ регулирования вблизи критических точек?

По утверждению В.И.Полежаева и Е.Б.Соболевой, резкие изменения свойств веществ вблизи критических точек могут быть вызваны минимальными воздействиями [9]. Вспомним также управляемые ядерные реакции распада или синтеза. Создаваемые в реакторе условия выделения полезной энергии можно рассматривать как своего рода *предвзрыв*. Они очень близки к тому, что может привести к взрыву, но делается все, чтобы этот взрыв не произошел. Только вблизи критической точки, не переходя ее, процессом мож-

но управлять, например, в случае реакций распада — перемещением стержней. В теории управления функциональных систем сформулировано правило: «чем ближе реальное возмущающее воздействие приближается к детерминированному процессам, тем меньше мощность управления, требуемая для обеспечения устойчивости» [10].

Возможно, преимущества регулирования процессов вблизи их критических точек стоит рассматривать как проявление *принципа минимального действия*. Этот принцип Макс Планк считал самым крупным научным обобщением физики, вообразившим себя как частность даже законы сохранения [11]. Принцип этот часто связывают с именем Мопертюи, но открывался он под разными названиями многими авторами [8, 12]. Известный закон минимума Либиха — частное проявление этого принципа. Он также известен как принцип наименьших сопротивлений Спенсера – Богданова [13]. Мне кажется, принцип минимального действия прекрасно выражен русской пословицей: «Где тонко, там и рвется». Если хотите разорвать — рвите здесь, если укрепить — здесь и штопайте, но в обоих случаях цель будет достигнута минимальными усилиями. ■

Литература

1. *Bernard C.* Les phénomènes de la vie. Paris, 1878. (Цитируется в переводе А.Г.Гинецинского.)
2. *Cannon W.B.* The wisdom of the body. L., 1932.
3. *Дольник В.Р.* // Журнал общей биологии. 2003. Т.64. №6. С.451—462.
4. *Зотин А.И., Зотин А.А.* Направление, скорость и механизмы прогрессивной эволюции. М., 1999.
5. *Хлебович В.В.* Критическая соленость биологических процессов. М., 1974.
6. *Хлебович В.В.* // Доклады АН СССР. 1972. Т.208. №5. С.1221—1223.
7. *Виноградов Г.А.* Процессы ионной регуляции у пресноводных рыб и беспозвоночных. М., 2000.
8. *Хлебович В.В.* // Журнал общей биологии. 2005. Т.66. №5. С.431—435.
9. *Полежаев В.И., Соболева Е.Б.* Гидродинамика околокритических жидкостей // Природа. 2003. №10. С.17—26.
10. *Петров Ю.П., Шишкин В.И.* Управление и диагностика функциональных систем // Методические указания к курсу «Функциональные системы» Ч.2. СПб., 1993.
11. *Планк М.* Единство физической картины мира. М., 1966.
12. Вариационные принципы механики / Ред. Л.С.Полак. М., 1959.
13. *Тахтаджян А.Л.* Principia tektologica. Принципы организации и трансформации сложных систем: эволюционный подход. СПб., 1998.
14. *Суплатов Д.А.* pH-зависимость активности и стабильности бактериальных пенициллинацилаз // Доклады на юбилейном заседании, посвященном 200-летию Московского общества испытателей природы. М., 2005. С.48—62.

Родники на водосборе Иваньковского водохранилища

Н.П.Ахметьева, Е.Е.Лапина

кандидаты геолого-минералогических наук

В.В.Кудряшова

Институт водных проблем РАН
Москва

Вести из экстремальной

Почти в любом поселении России, будь то город или деревня, есть свой родник, как магнит притягивающий и молодых, и старых. И ходят туда (а к имеющим статус «святым» даже ездят с экскурсиями) не только за водой, но и чтобы приобщиться к чему-то первозданному, чистому, греющему человеческую душу. Неслучайно слова «Родина» и «родник» однокоренные. Гораздо менее романтичный смысл вкладывается в понятие «родник» в гидрогеологии — это всего лишь выход подземных вод на поверхность.

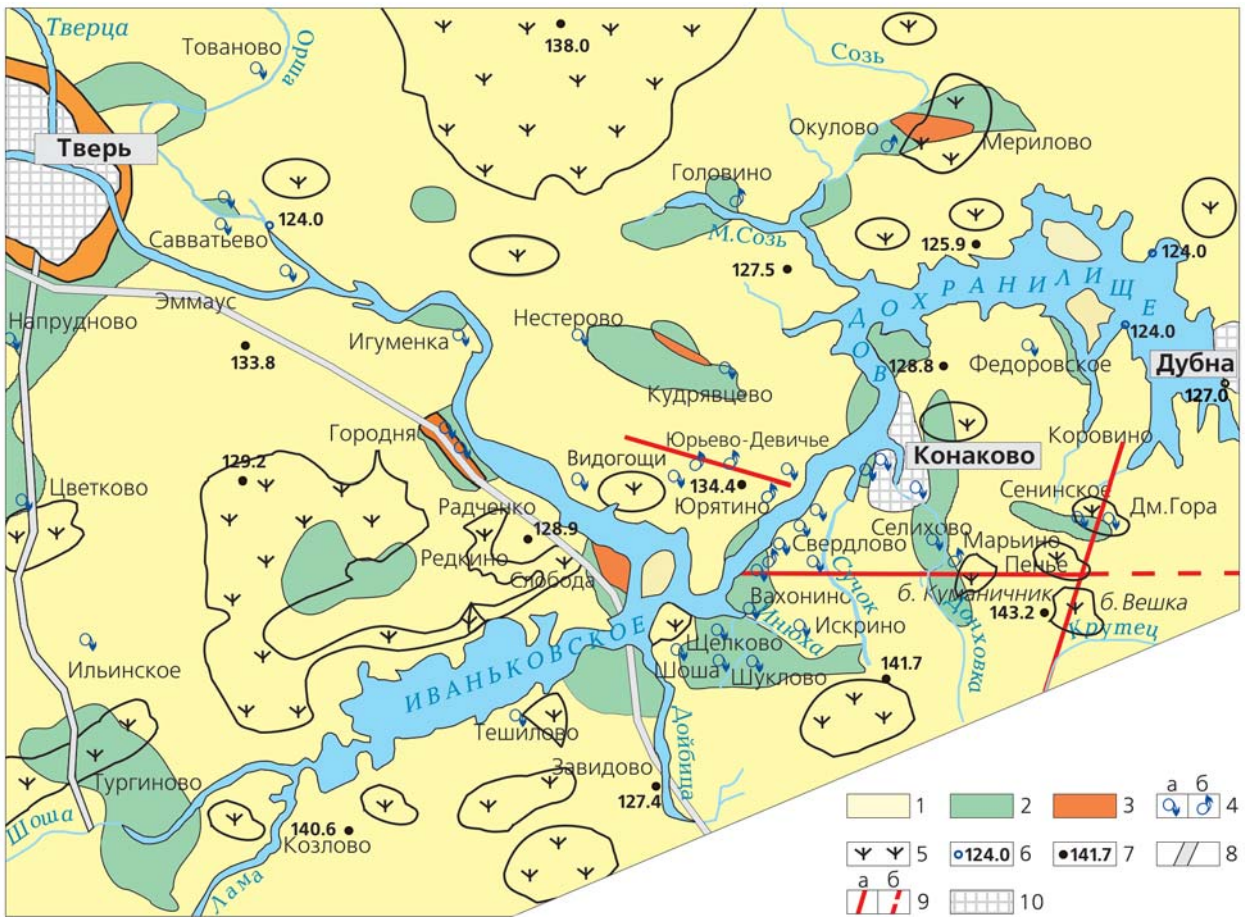
Когда в родниках разгружаются глубокие напорные воды, их называют восходящими. В них вода бьет с силой, а ее качество и расход почти не меняются во времени. Нисходящие родники появляются за счет разгрузки безнапорных подземных вод — первого от поверхности земли водоносного горизонта. Такие ключи наполняются в период весеннего снеготаяния, когда с внутрпочвенным стоком в грунтовые воды поступают различные загрязняющие вещества (к примеру, патогенные микроорганизмы, соединения азота и фосфора), а в засушливое лето вытекают слабой струйкой. Встречается и смешанный тип родника, когда в то же самое место, где выклиниваются безнапорные воды, по трещинам зоны тектонического нарушения идет разгрузка глубоких водо-

носных горизонтов. В этом случае родник не пересыхает в жаркое лето, но его дебит и химический состав воды не отличаются стабильностью.

Наша научно-исследовательская станция Института водных проблем РАН, расположенная в Конаково, уже более 20 лет занимается мониторингом экосистемы Иваньковского водохранилища — основного питьевого резервуара Московского мегаполиса. Системой наблюдений охвачены и родники. Наблюдая за сезонными колебаниями их характеристик, можно заметить начало отклонения экосистемы от равновесного положения. Другими словами, родники — индикатор ее состояния.

Наиболее детально изученная часть водосборной площади Иваньковского водохранилища (от Твери до Дубны) занимает около 35 330 км². К этой территории приурочено значительное количество родников, из которых нами обследовано около 50. Опорные родники, по которым имеются ряды наблюдений продолжительностью 10—15 лет, показаны на схеме. Среди них преобладают нисходящие родники, относящиеся по классификации источников (родников) В.А.Всеволожского к эрозионным и контактовым, и лишь приблизительно десятая часть всех родников — восходящие либо смешанные, связанные с разгрузкой глубоких напорных вод или с разломами в дочетвертичных отложениях [1].

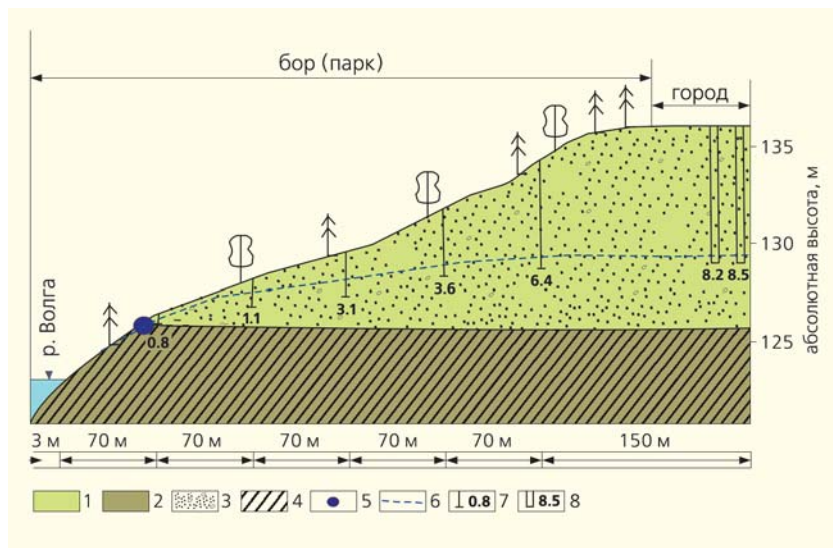
Выходы эрозионных нисходящих родников приурочены к контакту аллювиальных песчаных пород с подстилающими их суглинками. Вода таких родников пресная, гидрокарбонатно-кальциево-магниевого типа. На одном из наших рисунков приведен типичный гидрогеологический разрез второй надпойменной террасы Волги на ее левом берегу, близ г.Конаково, в сосновом бору. Аллювиальные пески мощностью около 10 м здесь залегают на цоколе террасы, представленном тяжелыми суглинками. К контакту этих пород приурочен родник, а также рассредоточенное высачивание грунтовых вод. Водосборная площадь выхода охватывает старую часть г.Конаково между двумя небольшими речками, дренирующими поверхность, — Сучок и Донховка. Мы наблюдаем за этим родником в течение последних 20 лет. Дебит его меняется по сезонам года: летом достигает 0.067—0.077 л/с, зимой сокращается до 0.038—0.040 л/с. Эта вода мало минерализована, с низким содержанием биогенных веществ (сульфатов, калия, нитратного и аммонийного азота, железа), с низкой жесткостью. В отдельные годы, например зимой 1997 г., наблюдалось несколько повышенное содержание аммонийного азота (0.60 мг/л), а в зимние месяцы 1999—2003 гг. отмечалось увеличение сульфатов (до 56.0—58.5 мг/л). В целом вода хорошего качества и вполне удовлетворяет требованиям ГОСТа к питьевой воде.



Эколого-географическая схема состояния природных вод на водосборе Иваньковского водохранилища на базе исследования родников и грунтовых вод. Антропогенная нагрузка: 1 — низкая, 2 — средняя, 3 — высокая; 4 — родники: а — нисходящие, б — восходящие; 5 — болота; 6 — абсолютные отметки уреза воды; 7 — абсолютные отметки поверхности земли; 8 — автомагистрали; 9 — разломы: а — установленные, б — предполагаемые; 10 — населенные пункты.

Схематический гидрогеологический разрез второй надпойменной террасы (левый берег Волги).

- 1 — аллювиальные отложения;
- 2 — московские ледниковые отложения;
- 3 — песок с редкой галькой;
- 4 — моренный суглинок;
- 5 — родник;
- 6 — уровень грунтовых вод;
- 7 — скважины ручного бурения, глубина, м;
- 8 — колодец и его глубина, м.



(Химический состав этого и других родников приводится в таблице.)

Родник, расположенный непосредственно на территории г.Конаково (в борту долины р.Донховка), имеет уже более загрязненную воду. Заметно повышено количество хлоридов и сульфатов, а общая жесткость превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК), равную 7.0 мг-экв/л. Однако основные загрязнители воды в регионе — соединения азота и фосфора — в пробах почти отсутствуют. Дебит родника небольшой, он меняется по сезонам года, составляя в зимнее время 0.067—0.091 л/с, увеличиваясь летом до 0.143 л/с.

Родники в долине Волги, дренирующие площади с сельскохозяйственными посевами или близ животноводческих ферм, как правило, несут следы загрязнения соединениями азота или характеризуются высокими величинами перманганатной окисляемости (ПО), что го-

ворит о повышенном содержании легкоокисляемого органического вещества в воде. Например, в д.Юрятино, где находилась ферма крупного рогатого скота в 70—90-е годы (ликвидирована в 1996 г.), родник до сих пор имеет следы загрязнения хлоридами, сульфатами, нитратами. Вода здесь обладает повышенной жесткостью и цветностью. Анализы воды 2004—2005 гг. более благоприятные, чем 10 лет тому назад.

Вода в роднике с.Вахонино, на левом берегу р.Инюхи, также несет следы загрязнения по хлоридам, сульфатам, нитратному азоту и общей жесткости воды, которая достигает 9—10 мг-экв/л. Ранее в селе располагались склады удобрений и молочнотоварная ферма. Следует отметить, что родник используется как питьевой источник.

Особый интерес представляют собой родники в с.Городня, один из которых имеет статус «святого» и широко используется в питьевых целях. Мы наблюдаем за ним в течение 12 лет. Дебит его меняется по сезонам в зависимости от водности года: зимой и в маловодные годы он составляет 0.032—0.081, летом 0.063—0.083 л/с.

Вода освященного родника, расположенного рядом с церковью, содержит в повышенном количестве хлориды (10—142 мг/л), сульфаты (50—220 мг/л, выше фонового в 10—15 раз), высоко значение общей жесткости — до 10 мг-экв/л, а также калия (13—60 мг/л), что выше фонового содержания в грунтовых водах в 10 раз. В воде много нитратного азота, вплоть до 56 мг/л при ПДК 10 мг/л. Содержание органического вещества также временами повышенное: 1.5—5.7 мг О/л летом и 0.6—2.0 зимой (ПДК составляет 5 мг/л).

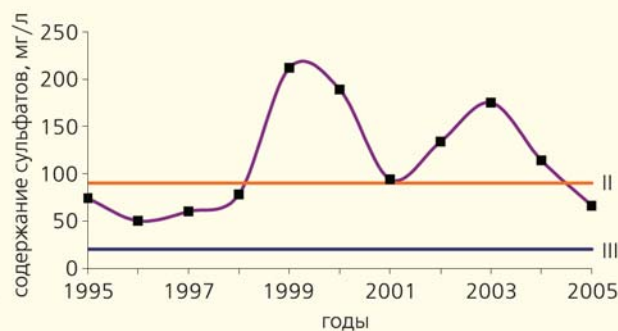
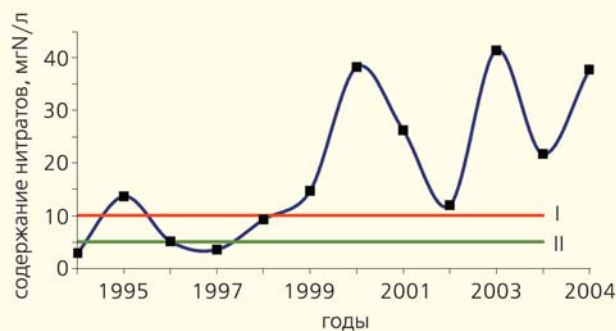
В районе с.Городня нами проведены детальные исследования. Расположено село на месте знаменитого древнего славянского городища Городня. В XIII—XIV вв. оно было крепостью, несшей сторожевую службу

Таблица

Характеристики воды основных родников*

Местонахождение	pH	Eh	Cl	SO ₄	HCO ₃	Жесткость	Ca	K	N-NH ₄	N-NO ₃	P-PO ₄
В бору	7.1	70	2.0	15	171	2.7	45	0.8	0.31	0.3	0.21
г.Конаково	7.1	154	41.0	135	427	10.2	140	3.0	0.64	0.18	0.1
с.Городня		172	10—142	50—220	427	10.0	160	13—60	0.38	до 56	0.18
д.Игуменка	7.5	-08	51.0	8.0	329	9.4	132	1.8	0.72	28.4	0.08
д.Савватьево	6.9	192	2.0	16.0	134	2.75	40	1.3	0.26	2.88	0.14

* Значение Eh дано в мВ, жесткость — в мг-экв/л, содержание химических элементов — в мг/л.



Содержание нитратов (саравы) и сульфатов (в 1995—2005 гг.) в родниковой воде с.Городня. ПДК (I), средние (II) и фоновые значения (III) рассчитаны для грунтовых вод всего водосбора.



Родник на берегу Волги (слева) недалеко от церкви Рождества Богородицы, с.Городня.

около устья р.Шоши, а при тверских князьях Иване и Борисе в Городне учрежден был монетный двор, чеканивший медную и серебряную «деньгу Городенскую». В 1391 г. основана и по сей день стоит на высоком берегу действующая церковь Рождества Богородицы. Недалеко от ее подножия расположен исследованный святой родник, который, по уверениям старожилов, течет испокон веков.

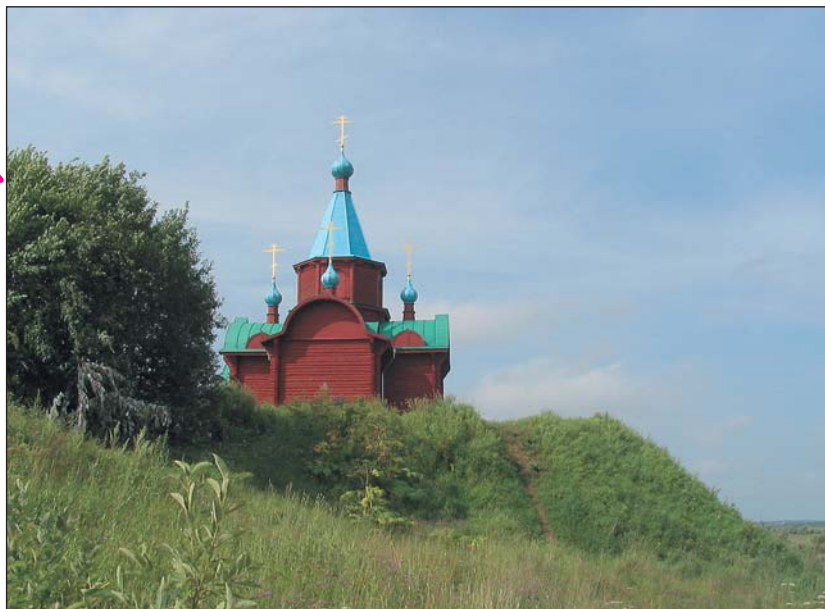
Ныне село и его окрестности тоже находятся «в гуще событий», но совсем другого характера. Вдоль села, вытянутого по берегу Волги на 4 км, пролегает автомагистраль Москва—Санкт-Петербург. Круглосуточное движение автотранспорта сопровождается газодымовыми выбросами, в которых содержатся оксиды азота, углерода и углеводорода. Известно, что от одного

легкового автомобиля в сутки поступает в атмосферу около 0.6% оксида азота и 0.006% оксида серы [2, 3]. Детальные расчеты антропогенной нагрузки только по азоту в с.Городня показали, что за год в атмосферу с выхлопными газами поступит 55 т оксидов азота.

В результате полевых работ установлено, что загрязнение воздуха оксидами азота на уровне ПДК прослеживается на расстоянии 100 м от проезжей части магистрали в солнечную погоду и более 150 м — в дождливую. Кроме того, с 1959 по 2003 г. здесь функционировала птицефабрика «Красный Луч». В ее птичниках содержалось около 415 тыс. голов птицы, в стойлах — стадо коров в 160 голов. Рассчитанное по специальной методике поступление в окружающую среду азота от

птицы составило 38.2 т в год. Модуль нагрузки по азоту на 1 га территории села, учитывающий все источники поступления соединений азота в его окрестности, в 1998 г. оказался равным 683 кг при природном фоне 15—30 кг азота на 1 га [4]. Такую экстремальную нагрузку можно объяснить использованием фермерскими хозяйствами и населением в качестве доступного удобрения птичьего помета, который содержит очень высокие количества азота и фосфора. Спустя два года после закрытия птицефабрики колебания концентраций минерального фосфора в воде родника составляют 0.08—0.1 мг/л, нитратного азота — 12—52 при ПДК 10 мг/л.

Кстати, многих интересует, каково содержание серебра в воде родников. Увы, оно обыч-



Часовня (вверху) и родник у д.Игуменки.

но мизерное (0.00003 мг/л). Правда, в роднике с.Городня содержится повышенное количество этого элемента — около 0.00145 мг/л. Полагают, что это связано с походом Ивана Грозного на непокорных тверских бояр, засевших в Городне в 1569 г. Обученная гвардия царя смяла защиту, спастись удалось немногим [5]. Возможно,

с той поры и остались здесь серебряные клады.

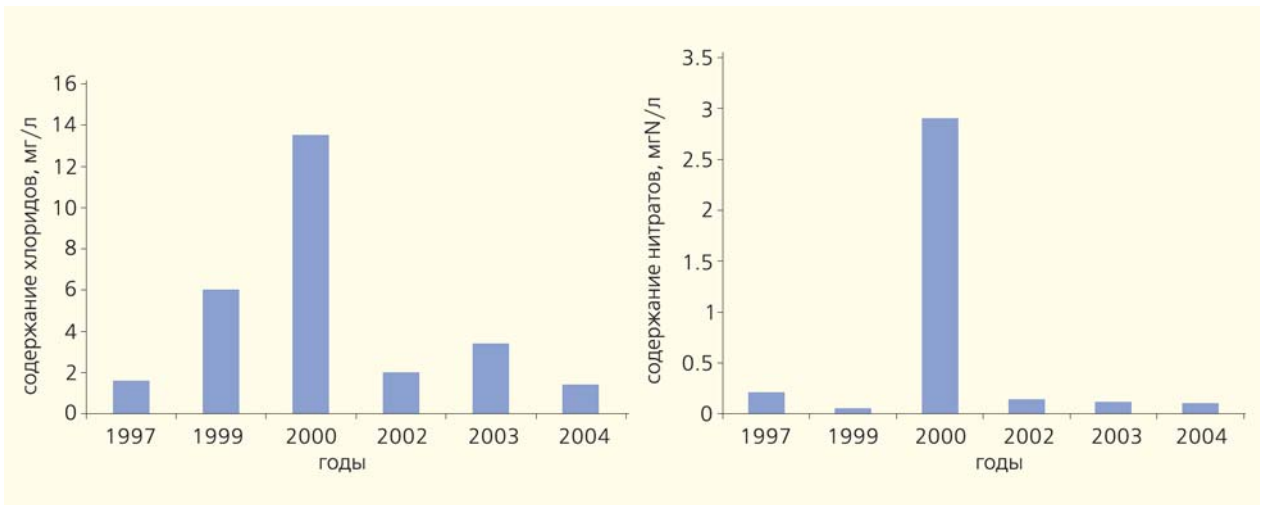
Другой «святой» источник в д.Игуменка расположен на высоком правом берегу Волги, в излучине реки. Выход воды приурочен к контакту аллювиальных песков с подстилающими суглинками. Химический состав воды обычен для слабозагрязненных грунтовых вод: не-

сколько повышенное содержание нитратов, иногда сульфатов. Следует отметить, что жесткость воды достигает 9.4 мг-экв/л, значение Eh -045—(-083) мВ, что свидетельствует о возможном перетекании глубоких напорных вод в связи с отсутствием или незначительной мощностью юрских водонепорных глин.

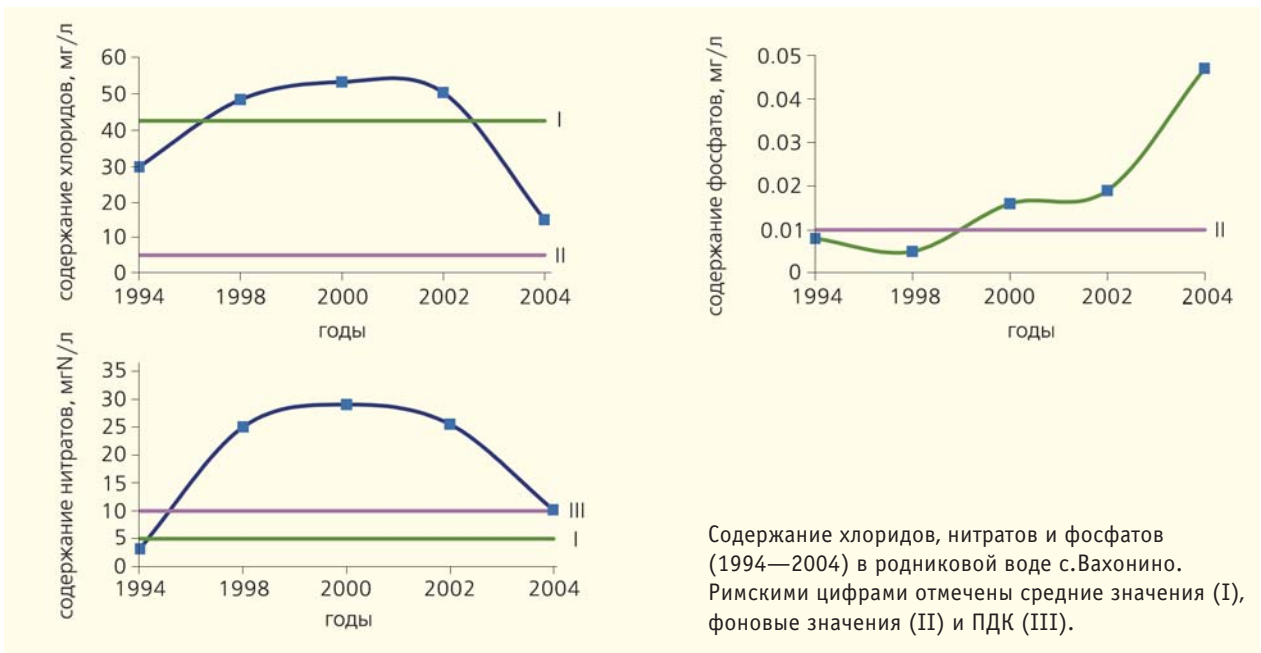
Большой популярностью пользуются «святые» Савватьевские источники, вытекающие из расщелин в правом борту надпойменной террасы р.Орши. Родниковый выход имеет вид многочисленных мелких источников, которые струятся на протяжении нескольких метров, с дебитами 0.014—0.050 л/с. Они выходят на поверхность в месте контакта аллювиальных песков и суглинков, в каньонообразной долине на глубине 1.0—1.5 м от поверхности. В связи с тем, что родники расположены рядом с автомобильной дорогой, где интенсивность движения транспорта с каждым годом возрастает, качество воды ухудшилось. Наблюдается повышенное значение ПО — 8.25 мг О/л. Положительные значения Eh воды свидетельствуют о грунтовом питании родников и, следовательно, они могут быть загрязнены с дневной поверхности. В настоящее время отмечается несколько повышенное содержание сульфатов (до 58 мг/л), но в целом качество воды хорошее, удовлетворяющее требованиям ГОСТа.

В целом можно сказать, что вода эрозионных родников, приуроченных к долине Волги и ее притокам, имеет неплохое качество. Лишь некоторые из них близ крупных животноводческих ферм и птицефабрик содержат повышенное количество нитратов (часто выше ПДК), сульфатов, хлоридов, калия, иногда органического вещества.

В результате обработки полученных данных произведена оценка экологического состояния природных вод территории



Содержание хлоридов (справа) и нитратов в январской родниковой воде базы отдыха «Раздолье» (1997—2004).



Содержание хлоридов, нитратов и фосфатов (1994—2004) в родниковой воде с.Вахонино. Римскими цифрами отмечены средние значения (I), фоновые значения (II) и ПДК (III).

по сельскохозяйственной загрязненности на базе исследования родников и грунтовых вод. В ее основе лежит содержание в воде наиболее характерных для сельскохозяйственного загрязнения компонентов: соединений азота и фосфора. Результаты оценки представлены в виде эколого-географической схемы. На схеме выделены участки, где в воде отмечено содержание нитратов и минерального фосфора значительно ниже ПДК (до 5 мг N/л и до 0.5 мг P/л

соответственно), относительно высокое содержание (5—10 и 0.5—1.0) и очень высокое содержание (свыше 10 и 1.0). Эти градации соответствуют низкой, средней и высокой антропогенной нагрузке на выделенных местах.

В последние 10—12 лет из-за сокращения применения минеральных удобрений качество грунтовых вод несколько улучшилось. Так, воды родника «Раздолье», близ с.Свердлово, водосборная площадь которого ох-

ватывает сельскохозяйственные поля и леса, в последние годы содержат сульфатов и нитратов все меньше, и в 2005 г. их концентрация составила соответственно около 5 и 2 мг/л.

Но родники — это не только индикаторы состава грунтовых и напорных вод на водосборной площади водохранилища.

Признаками трещин и разломов могут служить отрицательные или близкие к нулю значения окислительно-восстановительного потенциала Eh, повы-

шенная жесткость воды, отсутствие обычных признаков загрязнения грунтовой воды нитратами, сульфатами, калием и хлоридами, а также само вытянутое в линию расположение родников. Так, на участке на левом берегу Волги близ деревень Кудрявцево и Несгерovo, речек Шипиловка и Чернавка, где родниковые воды, как правило, имеют отрицательное значение Eh, содержание сульфатов повышено, температура воды всегда не более 6°C. Общая минерализация несколько повышена и составляет около 1 г/л.

Полученные нами данные позволяют сделать вывод о наличии нескольких тектонических нарушений. Четко прослеживается разлом, который проходит по азимуту 210° от Коровинского залива Ивановского водохранилища по линии с.Дмитрова Гора — д.Пенье — низинное болото Вешка — верховье долины р.Крутец.

На левом берегу Коровинского залива на месте постоянного прогибания территории расположено низинное болото с мощностью торфа до 7—8 м. Здесь грунтовые воды имеют низкие значения Eh, свидетельствующие о разгрузке глубоких подземных вод. В с.Дмитрова Гора родники-ключи имеют значения Eh, равные нулю или имеющие отрицательную величину, общая жесткость составляет 7—8 мг-экв/л, общая минерализация — 0.6—0.75 г/л. В колодцах

д.Пенье наблюдаются ключи, вода которых имеет Eh, равный минус 7—12 мВ, вода жесткая, с минерализацией около 1.0 г/л. Далее разлом прослеживается к месту расположения низинного болота «Вешка» и по верховью р.Крутец, резко поворачивающей на восток близ д.Крутец. Другой разлом имеет широтное направление и проходит по линии д.Свердлово—д.Марьино (здесь р.Донховка делает крутой поворот) — низинное болото Куманичник — д.Пенье.

В д.Свердлово был обнаружен родник, имеющий запах сероводорода, с белым налетом серы в месте его выхода, специальный анализ воды по определению гелия подтверждает его глубинное происхождение. Дебит родника постоянный, не зависит от времени года и составляет 0.1 л/с. В настоящее время родник засыпан. Вода в колодце д.Марьино имеет повышенную минерализацию (752 мг/л), значение Eh отрицательное, и конфигурация долины р.Донховка в данном месте свидетельствует о наличии тектонического нарушения. Низинное болото Куманичник существует за счет подземного питания, его жесткая вода имеет повышенное содержание хлоридов и сульфатов.

Итак, для изученной территории характерны малodeбитные родники (иногда вода высачивается по контакту пород — песков или супесей с суглинками). Дебиты родников — обыч-

но не более 0.1 л/с. В большинстве случаев они несут следы сельскохозяйственного загрязнения из-за применения высоких (для песчаных и супесчаных почв) доз удобрений. Близ животноводческих ферм также нередко встречаются повышенное содержание в воде органического вещества, фосфора, калия, кальция и магния.

Самоочищение воды родников после ликвидации основного источника загрязнения происходит достаточно медленно, в течение десятка лет.

Родники, имеющие статус «святых» или «освященных» в с.Городня, д.Игуменка, д.Савватьево, широко применяемые для питья местными жителями, содержат повышенное количество нитратов (иногда выше ПДК), фосфатов, местами имеют высокую общую жесткость. К тому же химический состав воды нисходящих родников весной близок к дождевой воде, т.е. содержит минимум необходимых микроэлементов. В связи с этим употреблять эту воду нужно с большой осторожностью, обязательно кипятить.

Общий же вывод таков: необходимо бережно относиться к родникам, ни в коем случае не засыпать их, не бетонировать места выходов, соблюдать требования к зонам их санитарной охраны. Другими словами, относиться к этим выходам подземных вод на поверхность нужно рачительно. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 04-05-96705 и 05-05-65013.

Литература

1. *Всеволожский В.А.* Основы гидрогеологии. М, 1991.
2. *Никаноров А.М.* Гидрохимия. Л., 1989.
3. *Фелленберг Г.* Загрязнение природной среды. М., 1997.
4. Методические рекомендации по выбору водоохраных мероприятий в зоне сельскохозяйственного освоения. Челябинск, 1986.
5. *Гавеман А.Е.* Московское море. Калинин, 1955.

Новости науки

Астрономия

Внесолнечная планета с гигантским каменным ядром

Судя по имеющимся данным, практически все экзопланеты — это газовые гиганты, подобные Юпитеру и Сатурну, состоящие главным образом из водорода и гелия. На долю тяжелых элементов (кислорода, кремния, углерода, железа и др.) приходится не более четверти массы типичной внесолнечной планеты. Однако астрономам придется, по-видимому, пересмотреть это мнение.

Звезда HD 149026, удаленная от Земли на 260 св. лет, немного больше, ярче и массивнее Солнца. Она привлекла внимание исследователей высоким содержанием тяжелых элементов — у звезд такого сорта, как уже доказано, планетные системы встречаются с большей вероятностью. В июле 2004 г. Б.Сато (B.Sato; Университет Кобе, Япония) измерил лучевую скорость звезды с помощью 8,2-метрового телескопа «Subaru» на Гавайях и обнаружил ее колебания, вызванные тяготением близкой планеты.

Наблюдения, проведенные в феврале и апреле 2005 г. на телескопе «Кеск», тоже на Гавайях, подтвердили, что планета обращается вокруг звезды за 2,877 сут и имеет массу не менее 115 масс Земли (0,36 массы Юпитера). Чтобы перейти от нижней границы массы к ее реальной величине, необходимо знать угол наклона орбиты к лучу зрения. Оценить его пока возможно лишь в том случае, если планета затмевает звезду. Факт затмения означает, что мы видим орбиту практически «с ребра», а минимальная масса плане-

ты, определенная по колебаниям лучевой скорости, близка к ее истинной массе.

Удача улыбнулась исследователям: 11 мая 2005 г. Г.Генри (G.Henry; Университет штата Теннесси, США) наблюдал звезду с помощью 80-сантиметрового телескопа обсерватории Фэрборн (Аризона) и действительно зафиксировал падение яркости на 0.003^m ; оно пришлось именно на то время, когда планета проходила бы перед звездой, если бы плоскость ее орбиты лежала на луче зрения. Трехчасовое затмение стало ключом к пониманию физической природы планеты. Отталкиваясь от ее массы и ожидаемой температуры, авторы изначально предполагали, что размер планеты по меньшей мере сопоставим с размером Юпитера. Однако в этом случае падение яркости звезды было бы более существенным. Столь небольшая глубина затмения означает, что диаметр планеты составляет всего лишь около 70% диаметра Юпитера.

Зная массу и размер планеты, легко посчитать ее среднюю плотность: она должна составлять 1,4 от плотности воды, что существенно выше плотности других экзопланет (у которых удалось определить этот параметр), да и планет-гигантов Солнечной системы. К новооткрытой планете наиболее близок по массе Сатурн, но его плотность в 1,7 раза меньше плотности планеты HD 149026b. Исходя из того, что Сатурн на 25% состоит из тяжелых элементов и имеет ядро массой 20 масс Земли, теоретики пришли к заключению, что у HD 149026b доля тяжелых элементов должна составлять от половины до двух третей, чтобы соответствовать небольшому размеру и высокой плотности.

Модель внутреннего строения планеты предсказывает, что объект HD 149026b имеет плотное ядро от 65 до 70 масс Земли, возможно, окруженное плотной атмосферой из первичного водорода и гелия. Тяжелые элементы не обязательно сосредоточены в ядре. Некоторая часть вещества может быть «растворена» в газовой оболочке, как на Юпитере. Но в любом случае значительная доля тяжелых элементов необходима, чтобы объяснить небольшой радиус.

Теоретики теперь стараются понять, каким образом планета может вобрать в себя так много «металлов». Концентрация тяжелых элементов в самой звезде в 2,3 раза больше, чем у Солнца, поэтому теоретически вещества для формирования ядра HD 149026b в протопланетной туманности было предостаточно. Но модели предсказывают, что планеты с такими массивными ядрами наращивают также и мощные газовые оболочки, превращаясь в увеличенные «копии» Юпитера или Сатурна. В HD 149026b газа сравнительно немного. В теориях, объясняющих такое противоречие, недостатка, конечно, не будет. Возможно, например, что высокая концентрация тяжелых элементов является результатом столкновения двух или нескольких планет. Другая возможность состоит в том, что этот объект сумел вырастить массивное ядро, образовавшись в бедной газом области туманности. Необычная и неожиданная природа HD 149026bшний раз подчеркивает, что о внесолнечных планетах астрономы пока знают крайне мало. Не исключено, что некоторые из них окажутся по структуре еще более удивительными.

<http://arxiv.org/abs/astro-ph/0507009>

Планетология

Планета в системе тройной звезды

Могут ли планеты существовать в кратных звездных системах? От ответа на этот вопрос в существенной мере зависит вероятность найти в Галактике «братьев по разуму» — примерно половина всех звезд Млечного Пути являются членами звездных пар, троек и систем более высокой кратности. Некоторое время назад считалось, что стабильные планетные орбиты (необходимое условие жизни) в кратных системах существовать не могут. В настоящий момент известно уже несколько гигантских планет, обращающихся вокруг компонентов двойных систем, но все они представляют собой широкие пары, так что планетную систему одного компонента можно считать динамически независимой от второго компонента.

Совсем иначе обстоят дела в тройной системе HD 188753 (созвездие Лебедя). Главная звезда (А) этой системы — карлик спектрального класса G, почти идентичный Солнцу. Вторичный компонент (В) на самом деле представляет собой две звезды — G-карлик и K-карлик, — которые расположены так близко друг к другу, что наблюдать их раздельно в современные телескопы не удастся. Компоненты А и В движутся по вытянутой орбите вокруг общего центра масс, который находится ближе к компоненту В, так как суммарная масса двух его звезд больше массы главного компонента. В зависимости от положения на орбите компоненты А и В разделены расстоянием от 6 до 18 а.е. Иными словами, все семейство HD 188753 по размерам существенно уступает Солнечной системе.

М.Конаки из Калифорнийского технологического института¹ применил к системе HD 188753 оригинальный метод, который он разработал для поиска планет у двойных звезд. С помощью

10-метрового телескопа «Кекс» он выявил колебания лучевой скорости главного компонента, вызываемые планетой с минимальной массой 1.14 массы Юпитера на орбите с периодом 3.35 сут. Существование «горячего Юпитера» в такой тесной тройной системе ставит серьезные вопросы перед теорией образования планет. Теоретики долго считали, что «горячие Юпитеры» образуются намного дальше от своих родительских звезд и перемещаются на нынешние орбиты благодаря гравитационному взаимодействию с околозвездным диском. Маловероятно, чтобы это могло случиться в системе HD 188753: тяготение вторичного компонента, к тому же состоящего из двух звезд, должно было «обрезать» газово-пылевой диск вокруг главного компонента, существенно ограничив количество вещества для создания гигантской планеты.

Теоретики А.Босс (A.Boss; Институт Карнеги в Вашингтоне, США) и Дж.Лизауэр (J.Lissauer, Исследовательский центр Эймса, НАСА, США) считают, что планета, вероятно, образовалась на большем расстоянии от родительской звезды и была переброшена на современную орбиту в результате сложных гравитационных маневров, которые должны были происходить при переходе кратной системы из неустойчивого состояния в устойчивое. Участниками этого «космического бильярда» могли быть другие звезды, которые некогда входили в систему HD 188753, но впоследствии были выброшены из нее.

Впрочем, другие астрономы предпочитают не торопиться с поисками объяснения природы странной системы, обращая внимание на относительно низкую точность и небольшое количество наблюдений лучевых скоростей и предпочитая дождаться, пока сам факт наличия планеты в системе HD 188753 не обретет большую определенность.

© **Вибе Д.З.**,
доктор физико-математических наук
Москва

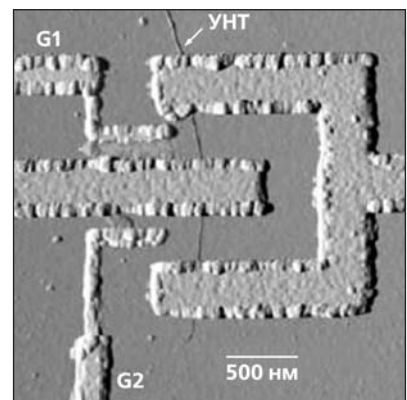
Физика

СКВИД из углеродных нанотрубок

Работа СКВИДов (сверхпроводящих квантовых интерференционных устройств) основана на двух квантовых эффектах: туннелировании куперовских пар через несверхпроводящий барьер (эффект Джозефсона) и квантовании потока магнитного поля через замкнутый сверхпроводящий контур с джозефсоновскими контактами. При этом максимальный сверхток в контуре оказывается периодической функцией магнитного потока, что позволяет изготавливать на основе СКВИДов очень чувствительные датчики магнитного поля.

Французские ученые из нескольких исследовательских центров сконструировали СКВИД с джозефсоновскими контактами из однослойной углеродной нанотрубки². Ее осаждали на подложку, определяли точное расположение нанотрубки с помощью атомного силового микроскопа, а затем формировали петли и контакты СКВИДа методом электронно-лучевой литографии. Эксперименты проводили при $T = 35$ мК. Благодаря малым размерам нанотрубочных контактов (длина около 200 нм, толщина около 1 нм) их

² Cleuziou J.-P., Wernsdorfer W. et al. // Nature Nanotechnology. 2006. V.1. P.53—59.



Изображение СКВИДа, полученное методом атомной силовой микроскопии. УНТ — углеродная нанотрубка; G1 и G2 — электрические затворы.

¹ Konacki M. // Nature. 2005. V.436. P.230.

электронные энергетические спектры дискретны, как в квантовых точках. Это позволяет «включать» и «выключать» сверхток за счет сдвига размерно-квантованных уровней нанотрубки относительно уровня Ферми в сверхпроводнике путем подачи напряжения на электрические затворы. Такой СКВИД можно использовать, например, для изучения процессов перемещения наночастицы или единичной молекулы, если поместить ее на один из двух контактов (поперечные размеры молекулы и нанотрубки примерно равны друг другу, поэтому коэффициент связи магнитного момента молекулы с контуром оказывается гораздо больше, чем в обычных СКВИДах). Кроме того, в этих СКВИДах становится возможным простой электрический контроль направления сверхтока в контактах. Интересно, что при сильном сдвиге энергетических уровней нанотрубки относительно энергии Ферми сверхток хоть и уменьшается в 10–1000 раз, но в нуль не обращается. Причина этого эффекта осталась пока невыясненной. Возможно, он связан с процессами туннелирования более высокого порядка.

http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/6_18/index.htm

Физика. Электроника

Квантовые компьютеры на полярных молекулах

Чтобы изготовить масштабируемый квантовый компьютер, нужно уметь управлять квантовыми состояниями в больших системах, сохраняя когерентность этих состояний. Сделать такое устройство на основе квантовых точек пока не удалось, поскольку в данном случае выполняется лишь первое условие: квантовые точки легко масштабируются и управляются локальными электрическими сигналами, но в них очень сильны эффекты декогеренции. В гораздо меньшей степени этот недостаток свойствен одночастичным квантовым оптическим системам на основе атомов или

ионов в магнитной ловушке. Но в этом случае возникают сложности, связанные с миниатюризацией и интеграцией в электрические цепи.

Специалисты из Австрии и США предложили способ интеграции полярных молекул с мезоскопическими твердотельными устройствами — джозефсоновскими контактами и квантовыми точками¹. Этот метод позволяет эффективно контролировать когерентность состояний молекул (например, CaBr) и их взаимодействия. Молекулы располагаются на субмикронных расстояниях от сверхпроводникового СВЧ-резонатора, через который и осуществляется желаемая связь между ними. Запутанные состояния удаленных друг от друга кубитов формируются за счет обмена СВЧ-фотонами. Роль базисных состояний кубитов играют вращательные состояния молекул. Управляют кубитами посредством электрических затворов. При этом шум — одно из главных препятствий для квантовых вычислений — удается подавить до очень низкого уровня.

http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/6_17/index.htm

Химия

Новые композитные материалы на основе графена

Графен — это двумерный слой из правильных шестиугольников, в вершинах которых расположены атомы углерода. Совокупность большого числа таких листов, параллельных друг другу, представляет собой графит; при сворачивании слоя в цилиндр получается одностенная нанотрубка. Графен характеризуется высокими механической жесткостью, тепло- и электропроводностью, что делает его перспективным материалом для применения в самых разных областях — от нанoeлектроники до покрытия фюзеляжей авиалайнеров. Получать графен из графита¹ *Andre A., DeMille L., Doyle J.M. et al. // Nature Phys. 2006. V.2. №9. P.636–642.*

та крайне сложно, но можно попытаться использовать композиты на их основе.

Американские специалисты из Северо-Западного университета (штат Иллинойс) и Университета Пердью (штат Индиана) предложили общий подход к синтезу композитов полимер/графен². Проводится химическое окисление графита и обработка его ультразвуком, чтобы расщепить на отдельные окисленные графеновые слои, которые затем растворяют совместно с полимером, после чего восстанавливают с целью удаления кислородных групп. В результате образуется твердый композит, у которого характеристики почти такие же, как у композитов на основе углеродных нанотрубок, а себестоимость гораздо ниже (благодаря дешевизне графита).

Порог перколяции составляет всего ~0.1 об. %, а при увеличении концентрации графена проводимость быстро растет, достигая ~0.1 См (величины, достаточной для многих областей применения) при ~1 об. %. Конечно, о замене кремниевых чипов на графеновые говорить пока рано, но уже обсуждается возможность использования новых композитов в солнечных батареях, в компонентах компьютеров (для диссипации избыточного тепла) — там, где проводимость углеродных волокон недостаточно высока, а углеродные нанотрубки слишком дороги.

Nature. 2006. V.442. №7100. P.228–229, 254–255;
http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst/6_15_16/index.htm

Биология

Партеногенез у варана

Феномен партеногенеза у позвоночных животных, обстоятельно исследовавшийся, в частности, на ящерицах российским герпетологом И.С.Даревским³, привлекает особое внимание зоологов. И не только потому, что это исключительно интересное биологическое

² *Stankovich S., Didin K.A. et al. // Nature. 2006. №7100. V.442. P.282–286.*

³ *Darevsky I.S. et al. // Biology of the Reptilia. 1985. P.411–526.*

явление, связанное с самыми разными аспектами существования видов, но и потому, что партеногенез позволяет более полно изучать многообразие путей биологической эволюции.

Среди ящериц партеногенез сначала был обнаружен у теид, затем обстоятельно изучен Даревским на лацертидах. Впоследствии партеногенетические виды нашли в семействах гекконов, хамелеонов, ксантузий, поясохвостов, а также в нескольких семействах змей. Но до сих пор не было данных о партеногенезе среди самых крупных ящериц — варанов.

И вот недавно такие сведения были получены почти случайно — благодаря наблюдательности и обстоятельности немецких террариумистов. Один из них приобрел пару молодых варанов (*Varanus panoptes*) для домашнего содержания. Обе особи оказались самками, агрессивно относившимися друг к другу. В течение пяти лет их пришлось содержать в изоляции, в отдельных террариумах. И, конечно, — никакого общения с сородичами. Тем не менее обе самки отложили яйца. Любопытный владелец решил их инкубировать, и не прогадал: из одного яйца вылупился детеныш-самец! И это несмотря на то, что его мать никогда в жизни не встречалась с самцами. Иначе говоря, речь могла идти только о девственном размножении — партеногенезе.

В дальнейшем эту же самку ссаживали с самцом, и она приносила потомство уже обычным образом, после спаривания. Генетическую природу удивительного потомка анализировали специалисты из Университета Хейдельберга и Франкфуртского зоопарка¹, применив современный метод ДНК-фингерпринтинга. Этот метод позволяет достаточно просто сопоставлять геномы отдельных особей для выявления их родства. Так вот, генетическое сравнение самки, ее потомков, появившихся на свет как до, так и после спаривания, а также ее партнера-самца показало, что детеныши, родив-

¹ Lenk P. et al. // Amphibia-Reptilia. 2005. V.26. №4. P.507—514.

шиеся после спаривания, имели, как и положено, часть локусов от матери и часть — от отца. А вот самый первый сын генетически не менее чем на 94% был идентичен своей матери! Тем не менее он не является ее клоном — ведь они разнополюсы.

Сравнение исследуемого случая с известными цитогенетическими моделями партеногенеза не обнаружило полного соответствия ни одной из них. С уверенностью можно говорить лишь о том, что обнаруженный феномен — пример факультативного партеногенеза, требующий дальнейших исследований.

© Семенов Д.В.,

кандидат биологических наук
Москва

Генетика

Аллополиплоидное видообразование у бесхвостых амфибий

Полиплоидия (кратное гаплоидному набору увеличение числа хромосом) — важная движущая сила эволюции, поскольку она освобождает одну или несколько копий гена от стабилизирующего отбора, что позволяет им дивергировать и приобретать новые функции. Как следствие могут возникнуть авто- и аллополиплоидные гибриды (внутри- и межвидовые соответственно).

Один из немногих таксонов животных, в эволюции которых полиплоидия играет важную роль, — бесхвостые амфибии. Так, у двух родов африканских лягушек семейства пиповых — шпорцевых (*Xenopus*) и тропических шпорцевых (*Silurana*) — встречаются виды с набором хромосом, варьирующим от ди- ($2n$) до додекаплоидного ($12n$).

На основании исследований митохондриальной ДНК и ядерного гена RAG-1 (от англ. recombining activating gene — ген, активирующий рекомбинацию ДНК) этих видов установлено, что возникнуть они могли в результате по крайней мере 10 независимых друг от друга событий полиплои-

дизации². Тетраплоиды ($4n$) *Xenopus* появились после одной авто- или аллополиплоидизации, а *Silurana* — после одной аллополиплоидизации. Октаплоиды ($8n$) коротконогая шпорцевая (*X. vestitus*) и шпорцевая лягушка Амье (*X. amieti*) получили половину своих геномов от вымершего к настоящему времени общего предка. И, наконец, додекаплоиды лесная шпорцевая (*X. ruwenzoriensis*) и шпорцевая лягушка озера Оку (*X. longipes*) возникли от разных тетраплоидных предков. Тетраплоиды *Xenopus* почти полностью вытеснили диплоидов, что свидетельствует об их большей неприхотливости к экологическим условиям, при этом у видов того же рода, но с более высоким уровнем плоидности (8 и $12n$), отмечен гораздо более узкий ареал.

До последнего времени и у амфибий, и у других животных было описано большое число случаев множественного происхождения межвидовых гибридов от одной и той же пары родительских видов, однако недавно в Северной Америке обнаружено принципиально новое явление — аллотетраплоидный вид квакш, имеющий три родительских диплоидных вида³.

Западная и восточная части ареала диплоидной серой квакши (*Hyla chrysoscelis*) разделены коридором, в котором обитает тетраплоидная изменчивая квакша (*H. versicolor*). Однако многие биотопы этого коридора населяют оба вида. В юго-восточной части ареала серой квакши вместе с ней живет еще один диплоид — птицеголая квакша (*H. avivoca*).

В популяции тетраплоида *H. versicolor* обнаружены аллельные линии (изучение велось по трем маркерам — митохондриальному гену *cyt-b*, ядерным маркерам 65T и ITS1), не представленные ни у одного из диплоидов этого вида. Если бы изменчивая квакша была автополиплоидом,

² Evans B.J., Kelley D.B., Melnick D.J., Cannatella D.C. // Mol. Biol. Evol. 2005. V.22. №5. P.1193—1207.

³ Holloway A.K., Cannatella D.C., Gerhardt H.C., Hillis D.M. // The American Naturalist. 2006. V.167. №4.

в ее популяции появлялось бы значительное число гомозиготных особей, родители которых — диплоиды с тем же генотипом. Однако большинство лягушек этого вида гетерозиготны, что говорит об их гибридном происхождении. С другой стороны, гетерозиготные *H.versicolor* могли бы получиться в результате смешения автополиплоидных линий. Но в таком случае географическое распространение аллельных линий диплоидов и тетраплоидов должно было бы соответствовать друг другу, а в действительности этого нет.

Судя по всему, *H.versicolor* произошла от *H.chrysoscelis* и еще по крайней мере двух вымерших к настоящему времени видов диплоидных квакш. Теоретически существует и другая возможность: у *H.versicolor* два родительских диплоидных вида — *H.chrysoscelis* и доселе неизвестный, несущий те аллельные линии, которые найдены лишь у тетраплоида. Однако североамериканские квакши изучены настолько хорошо, что вероятность этого ничтожно мала.

Открытие тетраплоидного вида, произошедшего от трех диплоидных предков, имеет важное значение для понимания механизмов полиплоидной эволюции, так как до сих пор подобный механизм видообразования не описан даже у растений, где полиплоидия распространена несравнимо шире.

© Виктор А.Г.,

кандидат биологических наук
Москва

Морская биология

Глубоководные морские пауки

Сведения о составе и распределении современных глубоководных морских пауков (*Ruspogonida*) в разных районах Мирового океана позволили провести биогеографический анализ этих обычных представителей донных сообществ. Интересна в этой связи работа А.К.Райского (Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова) и Е.П.Тур-

паевой (Институт океанологии им.П.П.Ширшова РАН), которые изучали видовой состав пикногонид Северной Атлантики.

Судя по литературным данным, в бореальных и субтропических районах северной части Атлантического океана встречены на глубинах свыше 2000 м 34 вида пикногонид. Для этих видов авторы выявили 10 типов их географического распространения, оказавшегося неоднородным. Половина обнаруженных видов — атлантические формы, в том числе 41% — североатлантические эндемики, имеющие западно-, восточно-, центрально- и амфиатлантическое распространение. Другую половину составляют широкораспространенные формы. Из них 11.7% — атлантико-тихоокеанские, 14.7% — атлантико-западнотихоокеанские, 8.9% — панокеанические низкоширотные и 14.7% — панокеанические виды, проникающие в высокие широты. Такой характер распространения свидетельствует о значительной самостоятельности фауны морских пауков Северной Атлантики и позволяет предполагать наличие там процессов видообразования, протекающих в батииали. Вместе с тем зоогеографический состав видов свидетельствует о связи этого региона с другими районами Мирового океана.

Представляется три направления таких связей. У панокеанических видов связь атлантических, индоокеанских и тихоокеанских пикногонид поддерживается, вероятно, через умеренные широты Южного полушария. Связь атлантико-тихоокеанских видов, обитающих в восточных и северо-западных районах Тихого океана, поддерживается, видимо, через пролив Дрейка, в зоне которого эти виды встречаются. Что касается атлантико-западнотихоокеанских видов, то промежуточные их нахождения в Индийском океане не отмечены. Это указывает на отсутствие современной связи между атлантической и западно-тихоокеанской фаунами пикногонид. Однако в прошлом такая связь, по мнению авторов, все-таки существовала, о чем говорит нали-

чие общих видов. Поэтому можно предполагать, что североатлантические и западнотихоокеанские популяции одних и тех же видов пикногонид (*Pallenopsis longirostris*, *P.mollissima*, *P.tydemani*, *Colossendeis arcuata*, *C.bicineta*) являются остатками фауны древнего океана Тетис, при закрытии которого их ареалы оказались разорванными.

Океанология. 2006. Т.46. №1. С.63–67 (Россия).

Экология

Неожиданный эффект случайной интродукции

Вторжение иноземных видов животных и растений — одна из острых проблем современной экологии. Проникновение чужаков в наиболее укромные уголки земного шара, причем иногда самыми неожиданными путями, приобретает угрожающие масштабы. К сожалению, даже успешная интродукция чужеродных организмов наносит, как правило, серьезный ущерб природным экосистемам. Но бывают и исключения — появление чужаков ведет к улучшению экологической ситуации.

Один из таких примеров приводят американские специалисты Р.Б.Кинг, Дж.М.Рэй и К.М.Станфорд (R.B.King, J.M.Ray, K.M.Stanford; Университет Северного Иллинойса, Де-Калб). С 1980 г. на нескольких островах оз.Эри осуществляется мониторинг состояния популяций редкой водной змеи *Nerodia sipedon insularis*. Этот подвид внесен в списки охраняемых животных Канады и США. Регулярно по стандартной методике оценивается численность и структура популяций, размеры и рост змей. Путем провоцирования отрывки ученые исследуют их питание.

В начале 90-х годов прошлого века в экосистеме Великих озер попал бычок-кругляк *Neogobius melanostomus* (между прочим, важный российский промысловый вид). Возможно, его завезли из Черного моря с балластными водами, и к настоящему времени он

уже стал массовым обитателем оз.Эри — его численность оценивается в 10 млн особей.

И вот появление рыбы-чужака кардинальным образом сказалось на состоянии водной змеи неродии. Исследователи зарегистрировали все увеличивающуюся долю бычков в змеиной диете; сейчас они составляют уже 92% пищи неродии. Можно сказать, что змеи полностью переключились на питание вторженцами, что несомненно пошло им на пользу. Американские герпетологи отмечают возросшую плодовитость неродий, их ускоренный рост, увеличившиеся размеры тела и упитанность. Быстро растущее потомство змей более успешно противостоит хищникам.

Таким образом, случайная интродукция инородной рыбы привела к явному улучшению состояния популяций вида, находящегося под угрозой исчезновения.

Canadian Journal of Zoology. 2006. V.84. №1. P.108–115 (Канада).

Социология. Медицина

Самоубийства и социальные перемены в России

Важной социальной и экономической проблемой стал рост числа самоубийств во всем мире, особенно среди молодежи. По данным ВОЗ, уровень самоубийств выше 20 на 100 тыс. населения отражает кризис общества.

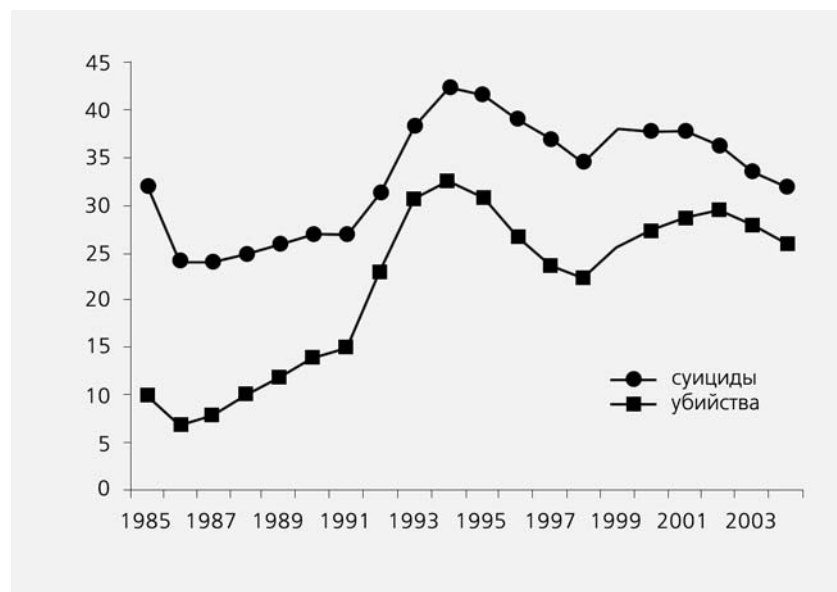
Проанализировав динамику и структуру суицидов в России, В.Ф.Войцех (Московский НИИ психиатрии) показывает достаточно тесную взаимосвязь между уровнем самоубийств и социальными изменениями в стране. Рост самоубийств в России наметился в самом начале XX в., что можно связать с политическим кризисом, а снижение суицидов совпало с началом Первой мировой войны. За 20-е годы число суицидов не превышало 10 на 100 тыс. населения и было самым низким в Европе. Соотношение женских и мужских суицидов в те годы составляло 1:1,8, тогда как ныне со-

ставляет 1:5.2. После хрущевской «оттепели» уровень самоубийств соответствовал средневропейскому показателю, а с середины 60-х до середины 80-х годов вырос более чем в два раза, особенно у мужчин, достигнув наибольшего значения в 1984 г. (пик «застоя»). Тогда Россия по уровню самоубийств вышла на второе место в Европе. В годы «перестройки» число суицидов довольно резко сократилось, что совпало с «антиалкогольной реформой» и выходом из экономической, политической и социальной стагнации. Однако это продолжалось недолго: с 1988 г. начался постепенный рост самоубийств, который сменился более стремительным и в 1994 г. ознаменовался рекордным показателем (42.04 на 100 тыс. населения); затем последовало снижение и новое повышение числа самоубийств после дефолта 1998 г.

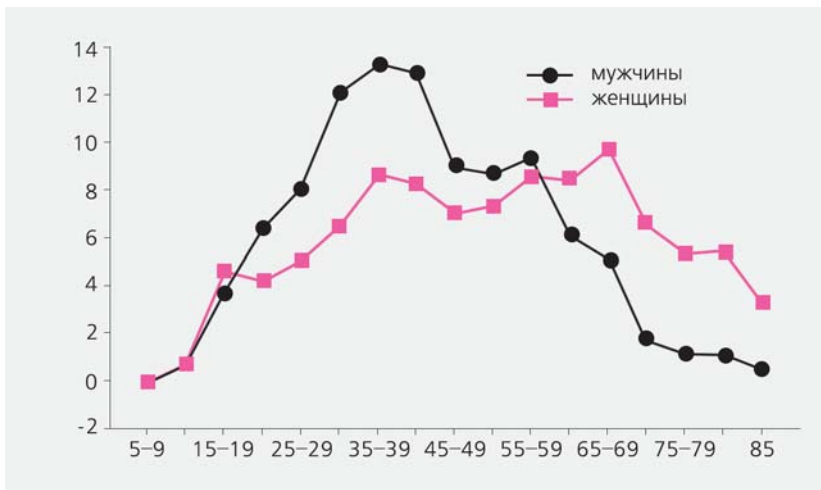
В целом при некотором увеличении количества самоубийств (с 34.3 до 42.4 на 100 тыс.) за 10-летний период (1985–1995) произошел значимый сдвиг в сторону увеличения их доли среди молодежи (15–34 года) и уменьшения у лиц более старшего возраста (особенно у мужчин 35–49 лет) и женщин старше 50 лет.

Считают, что рост суицидов в России в 1994 и 1998 гг. в основном связан с ростом потребления алкоголя. (Однако эта, казалось бы, очевидная взаимосвязь не прямолинейна; в некоторых странах Европы она не прослеживается: в Испании, например, число суицидов уменьшается при росте потребления алкоголя.) В нашей стране снижение уровня суицидов в последние годы сопровождается ростом смертности от отравления суррогатным алкоголем и увеличением числа больных алкогольными психозами. Злоупотребление алкоголем в России — это своеобразная реакция на социально-экономические кризисы, уход от действительности, чем, в сущности, и является суицид. Еще в дореволюционной России (когда число суицидов было в пределах 3–3.3 на 100 тыс.) уровень самоубийств различался по губерниям в зависимости от душевого потребления алкоголя.

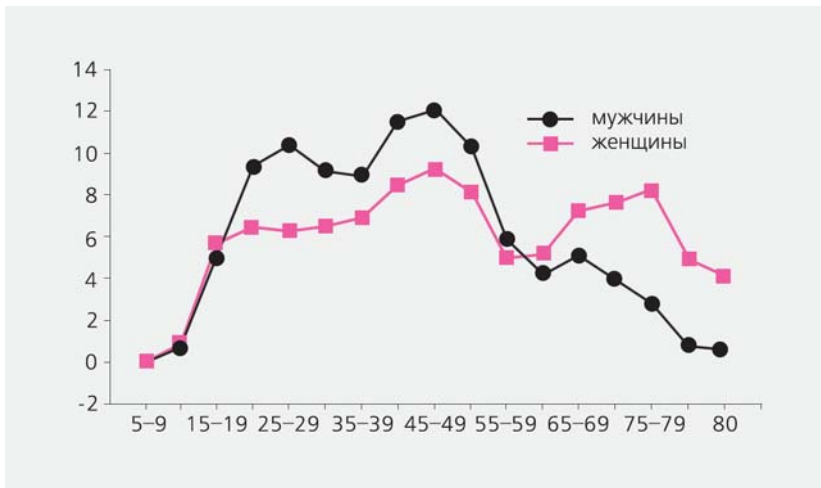
Изучение более 16 тыс. завершенных суицидов в нынешней Москве показало, что около 40–50% самоубийств совершаются в состоянии алкогольного опьянения различной степени тяжести. Свыше 60% человек, умерших от самоубийств, и почти 40% покушавшихся постоянно злоупотреб-



Динамика числа суицидов и убийств в России (на 100 тыс. человек).



Гендерное соотношение самоубийств по возрасту за 1994 г., выраженное в процентах.



Гендерное соотношение самоубийств по возрасту за 2004 г., выраженное в процентах.

ляли алкоголем в течение последнего года. В состоянии алкогольного опьянения погибли 65.5% человек, были трезвыми — 34.5%; 19.8% умерших от самоубийств за последний год перед смертью были в вытрезвителе. Исследования показывают, что 75% покушавшихся на свою жизнь не обнаружили признаков психического заболевания, 15.8% страдали пограничными психическими расстройствами, 9.2% находились в состоянии психоза.

Несомненно влияние на суицид уровня стресса. Основные его источники — падение доходов, де-

фицит личной безопасности, преступность, страх перед будущим, конфликты на работе и семейные неурядицы. Чтобы противостоять стрессу, каждый третий взрослый ныне нуждается в психологической поддержке.

Социальная и клиническая психиатрия. 2006. №3. С.22—26 (Россия).

Палеонтология

Плезиозавры восточной окраины Азии

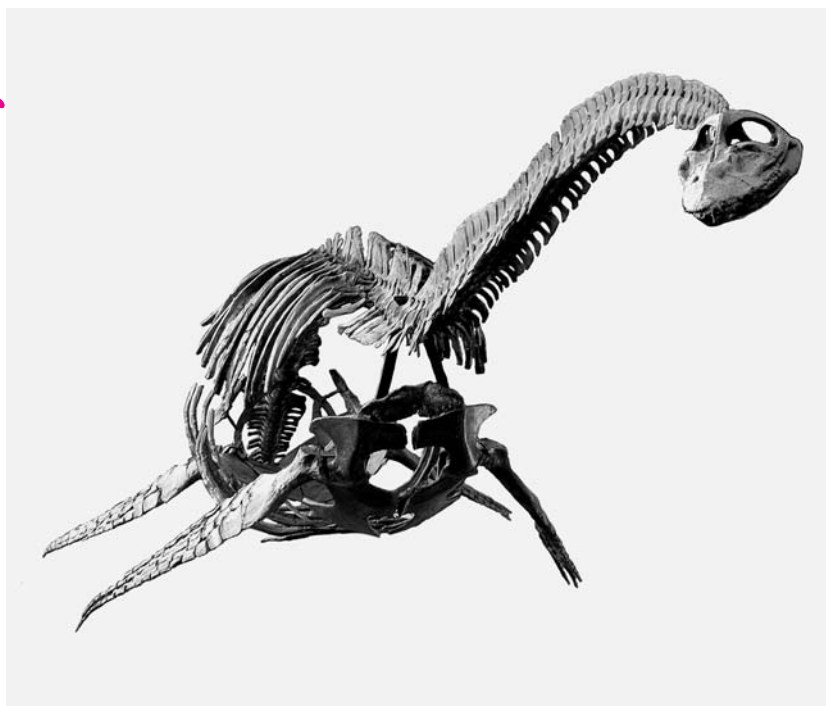
Первые сборы отдельных ископаемых костей морских пресмыка-

ющихся производились в Японии начиная с 1926 г. Эти находки, относящиеся к отложениям верхне-меловой формации тамаяма (верхняя часть сантонского яруса), оказались безвозвратно утрачены во время Второй мировой войны. Только в 1968 г. стало известно о новой находке, обнаруженной на о.Хонсю (префектура Фукусима). Ею оказался почти полный скелет ящера плезиозавра.

Плезиозавры (Plesiosauria) — подотряд полностью вымершего в конце мезозоя отряда завроптеригий (Sauropterigia). Они появились в триасовом периоде и достигли максимума разнообразия в более позднее юрское и ранне-меловое время. Их расцвет совпал с расширением площади акваторий окраинных морей, а также с увеличением числа видов и биомассы головоногих моллюсков и рыб, составлявших основу питания плезиозавров. Об их исключительно водном образе жизни свидетельствуют преобразованные в ласты передние и задние конечности.

В Японии тамаямского ящера обычно представляли как «дракона Судзуки из Футабы». Футаба — название стратиграфического подразделения, в которое входит тамаямская формация, а Судзуки — фамилия автора находки. В некоторые информационные издания просочилось, видимо, рабочее латинизированное название «Wellesisaurus suzuki». Известность получила реконструкция скелета (оригинальный образец лишен почти всего шейного и части хвостового отдела позвоночника), копия которой экспонируется, в частности, в Палеонтологическом музее РАН. Официальное название этого японского плезиозавра — *Futabasaurus suzuki* — представлено в его только что появившемся научном описании¹.

Футабазавр классифицирован в составе семейства эласмосавриды (Elasmosauridae). Это единственная группа плезиозавров, которая была широко распространена во второй половине мелового периода.
¹ Sato T, Hasegawa Y, Manabe M. // Palaeontology. 2006. V.49. Pt.3. P.467—484.



Реконструкция скелета футабазавра Судзуки (Палеонтологический музей РАН).

Фото автора

да. Для ее представителей характерна очень длинная шея с большим количеством позвонков (до 76) и нередко крупные размеры особей — до 15–16 м в длину. От других эласмозаврид футабазавр отличался широко поставленными орбитами глаз и носовыми отверстиями, расширяющейся назад межключицей, а также преобладанием размеров плечевых костей в сравнении с бедренными. Длина тела этого ящера составляла примерно 6 м. Интересно, что на некоторых костях футабазавра выявлены борозды, оставленные челюстями хищных рыб, а рядом с его скелетом найдены многочисленные зубы древних акул.

Еще две находки японских эласмозаврид обнаружены относительно недавно и на о. Хоккайдо. Одна из них происходит из нижней части кампанского яруса, а другая имеет более поздний возраст (верхний кампан-маастрихт). Неполная сохранность ограничивает возможность видового определения хоккайдских материалов, но по сопоставимым костным элементам они явно отличаются от футабазавра.

Плелиозавры были распространены также севернее Хоккайдо — на Сахалине. Еще в 1909 г. Н.Н.Тихонович, руководитель разведывательной экспедиции Геологического комитета России, обнаружил в отложениях верхнего мела (коньяк—маастрихт) на берегу р.Амба уплощенную и суженную посередине кость длиной 6 см. Сообщение об этой находке опубликовал известный в то время специалист по ископаемым рептилиям А.Н.Рябинин¹, определив в ней фалангу среднего пальца морской рептилии. Хотя фраг-

¹Рябинин А.Н. // Геолог. вестник. 1915. Т.1. №2. С.82—84.

Ярусы верхнего мела	Возраст, млн лет
маастрихтский	73–65
кампанский	83–73
сантонский	87.5–83
коньякский	88.5–87.5
туронский	91–88.5
сеноманский	97.5–91

Ярусное подразделение верхнего мела.

ментарные материалы часто оставляют место для сомнений, но, учитывая размеры, строение и возраст кости, палеонтолог уверенно определил ее принадлежность эласмозавридам.

Всего в прибрежных зонах северных и южных континентов, омываемых Тихим океаном, открыто более двенадцати местонахождений с остатками позднемеловых плелиозавров.

© Алифанов В.Р.,

кандидат биологических наук
Москва

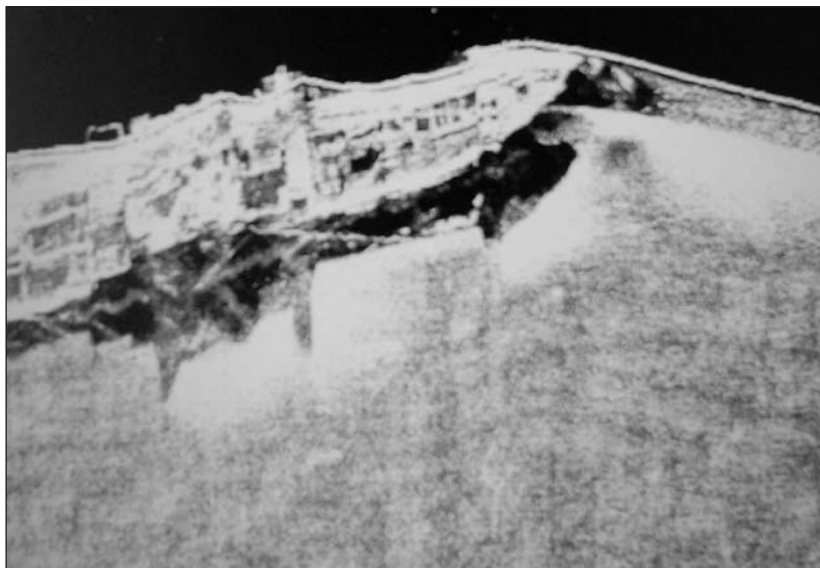
Морская археология

Визит к «Челюскину»

20 сентября 2006 г. в столицу Чукотского автономного округа Анадырь возвратилась подводная арктическая экспедиция «Челюскин-70», больше недели находившаяся в районе гибели легендарного парохода «Челюскин». Она была организована журналом «Нептун XXI век» и Агентством научных туров РАН (автор участвовал в ней как ученый секретарь экспедиции). Первая попытка найти «Челюскин» в Чукотском море была предпринята группой исследователей в 2004 г.; с той поры в связи с 70-летием со дня гибели «Челюскина» экспедиции дано наименование «Челюскин-70». Ее руководителем в 2006 г. стал губернатор Корякского автономного округа О.Н.Кожемяко, а начальником, как и в 2004 г., был А.В.Михайлов.

Выйдя из Анадыря на судне «Рогачево» 13 сентября, мы достигли района гибели «Челюскина» 15 сентября днем. Поиски затонувшего парохода велись с помощью подводного буксируемого гидролокатора бокового обзора (ГБО С-МАХ) и судового эхолота. Четкая работа экипажа судна, особенно капитана А.П.Вайнуниса, позволили уже к полудню обнаружить объект поиска. С помощью ГБО удалось получить подробное изображение останков парохода, затонувшего в этом районе 13 февраля 1934 г. Для идентификации объекта трое во-

Изображение «Челюскина»,
переданное гидролокатором
бокового обзора.



Фрагмент стойки леерного
ограждения.



долазов совершили пять погружений в холодную (до -1.0°C) воду на глубину до 49 м.

«Челюскин» лежит в трехметровом слое ила, возвышаясь над ним на 13 м. Видимость в воде резко падает на глубине 35 м. Работая, по сути дела, на ощупь в толще воды с видимостью, как в «молоке», водолазы смогли отделить в районе шлюпочной палубы два фрагмента судна (по мнению специалистов, это стойка ограждения с кольцами и скобочкой и часть

крепления осветительной либо вентиляционной системы). Кроме того, впервые была проведена видеосъемка отдельных фрагментов судна (по мнению тех же специалистов, это шлюпочный или иной брашпиль и кранбалка).

В настоящее время в России проводится паспортизация затонувших объектов. Перед экспедицией не ставилась задача поднять «сувениры» с «Челюскина». Скорее наоборот: поскольку экспедиция «Челюскин-70» относится к разря-

ду археологических, то и действует она в рамках принятых во всем мире правил работы с объектами, представляющими археологический и исторический интерес. Поэтому с «Челюскина» было поднято весьма ограниченное количество объектов — лишь необходимое для гарантированной идентификации.

Все фрагменты сфотографированы; для проведения анализа и экспертизы эти фото и пробы металла отправлены в Копенгаген (Дания), в судостроительную компанию «Бурмейстер и Вейн», со стапелей которой 73 года назад сошел «Челюскин».

Наверняка собранные фрагменты и фотографии займут свое место в музеях, напоминая о наших предках, осваивавших Арктику в первой трети прошлого века. А участники экспедиции намерены в ближайшие сезоны провести дополнительные исследования на «Челюскине»: ведь подводным археологам там работы еще непочтатый край.

© Рабинович И.И.,

заместитель генерального
директора

Агентства научных туров РАН
Москва

Рецензии **Человек, его предки и дублеры**

В.Г.Сурдин,

кандидат физико-математических наук

Государственный астрономический институт им.П.К.Штернберга
Москва

Допускаю, что кого-то может не интересовать проблема происхождения Вселенной, кому-то безразлично, как образуются галактики и звезды, а некоторых не беспокоит даже, как родилась Земля. Но загадка появления на Земле человека волнует всех. Поэтому еще одна книга о происхождении *Homo sapiens* не может быть лишней. Ее автор, Леонид Борисович Вишняцкий, — археолог, старший научный сотрудник Отдела палеолита Института истории материальной культуры РАН (Санкт-Петербург), кандидат исторических наук, написал немало научных и общедоступных работ. А свое мнение решаю высказать я — астрономом, поскольку книга вышла в серии «Наука для всех», а значит, и для астрономов тоже.

Рассказывая о последних достижениях антропологии, автор постоянно задается вопросом: происхождение человека — это магистральная линия эволюции или случайность? В целом ответ очевиден: одним из направлений эволюции непременно должно было стать развитие и усложнение мозга как полезное адаптивное качество; но тот факт, что в данный момент истории на вершине этой «интеллектуальной» ветви оказался человек — чистой воды случайность. При всей очевидности этих положений читателя захватывают поиски аргументов и описание интереснейших находок последних лет.

Автор сразу предупреждает, что в книге нет сенсаций, что лично он не сомневается в про-

исхождении человека от обезьяны (знак времени: в наши дни такое утверждение требует определенной смелости!), что не существует уже проблемы недостающего звена между неким видом ископаемых обезьян и человеком, но зато наблюдается переизбыток «недостающих звеньев», который даже рождает шуточные предложения о переименовании ее в «достающее звено». Оказывается, что «сколь угодно значительных вакантных мест на нашем генеалогическом древе остается все меньше, а число претендентов на них все прибывает и прибывает. Особенно велик конкурс на замещение «должности» первого гоминида. От кандидатов на это место просто нет отбоя, и на музейной полке с соответствующей табличкой, того и гляди, начнется настоящая давка» (с.23). Действительно, в последние годы — уже в XXI в.! — к «классическим» гоминидам (человеку, австралопитеку) добавились новые роды этого семейства, останки которых обнаружены в Африке: ардипитек (5.2—4.4 млн лет назад), оррорин и сахельантроп (около 6 млн лет).

Книга начинается с описания эволюции человека — от ничем не выдающегося существа, по уровню интеллекта мало чем превосходившего белку, до крупного прямоходящего всеядного со сложнейшим мозгом. Автор считает, что эволюция дала шанс млекопитающим в силу случайного события, вызвавшего изменение климата и вымирание динозавров и прочих «ящеров». Что касается приматов, то у них были как досто-



Л.Б.Вишняцкий. ИСТОРИЯ ОДНОЙ СЛУЧАЙНОСТИ, ИЛИ ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА.

Фрязино: Век-2, 2005. 240 с.
(Из сер. «Наука для всех».)

инства (стереоскопическое зрение, ловкие передние конечности), так и недостатки (слабое обоняние, примитивные зубы). На первый взгляд, эволюция не сулила им особой роли., а вот поди ж ты!

При чтении этой книги у меня как неспециалиста разрушились некоторые стереотипы, за что я признателен автору. Один из них — человека создал труд, когда он встал на две ноги и освободил для работы руки. Как выяснилось, четвероногие обезьяны тоже неплохо орудут руками, когда работают сидя; они именно работают, поскольку весьма умело обращаются с орудиями труда. И при этом бегают на четырех быстрее человека, а уж по деревьям-то как лазают!

Оказалось, что проблема прямохождения не решена антропологами по сей день: неясно, какие преимущества дало человеку хождение на двух ногах, ибо развилось оно задолго до начала использования орудий труда, для которого нужны были уже свободные руки; началось не в саванне, как ранее считалось, а в джунглях, где дальность видения не зависит от позы, и поэтому прямохождение не дает очевидных преимуществ. Одним словом, похоже, наш предок слез с ветки уже прямоходящим. И это создало ему массу проблем. Вот тогда-то прото-человек и «взялся за ум». Не от хорошей жизни, ведь прямохождение поначалу мешало ему в конкуренции с другими животными.

Центральную проблему антропогенеза автор книги формулирует так: что заставило предков человека шевелить мозгами? Именно заставило, ибо на параллельных с нашей ветвях эволюции, на которых сидят обезьяны, разум не развился, что не помешало нашим братьям меньшим вполне успешно приспособиться к существованию.

Насколько широка пропасть, разделяющая разум человека и умственные способности жи-

вотных? Да и существует ли вообще эта пропасть? Например, способность человекообразных обезьян к обману, их умение прогнозировать поведение себе подобных (в частности — человека) говорят об их недюжинных умственных способностях. Потенциально они способны на многое, они обучаемы, но слабо используют свои мозговые ресурсы. Отдельная глава в книге посвящена этому вопросу. «В ней говорится о человекообразных обезьянах, точнее, об их поведении и наиболее впечатляющих интеллектуальных достижениях. Эти достижения свидетельствуют о существовании у шимпанзе, гориллы и орангутанов зачатков того, что, говоря о людях, мы, не колеблясь, называем культурой. Но если так, то почему же за миллионы лет существования перечисленных видов обезьян эти зачатки не получили у них никакого развития? Почему лишь для наших предков — ранних гоминид — употребление и изготовление орудий, знаковая коммуникация и другие элементы культурного поведения стали чем-то обязательным и постоянным?» (с.8).

В научно-популярной книге важно сформулировать проблему в простой и яркой форме, чтобы «зацепить» читателя. И автору это удается:

«Рассуждая об антропогенезе, мы часто представляем дело таким образом, будто обезьяна только и мечтала о том, чтобы очеловечиться и рада была использовать для этого всякую подвернувшуюся возможность. Это, однако, весьма сомнительная посылка. Если обезьяна о чем и мечтала, то лишь о том, чтобы быть сытой, не достаться на обед леопарду, иметь возможность почаще спариваться (самцы) и благополучно вырастить родившееся потомство (самки). Большинству сохранившихся до наших дней видов гоминоидов удалось добиться всего этого, не становясь людьми, т.е. не используя — сверх некоторого необходимого мини-

мум — культурные средства приспособления. Единственное исключение — гомо сапиенс. Почему же предкам этого вида не удалось «удержаться» в естественном состоянии? Почему им пришлось начать использовать свой интеллектуальный и культурный потенциал гораздо более активно, чем это делали другие, обладавшие примерно аналогичными способностями и задатками, виды гоминоидов?» (с.112).

Отвечая на этот вопрос, автор сначала демонстрирует нам спектр существующих в науке взглядов, критически рассматривает их, а затем довольно убедительно обосновывает гипотезу о том, что «пусковой механизм» антропогенеза был запущен в действие вследствие случайного совпадения в одном месте и в одно время ряда изначально не связанных между собой событий и процессов. Важнейшими из них стали следующие:

- с началом кайнозойской эры климат Земли становился все более холодным, ледники росли, а воздух иссушался;

- в конце кайнозоя влажные африканские джунгли стали замещаться открытыми и сухими саваннами;

- усилились колебания температуры, уменьшилось количество пищевых ресурсов, обострилась конкуренция;

- ускорилось появление новых видов и вымирание старых; около 2.5 млн лет назад появились первые представители рода *Ното*;

- еще раньше началось «образование Восточноафриканской рифтовой системы — гигантского разлома с окаймляющими его горными хребтами. Эти хребты, во-первых, стали барьером для влажных западных ветров, способствуя еще большему иссушению климата Восточной Африки, а во-вторых, изолировали местных гоминид от влажных и лесистых центральных районов континента, не оставив им иного выбора, кроме как приспособи-

ваться к жизни сначала в редящих лесах, а потом в саванне» (с.129);

— это был тяжелый период в эволюции гоминид: в несколько раз возросла их смертность. На этом могла бы закончиться история наших предков, но... они совершили революцию. Первую культурную революцию. Главным итогом этой революции стало превращение культуры в фактор, определяющий и организующий все основные аспекты жизнедеятельности гоминид, а также и их биологического развития.

Итак, в общих чертах пусковой «механизм антропогенеза» можно представить следующим образом. Когда под давлением экологических факторов в середине или конце плейстоцена часть обезьян Восточной Африки перешла к преимущественно наземному образу жизни, то анатомия предков гоминид была уже такова, что прямохождение оказалось для них либо единственно возможным, либо наиболее удобным, оптимальным способом передвижения. Однако, двигаясь на двух ногах лучше, чем на четырех, они, тем не менее, проигрывали другим животным по многим важным параметрам, таким, как скорость, выносливость, сноровка и т.д. Это ставило их в невыгодное положение как по отношению к хищникам, так и по отношению к конкурентным видам обезьян и, при прочих равных условиях, сделало бы их шансы на выживание в возникшей кризисной ситуации весьма невысокими. Требовалось нечто, что компенсировало бы унаследованный от прошлого «физический недостаток». Этим «нечто» и стала культура. Начав активно приспосабливаться к естественной среде путем создания среды искусственной, гоминиды первыми преодолели «культурный Рубикон», что предопределило направление их дальнейшей эволюции (с.133).

Однако долго еще наши предки не имели ни языка,

ни тем более речи. В этом они не сильно отличались от предков нынешних обезьян. Кстати, в нашу эпоху коммуникационный потенциал высших обезьян весьма высок, на что указывает их обучаемость языку жестов. Не исключено, что физиологические ограничения обезьян по части артикуляции речи вообще преувеличены.

Язык, речь, мышление — современный человек не часто задумывается о соотношении между этими качествами, ибо наделен ими и постоянно использует в быту. Но некоторые вопросы могут озадачить школьника (Возможен ли язык без речи?), а иные — даже специалиста. Например: Что возникло раньше — язык или мышление? Возможна ли мысль без языка? Та часть книги, где обсуждаются эти проблемы, оказалась для меня особенно интересной. Размышляя над методами поиска внеземных цивилизаций и способами контакта с ними (ныне эти проблемы проходят по части астрономии), я иногда сомневаюсь в возможностях обмена информацией при помощи универсальных логических языков. Быть может, мысль не всегда облечена в детерминированную форму? Быть может, наши языки — это определенный этап в развитии сознания, а будущее — за другими формами обмена? Поняв, как мысль пришла к языку и речи, возможно, мы сможем прогнозировать ее дальнейшую эволюцию.

Читая книгу Л.Б.Вишняцкого, я по-новому взглянул на роль физического контакта между людьми. Как известно, для налаживания социальных отношений приматы используют груминг — выбирание паразитов из шерсти партнеров, взаимная чистка и прочее. Вероятно, этим же занимались и наши предки. Но с ростом числа членов стаи груминг стал занимать все больше времени и на некотором этапе был заменен речью как менее трудоемким способом добиться, например, расположения доми-

нирующего самца. Очевидно, что груминг не исчез окончательно: в рудиментарных формах он присутствует и в нашем поведении, например, при общении родителей с маленькими детьми и в некоторых иных ситуациях.

Очень интересен рассказ о том, как вообще можно определить эпоху рождения речи. Несмотря на то, что речь не оставляет следов, что «слово не воробей», что появление языка (например, изобразительного или жестового) вовсе не означает появления речи, находятся такие способы датировки этого важного события в истории человеческой культуры. Сейчас считается, что речь возникла около 250 тыс. лет назад, а письменность появилась только 6 тыс. лет назад. Передача информации через речь в дописьменную эпоху была самым эффективным способом коммуникации и вновь стала им после изобретения радио.

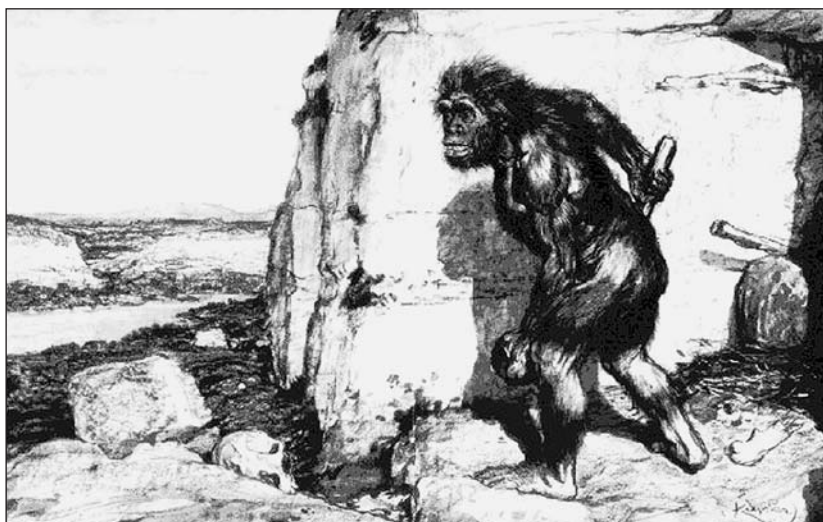
Завершая книгу о становлении человека, ее автор все же не удержался и предпринял мысленный эксперимент в жанре «что было бы, если бы». Появившийся на исторической сцене наш родной вид *Homo sapiens* вполне мог бы сойти с этой сцены, как это сделали многие до него. И что тогда? Оказывается, по части культурной эволюции у нас были «дублиеры», причем самым способным, по-видимому, был *Homo neanderthalensis*. Неандерталец вымер всего около 30 тыс. лет назад или даже чуть позже. Мы долго сосуществовали, причем неандерталец в период своего расцвета занимал всю Европу и часть Азии. В связи с новыми археологическими находками сейчас меняется точка зрения на культуру неандертальцев: оказывается, долгое время они практически ни в чем не уступали гомо сапиенсу. Изготавливали каменные и костяные орудия труда и даже украшения, у них был обычай хоронить мертвых. В конце концов, и по объему мозга мы почти не пре-

восходили их. Кто знает, как сложилась бы их судьба, если бы...

Возможно, именно конкуренция с неандертальцем ускорила эволюцию современного человека. Мы в этой гонке победили. Неандерталец проиграл. Теперь из ближайших родственников рядом с нами остались только шимпанзе, которые по частоте и жестокости межгрупповых конфликтов не уступают человеку. Они так же склонны истреблять себе подобных, причем, в отличие от нас, цивилизованных, у них наблюдается каннибализм.

Примечательна особенность всех книг этой серии: их современный многоуровневый характер. Основной текст доступен для неподготовленного читателя. Разумеется, он не свободен от специальных терминов, но они разъясняются в довольно объемном (16 с.) словаре. Кстати, этот словарь интересен и для специалистов, поскольку содержит информацию о недавно открытых видах гоминид. Кроме словаря, книга снабжена приложением с несколькими полезными таблицами: методы абсолютной датировки, основные события эволюции гоминид, родовой и видовой состав гоминид (на конец 2004 г.), изменение климата за последние 2 млн лет, палеонтологическая хронология. В книге есть список рекомендуемой литературы: научной, научно-популярной и даже художественной. Для специалистов будут интересны многочисленные источники, приведенные в сносках после основного текста. Пожалуй, единственное, чего не хватает, — именного и предметного указателей. Они сделали бы книгу существенно более удобной и полезной.

В целом, новая книга о происхождении человека, на мой взгляд, получилась интересной и доступной для непрофессионалов. В этом успехе явно чувст-



Неандерталец — грубоватый на вид, но умный и, по-видимому, нежный «дублер» человека.

вуется рука издателя. Уже не первый год маленькое фрязинское издательство «Век-2» балует нас хорошими популярными книгами. В них виден избирательный подход к теме и автору, настойчивая работа над стилем и содержанием, одним словом — то, что желанно и для автора, и для читателя. Конечно, жалко, что сегодня качество книги находится в обратной зависимости от ее тиража. И грустно, и смешно видеть название серии «Наука для всех» при тираже 2500 экз. Неужели нас, интересующихся наукой, всего несколько тысяч?

Разумеется, это не так. Просто частая покупка книг стала не по карману. Отсюда и малые тиражи, и мизерные доходы интеллигентных издателей, и почти нулевые гонорары авторов книг. Поэтому воздадим им должное. Они работают для будущего. Их труд сродни творчеству безвестных художников каменного века, которые при тусклом свете костра, в глубине пещер, из малопригодных материалов творили великие художественные произведения для себя и горст-

ки своих соплеменников. Тиражи тогда были единичные, аудитория крошечная и не всегда благодарная — ибо творчество отнимало силы от поисков пищи! Но ведь пришло их время: изображения скромных каменных фигурок и чудесных наскальных рисунков сегодня «переизданы» миллионными тиражами. Так что не станем унывать: были бы хорошие книги, а читатель когда-нибудь найдется.

Закончу цитатой из книги: «Не стоит думать, что мы — цель, а наши предшественники и соседи на лестнице эволюции — только средство ее достижения, и что весь смысл существования и истории семейства гоминид состоит лишь в том, чтобы в один прекрасный день на свет появился гомо сапиенс. Разбираясь с проблемой пускового механизма антропогенеза, мы видели, что толчком для начала этого процесса послужило, скорее всего, необязательное стечение практически несвязанных между собой обстоятельств» (с.182). Как приятно сознавать, что это «стечение» все-таки состоялось! ■

«Внукам памятная весть»

В.С.Корякин,
доктор географических наук
Москва

Этот солидный труд объемом свыше 37 авторских листов издан тиражом 700 экз. под эгидой Русского географического общества, одним из активных деятелей которого Михаил Михайлович Ермолаев (1905—1991) оставался всю жизнь. Естествоиспытатель широкого профиля — выдающийся полярный геолог, гляциолог, геофизик, океанолог и географ — Ермолаев принадлежал к коренной российской интеллигенции, и судьба его была достаточно типичной для многих ее представителей — в 30-е годы он пережил два ареста и заключения, затем ссылку, однако, к счастью, его научная стезя на этом не закончилась. Рассказать правду о своей богатой жизни биографии еще в 70-е годы убеждал Ермолаева известный научный публицист З.М.Каневский, несколько раз писавший об этом полярном исследователе [1], однако в условиях цензуры брежневского «постсталинизма» пришлось бы умолчать о 18-летнем периоде, и эта идея тогда не получила развития.

Только в 80-х воспоминания Михаила Михайловича записала журналистка Т.Л.Львова. С вышедшей позже книгой [2] читатели «Природы» знакомы по моей рецензии, опубликованной в журнале пять лет назад [3], что позволяет, не повторяясь, остановиться лишь на самых интересных или спорных местах новой книги.

Она содержит много неизвестных материалов об Ермолаеве — документов из различных архивов (включая семейные), дополняющих его собственную

историю и историю его исследований. Кроме того, авторы, среди которых старший сын Михаила Михайловича Алексей, физик-теоретик, ныне работающий в Брюсселе, и один из старейших сотрудников Научно-исследовательского института геологии Арктики (ныне ВНИИ-Океангеология) В.Д.Дибнер, привлекают воспоминания членов семьи в попытке поисков виновников изломанной судьбы героя книги и безвременной гибели старшего товарища и родственника Ермолаева — Р.Л.Самойловича (в 20—30-е годы директора Института Севера, в дальнейшем Всесоюзного арктического института). Поскольку временной охват книги очень широк, остановимся на страницах, связанных с историей изучения Арктики.

М.М.Ермолаев — выходец из семьи военного инженера и дворянина, детство и юность которого пришлось на годы войн, революций и последующей разрухи. В первое десятилетие советской власти подобное происхождение отнюдь не способствовало становлению начинающего ученого, у которого в выборе жизненного пути воедино сплелись риск, жажда приключений, море, наука, Арктика — совсем как в ином приключенческом романе. Увлекался математикой, стал студентом знаменитого питерского Политеха. Позднее заболел туберкулезом и, руководствуясь принципом «клин клином вышибают», упросил Самойловича взять его с собой в Арктику, где, ко всеобщему удивлению, не только поправился, но и нашел дело всей жизни.

Политеха не окончил. В перерывах между экспедициями



А.М.Ермолаев, В.Д.Дибнер.
МИХАИЛ МИХАЙЛОВИЧ ЕРМОЛАЕВ. ЖИЗНЬ ИССЛЕДОВАТЕЛЯ И УЧЕНОГО.

СПб.: Этиграф, 2005. 596 с.

тивное участие в качестве морского геолога, привнеся в новое направление своей деятельности новаторские геофизические подходы в изучении морского литогенеза. В любом научно-историческом обзоре, посвященном Арктике, этим экспедициям уделяется особое место, поскольку они ознаменовали переход от изучения прибрежной трассы Северного морского пути, проходившей по мелководным морям шельфа, к исследованиям Центрального Арктического бассейна. Отметим, что экспедиции на «Садко» в 1936 и 1937 гг. возглавлял Самойлович — и обе они оказались неудачными по независящим от него причинам.

Летом 1936 г. в разгар научных исследований «Садко» был направлен на проводку первых военных кораблей, прошедших по трассе Северного морского пути. Третья Высокоширотная экспедиция в навигацию 1937 г. совпала с крупнейшей неудачей в истории деятельности ГУ СМП, что отразилось не только на судьбах героев рецензируемой книги, но и всего руководства этой организации. Провал навигации 1937 г. привел к вынужденной зимовке 26 кораблей в арктических морях, включая весь ледокольный флот (за исключением ледокола «Ермак»). Эффект этой неудачи оказался тем более разительным, что ей предшествовало создание дрейфующей станции Северный полюс-1, заслуженно получившей всемирную известность. Рассказ об этих событиях во многом повторяет факты, известные по книге Ермолаева, изданной в 2001 г. [1]; отметим, что в объяснении провала этой навигации, как и причин гибели Самойловича, авторы повторяют точку зрения самого Михаила Михайловича, виновного в этом Шмидта, как мне кажется, не вполне справедливо.

Имеются все основания полагать, что появление в журнале «Советская Арктика» [7] разгромной статьи о Всесоюзном

арктическом институте было приурочено к возвращению зимовщиков «Садко», в первую очередь самого Самойловича, когда участь большинства руководящих работников ГУ СМП была решена. В статье утверждалось, что «в итоге работы Ермолаева, который руководил геологическими исследованиями на Новой Земле, получены ничтожные результаты. Новую Землю посетила 21 экспедиция... Новоземельские экспедиции обошлись государству примерно в 5—6 миллионов рублей, наполовину эти деньги выброшены на ветер». Это не помешало директору института Самойловичу заявить: «полностью обследованы оба острова Новой Земли, где обнаружены месторождения меди, цинка и асбеста» [7. С.27—28]. Вывод статьи-доноса: «Причиной отставания института является “деятельность” руководства в лице его директора Самойловича» [7. С.31].

Кроме того, существовал еще один донос. В 90-х годах было обнаружено «политдонесение» и.о. начальника Ленинградского политотдела Севморпути Бубнова начальнику Политуправления ГУ СМП Белахову [8], составленное не ранее июня 1938 г. В нем содержится информация, имеющая отношение к описанным событиям: «По Арктическому институту добились значительного оздоровления: там органами НКВД изъято 30 человек... Самым важным условием дальнейшего оздоровления института является снятие Самойловича. <...> Серьезное недоумение и тревогу вызывает поведение и позиция в этих вопросах начальника ГУ СМП тов. Шмидта. Ведь он как руководитель-большевик должен задавать тон, показывать пример непримиримости и образец настойчивости в проведении мероприятий по оздоровлению системы... В действительности мы видим обратное и со всей ответственностью я заявляю, что если бы мы так же подходили к очищению органи-

заций от чуждых и враждебных нам людей... то мы бы и не сделали десятой доли того, что есть. Тов. Шмидт подходит к этим людям с какой-то особой своей меркой, резко отличающейся от партийной. <...> Так обстоит дело и с Самойловичем, политическая физиономия которого достаточно ясна, но которого не хотят обидеть. Его сняли с директора ВАИ, но сохранили все, что ему полагается как директору, и оставили в том же институте, видимо только затем, чтобы мешать в работе» (С.1027—1029). Читатель может сделать выводы сам — отметим лишь, что арест Ермолаева произошел 6 июля, а Самойловича — 24 июля того же года, т.е. вскоре после доноса Бубнова.

И все же Ермолаев винил в своих бедах Шмидта. Думается, эта неприязнь имеет и «исторический характер». Когда в Русской Гавани где-то с лета 1932 г. Ермолаев возглавил работы по программе 2-го Международного Полярного года, начался голод у зимующих промысловиков. Михаил Михайлович обратился по радио в правительство с запросом об организации помощи — естественно, спасение голодающих было поручено только что организованной с декабря 1932 г. ГУ СМП во главе со Шмидтом, для которого поручение такого рода явилось полной неожиданностью. Тем не менее, о каких-либо последующих «карательных мерах» по отношению к Ермолаеву со стороны Шмидта сведений не имеется, по крайней мере автору этих строк Михаил Михайлович чего-либо похожего не рассказывал. Вместе с тем он питал несомненные симпатии к И.Д.Папанину, который, как он полагал, старался убедить его от ареста. Отметим, что и авторы книги отметили целый ряд имен ученых (Д.В.Наливкин, Л.С.Берг, В.Г.Хлопин), сохранивших достоинство и честь интеллигента, когда «бывали хуже времена, но не было подлей». Это тем более важно,

что в некоторых случаях авторы книги для характеристики отношений между учеными полутонов не нашли.

При всех высказанных замечаниях несомненная ценность труда А.М.Ермолаева и В.Д.Дибнера заключается в том, что он не только содержит ценный

фактический материал, освещающий разделы полярной науки, долгое время оставшиеся запретными, но и ставит новые вопросы, требующие дальнейшего изучения. Герой книги в самые сложные времена сумел сохранить честь и достоинство истинного русского интеллигента в глазах

последующих поколений. Неслучайно прочтение «Жизни исследователя и ученого» вызывает в памяти горькие и гордые строки Твардовского:

*...И после них не канет в небытие,
Та боль, и мужество, и честь,
Но перейдет в сердца их детям
И внукам памятная весть...■*

Литература

1. Каневский З.М. Русская Гавань // Пути в неизвестное. М., 1973.
2. Ермолаев М.М. (в соавторстве с Т.Львовой). Воспоминания. СПб., 2001.
3. Корякин В.С. Биография, которой хватило бы на десятилетия // Природа. 2002. №10.
4. Корякин В.С. В.А.Русанов. М., 2005.
5. Демокидов К.К. Геологическое строение и полезные ископаемые Южного острова Новой Земли. Труды НИИГА. Т.68. Л., 1953.
6. Совещание хозяйственных работников системы Главсевморпути. Л., 1936.
7. Сысоев Г., Ширяев И., Назаров В. // Советская Арктика. 1938. №5. С.27—31.
8. Крылов В.В. Донос на академика О.Ю.Шмидта и его сотрудников // Вестник Российской академии наук. 1995. Т.65. №11.

Биохимия

О.А.Гомазков. НЕЙРОТРОФИЧЕСКАЯ РЕГУЛЯЦИЯ И СТЕЛОВЫЕ КЛЕТКИ МОЗГА. М.: ИКАР, 2006. 332 с.

Книга профессора О.А.Гомазкова, известного специалиста в области биохимии и физиологии нейропептидов и ростовых нейротрофических факторов, продолжает серию обзорных и справочно-информационных публикаций, написанных им за последние 10 лет. К числу этих работ относятся монографии «Мозг и нейропептиды»(1997), «Пептиды в кардиологии» (2000), «Нейропептиды и ростовые факторы мозга» (2002), «Нейрохимия ишемических и возрастных заболеваний мозга» (2003) и другие.

В этой работе описывается роль нейротрофических и ростовых факторов в регуляции основных функций мозга в норме и при патологии. Впер-

вые обосновывается значение этих факторов в контроле нейрогенеза и трансформации стволовых клеток, которые представляют собой «резерв» для восстановительных процессов в мозге при патологии различного характера. Приводятся обширные доказательства в пользу концепции о постоянном обновлении нейрональных структур, значимых для развития мозга, его адаптивных функций и защиты в условиях нарушений, вызываемых ишемией, травмой и возрастными патологическими процессами.

В качестве справочного руководства приводится систематика и описание отдельных семейств нейротрофических и ростовых факторов и основных групп цитокинов.

Предисловие было написано член-корреспондентом РАН профессором Л.И.Корочкиным, известным ученым в области клеточной биологии и нейрогенетики.

Сейсмология

А.А.Никонов. СОВРЕМЕННЫЕ ДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ. Изд. 2-е, доп. М.: КомКнига, 2006. 192 с.

Внутри Земли и на ее поверхности постоянно происходит перемещение вещества. Основные структурные элементы нашей планеты (материки, океаны, подвижные пояса и платформы) выделяются именно по степени активности и характеру движений. Долгое время многие ученые полагали, что движения земной коры закончились в третичное время, т.е. миллионы лет назад. Области, подверженные землетрясениям, где земля буквально ходила под ногами, признавались скорее исключениями. На самом же деле Земля активна в любой точке, и если мы не ощущаем движений, то только потому, что они протекают большей частью медленно и плавно. Землетрясения последних десяти-

тилеть — Итурупское (1989) на Курилах, Нефтегорское (1995) на Сахалине, Кроноцкое (1997) и Корякское (2006) на Камчатке, Чуйское (2003) на Алтае и даже Калининградское (2004) подтверждают это.

Сегодня с помощью высокоточных приборов удастся не только измерить движения земной коры, но и в ряде случаев предсказать их интенсивность, определить место и время катастрофических явлений. Рассмотрению этих вопросов и посвящена книга доктора геолого-минералогических наук А.А.Никонова.

Изучение современных движений земной коры как научное направление в нашей стране, так же как организация международного сотрудничества в этой области, связано с именем известного советского ученого Ю.А.Мещерякова, ныне покойного. Автор посвящает свою книгу его светлой памяти.

Первое издание книги, вышедшее тиражом 42 тыс. экземпляров, разошлось быстро и давно стало библиографической редкостью. В этом смысле второе издание сохраняет свою актуальность. Оно рекомендовано в качестве учебного пособия в университетских учебниках по общей геологии.

В оформлении обложки использована фотография А.А.Никонова «Молодой сейсмо тектонический разрыв земной коры на Балтийском щите» (Швеция).

История науки

Л.М.Свердлов. КРУЗЕНШТЕРН И РЕЗАНОВ. М.: ООО «Арго», 2006. 155 с.

Первая кругосветная экспедиция (1803—1806) И.Ф.Крузенштерна и Ю.Ф.Лисянского при всем ее очевидном (по меньшей мере для историков географии) громадном научном значении, имела существенный геополитический резонанс как очерде-

ная (хотя и неудачная) попытка Российской империи наладить регулярные дипломатические и торговые отношения с ее восточным соседом — Японией. Официальный представитель императорского двора в составе экспедиции камергер Н.П.Резанов имел особую цель — расширить владения и влияние Российско-американской компании на юг — в направлении испанской Калифорнии. В осуществлении этих планов значительную роль должна была сыграть любовь Кончиты (дочери местного губернатора) к русско-му придворному.

Именно через призму этой романтической истории многие, далекие от науки люди были склонны оценивать личность и действия Резанова. Этому во второй половине XX в. в нашей стране весьма способствовал его образ, созданный в спектакле театра Ленком «Юнона и Авось».

Однако главная задача экспедиции была коммерческой: следовало установить морской путь из Петербурга на Камчатку и в русские колонии на Аляске, завезти туда различные грузы, а также вывезти с Аляски меха для продажи в Китае. Кроме того, по проекту Крузенштерна, в экспедиции решались научные задачи, а также велась подготовка офицеров военно-морского флота к автономным плаваниям в мировом океане.

Книга посвящена исследованию конфликта между Крузенштерном и Резановым из-за руководства первой русской кругосветной экспедицией, построенному на анализе архивных документов, дневниковых записей участников плавания и других материалов по истории России конца XVIII — начала XIX вв. Автор доказывает, что действительным начальником экспедиции с самого начала был Крузенштерн, и оппонирует мнению о руководстве Резанова, которое якобы было от-

нято у него Крузенштерном во время плавания.

История науки

ЖИЗНЬ И ПРИКЛЮЧЕНИЯ
ГЕОБОТАНИКА, ХУДОЖНИКА,
КОМПОЗИТОРА, ПОЭТА —
ОЛЕГА СЕРГЕЕВИЧА
ГРЕБЕНЩИКОВА.

Сост.: Е.А.Белоновская, А.А.Тихов. М.: Институт географии РАН, НИИ—Природа, 2006. 118 с.

Олег Сергеевич Гребенщиков (1905—1980) — потомок старинного дворянского рода, ученый-геоботаник, самобытный композитор и музыкант, актер оперы и балета, сыгравший не один десяток ролей, о которых только мечтали многие известные исполнители, незаурядный художник и иллюстратор, оставивший нам художественный дневник своих путешествий, либреттист, прозаик и поэт. Эмигрировав в 1920 г. вместе с семьей, первые 15 и последние 25 лет своей жизни он прожил в России, вернувшись на родину в 1956 г. после долгих лет скитаний по Югославии и Чехословакии. В 60—70-е годы работал в Институте географии РАН.

В книге собраны материалы биографии Гребенщикова. Приводится хроника жизни, описанная самим ученым, и ее события, имеющиеся в некоторых сохранившихся письмах и записях. Каждый раздел книги посвящен различным сторонам его жизни и творчества, в том числе его деятельности как художника и музыканта. Представлены фотографии и репродукции его картин из семейного архива, не опубликованные ранее научно-популярные очерки, а также фрагменты статей и воспоминаний о нем близких и коллег.

В книге использованы материалы, хранящиеся в архиве семьи Гребенщикова, а также в архиве лаборатории биогеографии и в Институте географии РАН.

Д.И.Менделеев — почетный член Академии художеств

А.Ю.Закгейм,

кандидат технических наук

Московская государственная академия тонкой химической технологии им.М.В.Ломоносова

Большинство выдающихся ученых, в том числе химиков, уделяли много сил и времени занятиям литературой и искусством. И еще шире круг тех из них, чья жизнь протекала в тесном общении с гуманитариями. Один из ярчайших примеров — жизнь Д.И.Менделеева (1834—1907).

Дмитрий Иванович Менделеев родился и вырос в Тобольске в среде людей, смысл своей жизни видевших в том, чтобы нести в Сибирь культуру. Многие из них приехали в тогдашнюю глушь добровольно. Таков был отец Иван Павлович Менделеев, сын священника из Тверской губернии, ставший директором Тобольской гимназии. Таким был и его ученик П.П.Ершов*, учитель словесности, а затем инспектор той же гимназии. Ершов был другом семьи Менделеевых; его падчерица Ф.Н.Лещева стала первой женой Дмитрия Ивановича. Именно Менделееву доверил Ершов вести дела по переизданию своей сказки [1].

Купцы Корнильевы (предки Дмитрия Ивановича по материнской линии) были с XVII в. видными сибирскими предпринимателями и деятелями культуры. Прадед Менделеева В.Я.Корнильев был знаком с А.Н.Радищевым [2]. В 1789 г. он основал при своей бумажной мануфактуре частную типографию, где печатались первые в Сибири периодические издания; типографией ведал дед Менделеева [3]. Дя-

дя Василий Дмитриевич**, к которому в Москву привезли племянника после окончания гимназии, «играл заметную роль в истории культуры России второй четверти XIX в. Его дом на Покровке был средоточием московской литературной и научной интеллигенции». Корнильев был хорошо знаком с А.С.Пушкиным, А.А.Дельвигом, П.А.Вяземским [4].

Любовь к художественной литературе сопровождала Дмитрия Ивановича всю жизнь. В 1878 г. он познакомился с И.С.Тургеневым и в дальнейшем неоднократно посещал его.

Характерны отзывы младших современников — поэтов «серебряного века». Для них главной отличительной чертой Менделеева являлась мудрость. А.Белый называл его Саваофом [5]. Много раз писал о Менделееве А.А.Блок. Для него важнее всего три особенности Дмитрия Ивановича: мудрость, высокая духовность и близость к народному духу. 15 мая 1903 г.*** Блок пишет невесте: «Твой папа вот какой: он давно все знает, что бывает на свете, во все проник. Не укроется от него ничего» [6].

Как ни важна была для Менделеева художественная литература, а также музыка (Л.Бетховена, А.П.Бородина, В.Беллини), главной его любовью стала живопись. Сын, Иван Дмитриевич, пишет: «Отец страстно любил

живопись и скульптуру, составлял художественные коллекции и, можно сказать, так же дышал искусством, как и наукой, которые считал двумя сторонами одного нашего устремления к красоте, к вечной гармонии, к высшей правде. <...> Среди художников чувствовал себя легко и свободно» [3. С.179].

Часто разделяют творческих людей на две категории: мыслителей и деятелей; для первых главное дело жизни — порождение новых идей, для вторых — реализация идей, зачастую даже не своих, в конкретной деятельности. Менделеев сочетал в себе оба качества. В большинстве тех областей, в которых он работал, его идеи открывали новые горизонты; а идей, сопоставимых по важности и величию с Периодическим законом, вообще мало во всей истории науки. Вместе с тем Дмитрий Иванович с редкостной энергией и неутомимостью работал над практическими задачами. Занимаясь организацией нефтяного дела в России, разработкой технологии российского бездымного пороха и другими делами, Менделеев не гнушался на удивление мелкими вопросами. Иногда это выглядит даже несколько анекдотично. Например, 14 января 1881 г. он отправляет в Саратов рецепты «царской» ваксы и чернил «лучшего качества». И все, что он сделал, большое или малое, отмечено печатью «лучшего качества».

Деятельный характер Дмитрия Ивановича нашел выражение и в его отношении к изобразительным искусствам. Студенческие рисунки, хранящиеся

** В разных источниках его фамилия пишется либо Корнильев, либо Карнильев.

*** Здесь и далее даты, относящиеся к событиям в России, указаны по старому стилю, а к тому, что происходило за рубежом, — по новому.

* Автор сказки «Конек-горбунок».



Менделеев в традиционном облачении доктора прав Эдинбургского университета. Портрет работы И.Е.Репина. 1885 г.

в Музее Д.И.Менделеева при Санкт-Петербургском университете (насекомые и их личинки, листья растений, химические установки), свидетельствуют о том, что юный Дмитрий Менделеев обладал способностями рисовальщика. И впоследствии он зарисовывал достаточно сложные объекты — так, в ноябре-декабре 1875 г. в Париже сделал эскизные наброски дирижаблей. Но заниматься живописью или графикой он не стал, а начал собирать репродукции и фотографии произведений живописи.

В 1859 г. Менделеев выезжает за границу, чтобы усовершенствоваться в науках. И одни из

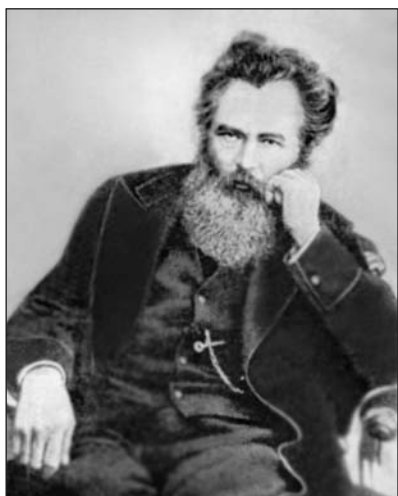
первых записей в дневнике, сделанных еще по дороге, до приезда в Гейдельберг, — о посещении Дрезденской галереи. Таких записей много.

Репродукции и фотографии помещались в альбомы. Только за 1877—1879 гг. составлено 24 альбома с номерами репродукций от 1 до 2300. Впоследствии, когда материальное положение Менделеева немного окрепло (хорошим оно не было никогда), он мог изредка позволять себе покупку подлинников. Так, в октябре 1879 г. он приобрел три этюда А.А.Иванова, высоко им ценимого.

С коллекционированием репродукций связано начало ро-

мантической истории, завершившейся второй женитьбой. Менделеев попросил профессора Академии художеств, замечательного педагога П.П.Чистякова, чтобы кто-нибудь из учеников выполнил по его заказу карандашную копию знаменитой картины К.И.Брюллова «Последний день Помпеи». Чистяков поручил эту работу совсем юной ученице Анне Ивановне Поповой [7]. Выяснилось, что она дружит с другой студенткой Академии Наташей Капустиной, племянницей Менделеева, и живет в ее семье. Вскоре (в 1877 г.) Дмитрий Иванович предложил сестре переехать жить к нему в университетскую квартиру; Анна Ивановна переехала вместе с ними. И Менделеев полюбил эту девушку. Отношения развивались драматически. Он был на 26 лет старше, женат. Были попытки не видеться, вплоть до того, что Попова уехала в Италию. Но сила чувства оказалась так велика, что Менделеев всерьез планировал самоубийство. К счастью, жена согласилась дать развод, и Дмитрий Иванович в 1882 г. вступил во второй брак.

Еще до знакомства с Поповой, с начала 70-х годов, стала нарастать интенсивность контактов Менделеева с художниками. Можно предположить, что это было своего рода «переключение» после завершения первого издания «Основ химии» (1869) и открытия в том же году Периодического закона. В следующем десятилетии его активность в значительной степени переместилась в другие области (например, физику газов, проблемы высшего образования) и не в последнюю очередь была направлена на осуществление идеи о сближении людей науки и искусства. В 1871—1873 гг. он читает в собрании художников лекции по химии. Вспоминает И.Е.Репин: «В большом физическом кабинете на университетском дворе мы, художники-передвижники, собрались в обществе Д.И.Менделеева и Ф.Ф.Петрушевского для изуче-



Участники менделеевских сред: художники И.И.Шишкин, А.И.Куинджи, В.М.Максимов.

ния под их руководством свойств разных красок» [8]. Здесь есть любопытная деталь: Федор Фомич Петрушевский — профессор физики, автор книг «Свет и цвет», «Краски и живопись». Но первым в рассказе Репина назван Менделеев — очевидно, именно он был главным организатором.

Еще одно начинание описано в воспоминаниях менделеевского сотрудника К.Н.Егорова: «В начале 70-х годов основано было общество для единения ученых, художников и литераторов. <...> Крамской и Менделеев были распорядителями. Участвовали Толстой, Щедрин, Тургенев, Достоевский и т. д., много университетских, Данилевский («Россия и Европа»), Рубинштейн. Достоевского ездил приглашать Менделеев. Толстой был раз, Менделеева тогда не было. Щедрин читал свои вещи» [2. С.116].

В 1878 г. начались менделеевские «среды» — регулярные собрания людей искусства и науки в его университетской квартире. По свидетельству А.И.Менделеевой, на них бывали художники И.Н.Крамской, И.Е.Репин, Н.А.Ярошенко, Г.Г.Мясоедов, Н.Д.Кузнецов, К.А.Савицкий, В.Е.Маковский, М.П.Клодт, В.М.Максимов, А.М. и В.М.Васнецовы, В.И.Суриков, И.И.Шиш-

кин, А.И.Куинджи, И.С.Остроухов, Е.Е.Волков, А.В.Позен, К.В.Лемох, А.В.Прахов; ученые А.Н.Бекетов, Н.А.Меншуткин, Ф.Ф.Петрушевский, А.А.Иностранцев, Н.П.Вагнер, А.И.Воейков, К.Д.Краевич. Из художников, не упомянутых Менделеевой, «среды» часто посещали М.А.Врубель и В.В.Верещагин.

Все мемуаристы отмечают неформальную, дружескую атмосферу «сред». А.И.Менделеева пишет: «Среды эти художники очень любили. Здесь сходились люди разных лагерей на нейтральной почве. <...> Здесь узнавались все художественные новости. Художественные магазины присылали на просмотр к средам новые художественные изделия. <...> Иногда на средах вели чисто деловые беседы, горячие споры, тут созревали важные товарищеские решения вопросов. И иногда бывали остроумные беседы и даже дурачества, на которые художники были неисчерпаемы» [7. С.25]. Временами, очевидно, «среды» посвящались определенным вопросам. Так, с сожалением сообщая о невозможности по болезни прийти, И.Н.Крамской пишет: «Сегодня такая интересная конференция» [9].

Со многими художниками Менделеева связывали дружеские отношения, видимо, наиболее

близкие — с А.И.Куинджи. А с К.В.Лемохом они породнились — 14 января 1896 г. их дети Владимир Дмитриевич и Варвара Кирилловна обвенчались.

В 1886 г. Менделеев едет на Бакинские нефтяные месторождения [10]. Едет вместе с дочерью Ольгой; в Кисловодске они останавливаются в доме Н.А.Ярошенко и дальше до Баку путешествуют вместе. Предполагалось, что с ними поедет и Куинджи, но тот заболел. Такие моменты дружеского общения с художниками нередки в биографии Дмитрия Ивановича.

Но Менделеев не был бы Менделеевым, если бы в своих размышлениях не выходил на глубокие обобщения. Идея, многократно им высказанная, такова: искусство и естествознание имеют общие корни, общие закономерности развития, общие задачи. Поэтому люди науки и люди искусства должны общаться. Пожалуй, наиболее четко эта точка зрения выражена в двух документах: письме В.В.Стасову от 6 марта 1878 г. и статье «Перед картиною А.И.Куинджи». Первое — отклик на статью о выставке русских художников в Академии художеств. Заявив о полном согласии со Стасовым, Менделеев так излагает свое мнение: «Русская школа в живописи хочет гово-



Портрет работы Н.А.Ярошенко.

речь одну внешнюю правду, сказала ее уже, хотя этот говор — лепет ребенка, но здорового, правдивого. Об истине еще нет речи. Но истины нельзя достичь без правды. И русские художники — скажут истину, потому что рвутся понять правду. <...>

Меня же в последнее время очень интересует русская живопись, и случай столкнул со многими ее представителями. Спасибо Вам за них. Мне кажется и знаменательным, и важным то взаимное понимание и то сочувствие, какие вижу между художниками и естествоиспытателями. Тем и другим не хочется лгать, а хотя малую сказать — да правду, будь она и не торжест-

венна, и не вычурна, лишь бы постичь ее — а там пойдет» [11].

Статья «Перед картиною А.И.Куинджи» описывает то единодушно большое впечатление, которое произвел великий пейзаж «Ночь над Днепром». Но Менделеев не ограничивается этим, а задается вопросом: в чем причина такого единодушия, когда картиной восхищаются даже те, кто остался бы равнодушен при зрелище самой лунной ночи? И ответ на вопрос необычен. Он обращает внимание читателя на то, что в древности, включая эпоху Возрождения, пейзаж как жанр либо отсутствовал, либо играл весьма подчиненную роль. И художни-

ки, и мыслители вдохновлялись только человеком. А затем начали осознавать, что полноценно постичь человека вне его связи с природой нельзя. «Стали изучать природу, родилось естествознание, которого не знали ни древние века, ни эпоха Возрождения. <...> Единовременен — если не раньше — с этой переменной в строе родился пейзаж. <...> Как естествознанию принадлежит в близком будущем еще высшее развитие, так и пейзажной живописи — между предметами художества» [12].

История показала справедливость менделеевских предсказаний: в год опубликования статьи оставался год до опыта А.А.Майкельсона, через 15 лет были открыты рентгеновские лучи, спустя 16 — радиоактивность; И.И.Левитану было двадцать лет, во Франции тогда формировалась эстетика импрессионистов...

Большинство художников в окружении Менделеева относились к кругу передвижников. Есть сведения, что П.П.Чистяков отказался от участия в «средах», считая, что передвижники изменили принципам Академии художеств. С другой стороны, можно думать, что сам Дмитрий Иванович не без критики относился к свойственной передвижникам тенденции сделать главным в своем искусстве неперменное изображение страданий народа.

В 1893 г. И.И.Толстой стал вице-президентом Академии художеств и ее реальным руководителем (президент — великий князь Владимир Александрович был все же фигурой репрезентативной). Толстой поставил своей целью преодоление раскола, связанного с выходом из Академии за 30 лет до того ряда лучших художников, образовавших впоследствии Товарищество передвижных выставок. Он начал привлекать передвижников — начиная с Куинджи — к работе в Академии. В том же 1893 г. был утвержден разработанный Толстым Временный устав Академии

художеств, который действовал до 1918 г. Провозглашалось: «§1. Императорская Академия художеств утверждена для поддержания, развития и распространения искусства в России». И сегодня актуально звучит §5: «Академия художеств наблюдает, чтобы памятники искусств в Империи не были уничтожаемы, а равно обновляемы, без ведома и участия Академии». В §20 указывается: действительных членов Академии назначается 60 лиц, из них 45 — из художников всех отраслей, а 15 — «из лиц, не принадлежащих ни к какой художественной специальности, но известных своими познаниями в области искусства»*[13]. И в первом составе Академии после утверждения устава в числе этих пятнадцати был Менделеев [14]. 16 декабря 1893 г. он был утвержден в высшем звании — почетного члена Академии, а 7 марта 1894 г. — неперенным членом Совета Академии. Таким образом, через 130 лет после М.В.Ломоносова он стал вторым химиком — почетным членом Академии художеств.

Деятельность Менделеева в Академии протекала по нескольким направлениям. В первых, это консультации по запросам И.И.Толстого. В апреле 1894 г. Дмитрий Иванович консультирует по вопросу выбора материала для ремонта кровли на куполе Казанского собора в Санкт-Петербурге (советовал гальванопластическое никелирование); в мае 1895 г. рекомендует способы предотвратить выгорание бронзирования на карнизах и лепнине Большого Царскосельского дворца под влиянием воздуха и солнца.

Вопросы отечественного образования всегда волновали Менделеева; и проблема художественного образования, кото-

* Звание академика живописи (или академика скульптуры) не имело отношения к членству в Академии. Это звание означало удостоверение высокой квалификации. Для его получения необходимо было представить и защитить специальную работу.



Менделеев и Куинджи играют в шахматы. А.И.Менделеева наблюдает за игрой. 1904 г.

рое являлось, пожалуй, главной задачей Академии художеств, была ему близка. Он был членом Совета высших художественных училищ.

И еще одно: пропаганда русского искусства за рубежом. Менделеев участвовал в Англо-русском литературно-философском обществе, целью которого было знакомить англичан с русской культурой, искусством и наукой. По запросу этого общества в июне 1894 г. Менделеев выбирал зал в Лондоне для выставки русских художников-передвижников.

Необходимо учитывать, что вся эта многообразная деятельность осуществлялась им уже на седьмом десятке лет и что при этом Менделеев тащил гигантскую ношу организации в России современной метрологической службы. К тому же у Дмитрия Ивановича резко ухудшилось зрение. В 1903 — начале 1904 г. ему были сделаны операции по удалению катаракты. Менделеев был вынужден несколько сокращать интенсивность своей работы. В начале 1899 г. его по личной просьбе вывели из Совета Академии художеств, хотя в собраниях Ака-

демии он продолжал участвовать и в дальнейшем.

Подводя итог всей своей жизни, Менделеев вновь обращается к поистине заветной мысли: «Духовной стороне блага надобны истина, добро и красота. Искание их выразилось впервые всего в религиях, сложившихся — надо этого не забывать — в пору, далеко предшествующую современной сложности мировых отношений, а затем в науке и искусствах. Последние, по мне, стремятся путем образов и предчувствий, так сказать, полубессознательно, совершенно к тому же, что сознательно вырабатывается в науке» [15]. Ученый здесь берет верх над поклонником искусства, но жизнь и значительная часть творчества великого химика говорят о том, что вне искусства он себя не представлял.

Замечательное подтверждение этой мысли — кабинет Менделеева в его музее при Санкт-Петербургском университете. Это одновременно и кабинет ученого, и галерея портретов и картин. Стол, кресла, шкафы с книгами. А все стены увешаны картинами и портретами. Старинная гравюра: Иисус Христос.

Картины — и подаренные («На севере диком» И.И.Шишкина), и купленные (этюд А.А.Иванова), и та самая копия «Последнего дня Помпеи», с которой началось его знакомство с А.И.Поповой. И очень много других портретов — в основном копий, выполненных А.И.Менделеевой, а также фотографий. Портреты членов семьи занимают довольно скромное место. Больше всего портретов тех, кого хозяин кабинета почитал. Здесь и исто-

рические деятели (Петр I, Александр II, А.В.Суворов), и поэты, художники и композиторы (С.Рафаэль, Л.Бетховен, У.Шекспир, Данте, М.Глинка). Но больше всего портретов ученых, начиная от Н.Коперника, Г.Галилея, И.Ньютона (в молодости и в старости), А.Лавуазье, М.Фарадея и кончая современниками — российскими и иностранными.

И еще один факт, говорящий об особом характере взаимоотношений великого химика с ху-

дожниками. Ни один российский ученый не удостоивался при жизни такого внимания портретистов. Его портреты принадлежат кисти крупнейших отечественных художников, графиков, скульпторов. Их писали (не считая А.И.Менделеевой) И.Н.Крамской, И.Е.Репин, дважды Н.А.Ярошенко, рисовали М.А.Врубель и М.В.Рундальцев, гравировали М.В.Рундальцев и В.В.Матэ; ваял И.Я.Гинцбург [16]. ■

Литература

1. Утков В.Г. Дороги «Конька-горбунка». М., 1970. С.63—64.
2. Добротин Р.Б., Карпило Н.Г. Библиотека Д.И.Менделеева. Л., 1980.
3. Летопись жизни и деятельности Д.И.Менделеева. Л., 1984.
4. Черейский Л.А. Пушкин и его окружение. Л., 1975.
5. Макареня А.А., Нутрихин А.И. Менделеев в Петербурге. Л., 1982.
6. «Мне непонятно многое...» // Наше наследие. 2000. №52. С.89.
7. Менделеева А.И. Менделеев в жизни. М., 1928.
8. Репин И.Е. Далекое — близкое. Изд. 7-е. М., 1964.
9. Крамской И.Н. Письма, статьи. Т.2. М., 1966.
10. Трирогова-Менделеева О.Д. Менделеев и его семья. М., 1947.
11. И.Е. Репин и В.В.Стасов. Переписка. Т.2. М., 1949.
12. Менделеев Д.И. Перед картиною А.И.Куинджи // Соч. Т.24. Л.; М., 1954.
13. Временный устав Императорской Академии художеств, высочайше утвержденный в 15 день октября 1893 г. СПб, 1893.
14. Кондаков С.Н. Юбилейный справочник Императорской академии художеств. 1764—1914. СПб, 1914.
15. Менделеев Д.И. Заветные мысли. М., 1995.
16. Д.И.Менделеев. 1834—1907. Художественный альбом. Л., 1984.

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:
С.В.ЧУДОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры:
В.А.ЕРМОЛАЕВА
Е.А.ПИМЕНОВА

Графика, верстка:
А.В.АЛЕКСАНДРОВА

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

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

Адрес редакции: 119049,
Москва, Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-24-56
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 15.01.2007
Формат 60×88 1/8
Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 2084
Набрано и сверстано в редакции

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