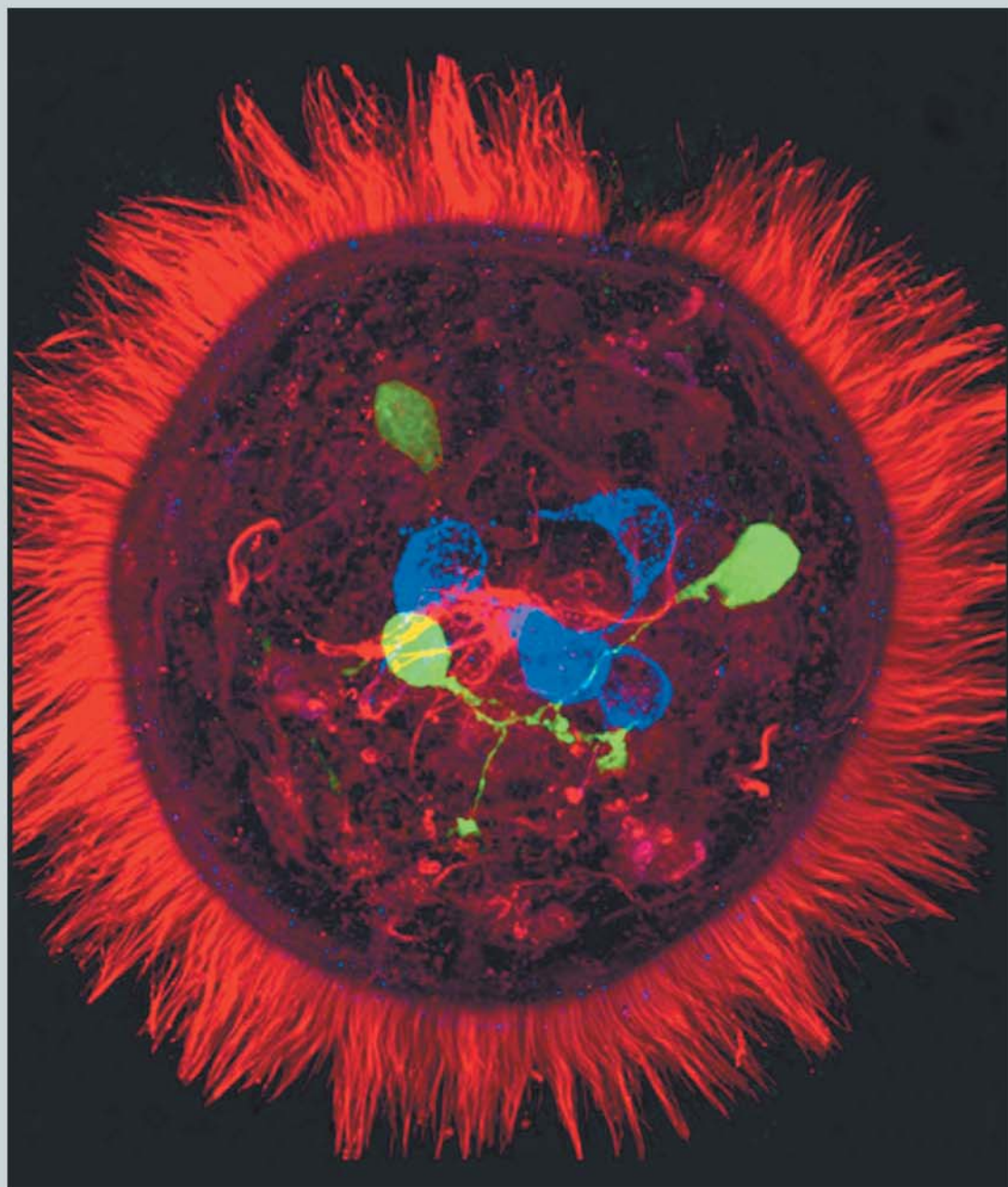


ПРИРОДА

2 08



В НОМЕРЕ:**3****Результаты конкурса научно-популярных статей****5****Полянин А.Д., Журов А.И.****Электронные публикации и научные ресурсы Интернета**

Интернет — огромный информационный ресурс, без которого работа ученых в настоящее время становится малоэффективной. Что нужно сделать для развития электронных ресурсов России и расширения доступа к научным материалам?

14**Воронежская Е.Е., Незлин Л.П., Хабарова М.Ю.****Что говорят улитки своим личинкам**

В жизненном цикле большинства водных беспозвоночных есть стадия личинки, которая, претерпев метаморфоз, становится молодым организмом. Считалось, что взрослые животные не могут регулировать прохождение своими потомками личиночной фазы. Но оказалось, что это не так.

23**Сидоренков Н.С.****Лунно-солнечные приливы и атмосферные процессы**

За последнее десятилетие число ураганов, наводнений, засух, лесных пожаров, экстремальных температур увеличилось более чем вдвое. Обычно это объясняют глобальным потеплением. Но, оказывается, здесь есть и доля вины лунно-солнечных приливов.

32**Хомяков А.П.****История открытия сидоренкита**

К 90-летию со дня рождения академика А.В.Сидоренко

Сидоренкит — редчайший карбонатфосфат, встречающийся практически только в породах Хибино-Ловозерского комплекса на Кольском п-ове, — назван в честь выдающегося советского геолога А.В.Сидоренко, который основал Кольский филиал АН СССР.

37**Кречмар А.В.****Белый ястреб****44****Калейдоскоп**

Растет загрязняющая роль морского транспорта (44). Новозеландское судно «Тангароа» работает в Антарктиде (59). Морские планеры (59). Вирусы в водной среде (59). Латунь и золото пенились одинаково (70). Вулканическая сера и климат Земли (70). Искусственное осеменение животных (79). В борьбе с браконьерами помогут генетики (79).

45**Чичагов В.П.****Сахара внедряется в Атлас****54****Гавриленко Г.М., Мельников Д.В.****Пятнадцать лет из жизни вулкана Мутновского****60****Саватюгин Л.М., Преображенская М.А.****Полвека антарктической станции Восток****Заметки и наблюдения****71****Мурзин Ю.А.****Наледи в бассейне реки Адычи****74****Голубовский М.Д.****Загадка семьи Дарвина: генетический аспект****80****Новости науки**

Началась экспедиция к астероидам (80). Таинственная радиовспышка (80). Планетная пыль в звездных атмосферах. **Вибе Д.З.** (81). Структура твердого водорода (82). «Бозонный клей» высокотемпературным сверхпроводникам не нужен (82). Лампа накаливания на углеродных нанотрубках (83). Серийное производство наноподшипников (83). Углеродная нанотрубка как химический реактор (84). Химический сенсор на основе углеродных нанотрубок (84). Открытия российских геологов в Атлантике. **Бельтнев В.Е.** (84). Хребет Книповича продолжает расти (85). Научная добавка к Премии мира. **Зубрева М.Ю.** (86). Петроглифы Канозера. **Колпаков Е.М.** (87).

Коротко (36)

Рецензии**89****Тоточава А.Г.****Золотой век астрономии****92****Новые книги****В конце номера****94****Кузьмин А.В.****Звездная слава английских монархов**

CONTENTS:

- 3** **Results of Popular Scientific Papers Contest**

- 5** **Polyanin A.D., Zhurov A.I.**
Electronic Publications and Scientific Resources of Internet

Internet is a vast informational resource, without which work of a scientist today became ineffective. What should be done for development of Russian Internet resources and broadening access to scientific information?

- 14** **Voronezhskaya E.E., Nezhlin L.P., Khabarova M.Yu.**
What Snails Tell to Their Larvae

In life cycle of the most aquatic invertebrates there is a larva stage. After metamorphosis this larva becomes a young animal. It was accepted that adult animals can not regulate development of their offspring at larva stage. But turned out that it is not so.

- 23** **Sidorenkov N.S.**
Luni-Solar Tides and Atmospheric Processes

During last decade the number of hurricanes floods, droughts, forest fires and temperature extremes rose more than twice. Usually this is explained by global warming. But it turned out that this can be partially blamed on to luni-solar tides.

- 32** **Khomyakov A.P.**
History of Discovery of Sidorenkite To 90th Anniversary of Academician A.V.Sidorenko

Sidorenkite, a very rare carbonophosphate occurring practically only in rocks of Khibino-Lovozersky complex at Kola peninsula, is named after distinguished Soviet geologist A.V.Sidorenko, who founded the Kola branch of Academy of Science of USSR.

- 37** **Krechmar A.V.**
White Hawk

- 44** **Kaleidoscope**

Pollution from Sea Transport (44). New Zealand Ship «Tangaroa» in Antarctic (59). Sea Gliders (59). Viruses in Aquatic Environment (59). Brass and Gold Were Equally Valued (70). Volcanic Sulfur and the Earth Climate (70). Artificial Insemination of Animals (79). Geneticists Will Help to Struggle against Poachers (79).

- 45** **Chichagov V.P.**
Sahara Intrudes into Atlas Mountains

- 54** **Gavrilenko G.M., Melnikov D.V.**
Fifteen Years from the Life of Mutnovski Volcano

- 60** **Savatyugin L.M., Preobrazhenskaya M.A.**
Half a Century of Antarctic Station «Vostok»

Notes and Observations

- 71** **Murzin Yu.A.**
Frazils in Adycha River Basin

- 74** **Golubovsky M.D.**
A Riddle of Darwin Family: A Genetic Aspect

- 80** **Science News**

Mission to Asteroids Began (80). Mysterious Radioburst (80). Planetary Dust in Stellar Atmospheres. **Wiebe D.Z.** (81). Structure of Solid Hydrogen (82). «Boson Glue» Is Not Needed to High Temperature Superconductors (82). Incandescent Lamp Using Carbon Nanotubes (83). Serial Production of Nanobearings (83). Carbon Nanotube as Chemical Reactor (84). Chemical Sensor Based on Carbon Nanotubes (84). Discoveries of Russian Geologists in Atlantics. **Belte-nev V.E.** (84). Knipovitch Ridge Continue to Growth (85). Scientific Addition to the Peace Prize. **Zubreva M.Yu.** (86). Petroglyphs of Kanozero. **Kolpakov E.M.** (87). In Brief (36)

Books Review

- 89** **Totochava A.G.**
Golden Age of Astronomy

- 92** **New Books**

In the End of the Ussue

- 94** **Kuzmin A.V.**
Stellar Glory of British Monarchs

Результаты конкурса научно-популярных статей



Подведены итоги очередного конкурса научно-популярных статей, который ежегодно проводит Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ) среди держателей грантов. В этом году присуждено 39 премий. Вот список победителей.

МАТЕМАТИКА, МЕХАНИКА, ИНФОРМАТИКА

Демьянов Ю.А., Малашин А.А. Новые и неожиданные явления в звучании струнных музыкальных инструментов (Московский государственный университет леса);

Егоров А.И. Особые решения дифференциальных уравнений (Московский физико-технический институт);

Овчинников М.Ю. «Малыши» завоевывают мир (Институт прикладной математики им.М.В.Келдыша РАН).

ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ

Бескин В.С. Центральная машина в компактных астрофизических источниках (Физический институт им.П.Н.Лебедева РАН);

Железняков В.В., Деришев Е.В., Корягин С.А., Кочаровский В.В. Релятивистские джеты в астрофизике (Институт прикладной физики РАН);

Розанов Н.Н. Мир лазерных солитонов (Государственный оптический институт им.С.И.Вавилова);

Фридман А.М., Снежкин Е.Н., Торгашин Ю.М. Гидродинамические неустойчивости и генерируемые ими спиральные и вихревые структуры (Институт астрономии РАН);

Чернин А.Д. Исследование темной материи и темной энергии в ближней Вселенной с помощью Хаббловского космического телескопа (Государственный астрономический институт им.П.К.Штернберга МГУ).

ХИМИЯ

Леменовский Д.А., Зайцева Г.С., Карлов С.С. Атраны — молекулярные бутоны (химический факультет Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова);

Федоров В.Е., Миронов Ю.В., Наумов Н.Г. Металлокластерные халькоцианиды рения — новые строительные блоки в дизайне координационных полимеров (Институт неорганической химии им.А.В.Николаева СО РАН).

БИОЛОГИЯ И МЕДИЦИНСКАЯ НАУКА

Баклушинская И.Ю., Ляпунова Е.А. Слепушонки — исключение из многих правил (Институт биологии развития им.Н.К.Кольцова РАН);

Володин И.А., Володина Е.В., Матросова В.А. Дети, подражающие взрослым: вокальная мимикрия у сусликов (биологический факультет Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова, Московский государственный зоологический парк);

Захаров-Гезехус И.А., Ившин Н.В., Шайкевич Е.В. ДНК-штрихкод жизни и определение видов бабочек (Институт общей генетики им.Н.И.Вавилова РАН);
Курочкин Е.Н. Гадрозавры на Амуре (Палеонтологический институт РАН);
Лихтенштейн А.В. Рак как санитар популяции (Российский онкологический научный центр им.Н.Н.Блохина);
Незлин Л.П., Воронежская Е.Е., Хабарова М.Ю. Химическая сигнализация «взрослый—зародыш» у водных беспозвоночных — новый механизм реализации адаптивных программ индивидуального развития (Институт биологии развития им.Н.К.Кольцова РАН);
Суров А.В., Феоктистова Н.Ю. История частной жизни мохноногих хомячков (Институт проблем экологии и эволюции им.А.Н.Северцова РАН).

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Авсюк Ю.Н., Суворова И.И. Процесс изменения широт и его связь с вынужденными перемещениями внутреннего твердого ядра (Институт физики Земли им.О.Ю.Шмидта РАН);
Берлянт А.М. Глобусы — второе рождение (географический факультет Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова);
Лисицына Л.В., Еланский Н.Ф. Природные пестициды (Институт физики атмосферы им.А.М.Обухова РАН);
Расцветаева Р.К. Куда крыша поехала? (минералогическая сказка) (Институт кристаллографии им.А.В.Шубникова РАН);
Репина И.А. Ветер, ветер на всем Божьем свете... О природе местных кататических ветров (Институт физики атмосферы им.А.М.Обухова РАН);
Рянжин С.В., Карлин Л.Н., Кочков Н.В. Что означают полосы пены на поверхности водоемов? (Институт озераведения РАН);
Сенников А.Г. Читая следы сегнозавров (Палеонтологический институт РАН);
Чигагов В.П. О роли антропогенной деятельности в создании песчаной пустыни (Институт географии РАН).

НАУКИ О ЧЕЛОВЕКЕ И ОБЩЕСТВЕ

Кравченко С.А. Тенденции современной нелинейной социальной и культурной динамики: играционный подход (Московский государственный институт международных отношений);
Петренко В.Ф., Кучеренко В.В. Динамика измененных состояний сознания: психосемантический анализ (факультет психологии Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова);
Покровский Н.Е. Сельские регионы российского Севера: что в будущем? (Сообщество профессиональных социологов);
Рязанцев С.В. Эмиграция детей из России через международное усыновление: масштабы, причины и последствия (Институт социально-политических исследований РАН);
Соколов К.Б., Осокин Ю.В. Глобализация культуры — стандартизация или взаимное обогащение? (Государственный институт искусствознания);
Хрусталева Е.Ю. Социально-экономические аспекты военной безопасности России (Центральный экономико-математический институт РАН);
Черных Е.Н. Степной «пояс» евразийских скотоводческих культур: у истоков формирования (Институт археологии РАН);
Шорбан Е.А. Экспедиция в неизвестную Россию (последние находки «Свода памятников архитектуры» в Калужской области) (Государственный институт искусствознания);
Юревич А.В. Поп-психология (Институт психологии РАН).

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Вольфенгаген В.Э. Комбинаторы: объекты, помогающие понять строение компьютеринга (Институт актуального образования «ЮрИнфоР-МГУ»);
Горбунов-Посадов М.М. Интернет-активность как обязанность ученого (Институт прикладной математики им.М.В.Келдыша РАН).

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНЫХ НАУК

Евстигнеева Г.А., Заславский Ю.И. История ракетостроения и космонавтики в документах и научных публикациях (Государственная публичная научно-техническая библиотека России);
Толбанова Л.О., Ильин А.П., Коршунов А.В. Наноалюминий — будущее водородной энергетики (Томский политехнический университет);
Циркин А.В., Смирнов М.Ю., Табаков В.П. Соединяя противоположности (Ульяновский государственный технический университет).

Электронные публикации и научные ресурсы Интернета

А.Д.Полянин, А.И.Журов

Международная компьютерная сеть Интернет является огромным информационным ресурсом, без которого работа ученых, инженеров и студентов в настоящее время становится малоэффективной. Интернет позволяет вести научную переписку в электронном виде, а также оперативно публиковать результаты исследований и эффективно осуществлять поиск необходимых материалов, тем самым активно вытесняя общепринятые бумажные носители (книги, журналы и др.) в качестве основного источника информации.

Интернет — виртуальное образование, которое никому не принадлежит, поскольку является объединением огромного числа независимых глобальных и корпоративных сетей. Интернет не имеет ни политических, ни территориальных границ. Он делает информацию доступной вне зависимости от того, где вы находитесь, живете, какова ваша национальность и каких взглядов вы придерживаетесь.

Из истории развития печатных научных публикаций

Первые печатные научные журналы начали появляться во второй половине XVII в., спустя



Андрей Дмитриевич Полянин, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института проблем механики РАН. Автор более 30 книг в разных областях математики, механики и химической технологии, опубликованных на русском, английском, немецком и болгарском языках. Лауреат премии им.С.А.Чаплыгина (1991).



Алексей Иванович Журов, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Института проблем механики РАН. Автор двух книг и более 40 научных статей в области математической физики, теории теплопереноса, химической гидродинамики и биомеханики.

200 лет после изобретения печатного станка. Журналы позволили вести хронологию развития науки и изобретательской деятельности. В то время технология книгопечатания казалась такой же прогрессивной и полезной, какой представляется сейчас электронная технология.

Постепенно журнальные статьи стали теснить книги как основной способ представления учеными результатов исследований и открытий. Несколько столетий стоимость журналов покрывалась за счет индивидуальных подписок, оплаты собственных публикаций авторами, кто хотел напечатать свои работы, и отчасти самих изда-

тельств, которые использовали доход от более популярных журналов с большими тиражами для покрытия расходов по узкоспециальным и малотиражным изданиям.

В середине прошлого столетия расходы по изданию журнальной продукции покрывались в основном за счет библиотечных подписок. По мере того как увеличивалось количество журналов и цены на них росли, библиотеки были вынуждены выделять на их комплектование все большую часть своего бюджета (за счет уменьшения доли бюджета, расходуемого на покупку книг).

В 1960-е и 1970-е годы библиотекам еще удавалось находить средства на оплату этих непрерывно возрастающих расходов, но затем их бюджета просто перестало хватать [1]. В итоге библиотеки начали отказываться от подписки на малоспрашиваемые названия и стали более разборчивыми в выборе новых журналов. Но цены продолжали расти, и многим библиотекам пришлось принять программы по сокращению комплектования периодических изданий. Чтобы компенсировать это сокращение, издательства подняли цены еще выше. Это привело к очередному витку роста цен на журнальную продукцию и новому кругу сокращения подписок.

На первой конференции североамериканской профессиональной группы по периодике (North American Serials Interest Group), состоявшейся в 1986 г., звучали слова горечи и возмущения в адрес издательств, прежде всего тех, кто особенно наживается на преступно высоко поднятии цен на журналы и книги.

К сожалению, в настоящее время высокие цены на англоязычные научные журналы* и книги и малый (и постоянно сокращающийся) бюджет библиотек институтов Российской академии наук и большинства российских вузов не позволяют им выписывать иностранные журналы и книги. Более того, библиотеки академических институтов могут подписаться лишь на весьма небольшое количество российских журналов.

Издание научной литературы в России убыточно**, монографий издается мало. В результате современной научной литературы выпускается недостаточно, а уже имеющаяся в библиотеках постепенно изнашивается и теряется.

* Стоимость годовой подписки на англоязычные научные журналы обычно составляет не меньше 500 долл. США. Например, подписка на 2008 г. на журналы «Journal of Computational and Applied Mathematics» (Elsevier), «Applied Physics A» (Springer) и «Journal of Fluid Mechanics» (Cambridge Univ. Press) для библиотеки стоит соответственно 4727, 4989 и 3200 долл. Стоимость англоязычных монографий обычно составляет 80–200 долл. и нередко бывает и выше.

** Единственной доходной частью научной издательской деятельности является перевод журналов РАН (и некоторых других) на английский язык с последующим распространением по подписке за рубежом. Именно это обстоятельство, в первую очередь, позволяет сейчас сохранить финансирование оригинальных версий этих журналов на русском языке.

Электронные публикации в Интернете

В связи со стремительным развитием сети Интернет появляется все больше электронных научных публикаций, доступ к которым осуществляется бесплатно для конечных пользователей. Многочисленных издателей таких публикаций относят к движению Open Access — «Свободный доступ», в рамках которого выделяют два основных направления [2, 3].

Первое направление объединяет сторонников «самоархивирования», которые поддерживают усилия исследователей по публикации своих собственных работ в свободном доступе в Интернете (что не исключает параллельную публикацию их в традиционных изданиях). Обычно необходимые средства для этого выделяют организации, в которых работают ученые, либо организации, выдающие гранты. Самый известный и наиболее объемный (более 430 тыс. статей) архив таких публикаций arxiv.org*** — автоматический электронный архив статей и препринтов по физике, математике, биологии и др.

Второе направление развивает альтернативные модели издания научных публикаций, прежде всего журналов и материалов конференций, в рамках которых все затраты несет издатель, а для конечного пользователя доступ к публикациям осуществляется бесплатно. Для финансирования этих моделей также привлекаются грантовые средства и средства научных организаций. Наиболее известные инициативы этого направления — Open Access — программы института «Открытое общество» (www.soros.org/openaccess) и Public Library of Science (www.plos.org). В настоящее время существует около 3 тыс. научных журналов, работающих на принципах открытого доступа (в том числе около 160 по математике и физике), что составляет более 10% всех рецензируемых научных журналов, выходящих во всем мире****. Эти журналы перечислены на сайте Directory of Open Access Journals (www.doaj.org), около четверти из них проиндексированы на уровне статей. По данным за 2005 г. 239 журналов открытого доступа были включены в список из 9 тыс. тщательно отобранных журналов, составляющих базу анализа цитирования и импакт-факторов журналов в ISI Web of Science [2].

По оценкам участников проекта OCLC «Web Characterization Project», общедоступные сайты составляют примерно 35%, при этом основная часть электронных научных публикаций (более 90%) сосредоточена вне общедоступного веба. Уже сейчас с помощью Интернета можно бесплатно получить практически любую информацию по всем дисциплинам.

*** Здесь и далее мы опускаем префикс «<http://>» в электронном адресе, т.е., например, запись «arxiv.org» будет означать «<http://arxiv.org>».

**** За последние два года общее количество электронных журналов увеличилось почти в два раза.

линам, которые изучаются в базовых курсах университетов и вузов, и много полезной научной информации в развивающихся и новых областях.

Из истории движения Open Access

Ниже перечислены основные вехи в истории движения Open Access [2, 3]:

1991 — создание архива препринтов работ по физике (Open Archives — Открытые архивы).

1993 — обращение Стивена Харнада в листе рассылок по теме «Электронные журналы», призывающее ученых создавать архивы своих публикаций и размещать их в Интернете.

1998 — основание SPARC (Scholarly Publishing and Academic Resources Coalition), ставящей своей целью учреждение новых журналов, авторитетных и недорогих.

2003 — ряд авторитетных журналов признал открытый доступ к результатам научных исследований одним из 5 важных научных событий 2003 г. (Nature и The Scientist), одним из 10 самых громких событий года (The Wall Street Journal) [4].

2004 — Комитет Палаты Представителей США принял решение об обязательной публикации результатов всех научных работ биомедицинской тематики, которые выполнены при финансовой поддержке Национального института здравоохранения, на сервере PubMedCentral (www.pubmedcentral.nih.gov) не позднее шести месяцев после их публикации в научной периодике.

2004 — Комитет по науке и технике британского Парламента рекомендовал правительству страны обязать участников всех исследований, выполненных за счет государственного финансирования, публиковать их результаты в свободном доступе в Интернете.

2006 — 5 крупных научных фондов Великобритании обязали публиковать в открытых архивах результаты работ, выполненных при поддержке этих фондов.

2006 — Григорий Перельман номинировался* на Филдсовскую премию (самая престижная премия по математике для ученых до 40 лет — аналог Нобелевской премии) за две электронные статьи в архиве arXiv.org, которые не были опубликованы в «бумажных журналах». Таким образом математическое сообщество приравнивало по значимости электронные и бумажные публикации.

Публикации в открытом доступе увеличивают их цитирование

Важную роль в пропаганде открытого доступа сыграли проведенные его сторонниками исследо-

вания влияния предоставления публикаций в открытый доступ на индекс цитирования этих публикаций. Результаты этих исследований представлены на сайте CiteSeer (citeseer.ist.psu.edu). На примере анализа цитирования около 120 тыс. докладов, сделанных на конференциях по прикладной математике и информатике, было показано, что в последние годы доклады, выложенные в открытый доступ, цитировались в других публикациях в несколько раз чаще, чем доклады, доступ к которым предоставлялся за плату [3].

Специальное исследование [5] привело к важным выводам:

1) с каждым годом все больше цитируются электронные статьи, открытые для бесплатного доступа;

2) среднее число библиографических ссылок на печатную статью — 2.74; среднее число ссылок на бесплатную электронную — 7.3 или в 2.6 раза больше, чем на печатную;

3) если усреднить процентное соотношение печатных и бесплатных электронных статей по годам на интервале 1989—2000 гг., то окажется, что электронные статьи цитируются в 4.5 раза чаще печатных, и это соотношение быстро возрастает.

Объяснение очевидно: с каждым годом ученые проводят все меньше времени в библиотеках и все больше черпают информацию из Интернета. В этих условиях каждый ученый должен понять, что для признания его идей, гипотез, научных результатов и адекватной их цитируемости мировым научным сообществом, недостаточно печатных публикаций и публичных выступлений — нужно позаботиться о том, чтобы представить их в Интернете, привлечь к ним внимание и заинтересовать предельно широкую целевую аудиторию [6].

Основные тенденции, связанные с быстрым развитием Интернета

1. Многие исследователи, включая ученых с мировым именем, входящих в редколлегии известных журналов, наряду с обычными публикациями в бумажной форме параллельно выкладывают свои работы в электронном виде в Интернете**. Это объясняется рядом причин, перечисленных ниже.

• Электронные публикации появляются очень быстро — практически сразу же с момента размещения публикации в Интернете (и индексируются крупными поисковиками при размещении на хорошо посещаемых сайтах через одну-две недели), что особенно важно для приоритетных работ. Статьи в журналах обычно выходят не раньше, чем через шесть месяцев после того, как они приняты, а часто этот процесс занимает более года.

* Григорий Перельман — единственный ученый, который отказался получать эту премию.

** В первую очередь это относится к западным ученым.

- Охватывается широкий круг читателей из многих стран мира, если электронные публикации размещены на известных и хорошо посещаемых сайтах. Статьи в бумажных научных журналах, обычно имеющих тираж в несколько сотен экземпляров, читаются существенно меньше.

- Размещение в Интернете электронных версий статей может значительно увеличить их цитируемость.

- Публикации в Интернете «страхуют» ученых от недобросовестных рецензентов. Известны случаи, когда статья отклоняется или задерживается, а позже похожие результаты появляются в работах других авторов. Такое бывает даже с книгами.

- Электронные публикации со временем могут дополняться новым материалом, расширяться и редактироваться (и поэтому не столь быстро устаревают как публикации в обычных журналах).

2. В западной научной литературе (как в журналах, так и в книгах) довольно часто встречаются ссылки на электронные публикации и веб-сайты. Для крупных российских журналов (особенно академических) это скорее исключение, чем практика. Для иллюстрации цитирования электронных ресурсов в научной литературе широкого профиля приведем несколько ярких примеров.

- Самая крупная энциклопедия по математике на английском языке [7] содержит более 3 тыс. страниц. На каждой третьей — четвертой странице этой книги даются ссылки на электронные материалы.

- В справочниках по математике [8, 9] электронным математическим источникам посвящены целые разделы, где дается их краткое описание и адреса в Интернете.

Ссылки на открытые электронные источники очень удобно использовать. Единственным ограничением при этом является наличие компьютера с доступом в Интернет. Подавляющее большинство научных работников сейчас такими возможностями обладают. Использование книг и журналов на бумажных носителях имеет гораздо больше ограничений.

3. Многие журналы (в основном англоязычные) в настоящее время имеют две версии: бумажную и электронную. Эти версии могут иметь разную подписку, причем электронная версия стоит дешевле. Иногда электронные версии журнальных статей выставляются в Интернете существенно раньше, чем появляется бумажная версия журнала (такой политики, например, придерживается журнал «Applied Mathematical Modelling»).

4. Основные достоинства электронных публикаций: максимально быстро становятся доступными для читателей, нет ограничений по объему текста, низкая стоимость (на один — два порядка дешевле бумажных публикаций), наглядность (можно использовать цветовые выделения, анимации, «живые» ссылки на источники внутри ста-

ти и внешние источники, размещенные в Интернете, возможность звукового сопровождения и др.), возможность увеличения масштаба текста и иллюстраций (особенно это важно для людей со слабым зрением), максимально широкий охват потенциальных читателей, непосредственный доступ с рабочего места пользователя (нет потерь времени, связанных с посещением библиотек), привычная форма подачи материала для молодежи, которая с детства привыкла к компьютеру, и части среднего поколения. Более подробно эти и некоторые другие вопросы освещаются в статьях [10, 11].

5. Многие учебные курсы (за рубежом и в России) частично или полностью переводятся в интернет-форму. Это обусловлено большей доступностью и материалов, размещенных в Интернете, а также возможностью диалога с обучающей программой или преподавателем. Особенно важно это для заочного обучения студентов вузов и школьников в заочных физико-математических школах.

6. Переход от бумажных носителей к электронным положительно влияет на решение экологических проблем и природоохранных вопросов, поскольку производство бумаги требует значительного количества лесных ресурсов и обычно включает экологически опасные технологии.

7. Использование электронных публикаций позволяет эффективно решить основные проблемы библиотек, связанные с сохранностью и порчей книг и журналов, поиском необходимой информации и свободных площадей. Мощность современных настольных компьютеров позволяет разместить в их памяти небольшую библиотеку, содержащую 20 тыс. и более электронных книг и статей. Компьютеризация библиотек дает возможность автоматизировать поиск информации в каталогах и позволяет одновременно работать над одним документом сразу несколькими читателями.

8. По утверждению ряда экспертов, в ближайшие 10—20 лет многие журналы полностью «перейдут» из бумажной формы в «электронную». В бумажной форме сохраняются только известные журналы, имеющие большую подписку. Сказанное позволяет сделать следующие выводы относительно обычных журналов:

Надо максимально поддерживать уже существующие российские научные журналы и очень осторожно относиться к проектам открытия новых «бумажных» журналов (по оценке западных специалистов для «раскрутки» журнала требуется пять — семь лет и большие затраты).

Надо максимально расширить тематику узкоспециализированных научных журналов за счет включения статей из смежных областей. Это позволит расширить круг потенциальных авторов и читателей журнала и приведет к увеличению подписки.

Отношение издательств к электронным публикациям

Движение за открытый доступ к научным публикациям в Интернете сталкивается с мощным противодействием крупных издательств, которые пытаются контролировать рынок научной литературы. Крайним выражением этого противодействия явилось включение в договоры ряда издательств, заключаемые с авторами публикаций, условий, запрещающих авторам размещение этих публикаций в свободный доступ в Интернете. Очевидно, что подобная политика сдерживает распространение научной информации и наносит вред научному сообществу.

Проект SHERPA — RoMEO (www.sherpa.ac.uk/romeo.php) отслеживает политику издательств по отношению к «архивированию» статей. Информация о политике издателя помогает решить две задачи: для авторов — узнать о возможности размещения собственных статей в Интернете, а для потенциальных читателей — узнать о целесообразности обращения к автору с просьбой прислать полный текст его работы. Во многих случаях автору разрешается размещать в Интернете электронную версию своей статьи, сделанную им лично (с полными выходными данными, где эта статья опубликована), но он не может размещать PDF-файл своей статьи, который сделан издательством*. Ниже в таблице в качестве примеров приведены соответствующие данные по четырем издательствам. Отметим, что условия предоставления статей в открытый доступ иногда могут различаться для отдельных журналов одного издательства.

В России сложилась парадоксальная ситуация: сейчас статьи в академических журналах на русском языке недоступны в Интернете (аннотации статей из математических журналов можно найти на сайте www.mathnet.ru Математического института им. В.А. Стеклова РАН), а многие из этих же статей на английском языке доступны в академических институтах (например, статьи, которые распространяет издательство «Springer»).

* Такое положение типично для российских академических журналов, которые издаются на русском языке издательством МАИК «Наука/Interperiodica» и на английском языке — компанией «Pleiades Publishing».

Юридический статус электронных журналов

В Постановлении Правительства РФ от 20 апреля 2006 г. №227 «О внесении изменений в Постановление Правительства РФ от 30 января 2002 г. №74» в п.11 говорится: «Основные научные результаты докторской диссертации должны быть опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях. Результаты кандидатской диссертации должны быть опубликованы хотя бы в одном ведущем рецензируемом журнале или издании. Перечень указанных журналов и изданий определяется Высшей аттестационной комиссией. К опубликованным работам, отражающим основные научные результаты диссертации, приравниваются дипломы на открытия и авторские свидетельства на изобретения... базы данных... публикации в *электронных научных изданиях*, зарегистрированных в федеральном государственном унитарном предприятии Научно-технический центр «Информрегистр»...» (полный текст постановления можно найти на странице vak.ed.gov.ru/news/depart/335).

В конце 2006 г. ВАК исключил научные электронные журналы из списка ведущих рецензируемых журналов (vak.ed.gov.ru/files/materials/516/per3.doc), в которых соискатели обязаны опубликовать свои основные результаты (отметим, что ранее некоторые электронные журналы входили в список ведущих рецензируемых). Таким образом сейчас в России юридический статус электронных журналов и обычных, которые не содержатся в списке ВАК, одинаков.

Крупнейшие физико-математические ресурсы Интернета

ArXiv

Электронный ресурс arXiv (arxiv.org) является крупнейшим бесплатным архивом электронных научных публикаций по всевозможным разделам физики, математики, информатики, астрономии и биологии. Имеется подробный тематический каталог и возможность поиска статей по множеству критериев. На конец сентября 2007 г. в нем

Возможность предоставления авторами своей статьи в свободный доступ

Издательство	Оригинальный вариант статьи	Рецензированный и исправленный вариант	Финальный вариант издательства
МАИК «Наука» (англоязычные версии статей)	Разрешено	На личной странице, сайте работодателя; обязательна ссылка на издательство	Запрещено
Elsevier	Разрешено	Разрешено	Запрещено
Springer	Разрешено	На личной странице, сайте работодателя; обязательна ссылка на издательство	Запрещено
Taylor & Francis	Разрешено	Через 12 месяцев после выхода статьи в журнале	Запрещено

содержалось более 440 тыс. публикаций и ежемесячно добавляется по несколько тысяч статей.

После предварительной регистрации, авторы могут представлять свои статьи в архив. Публикация материалов происходит очень быстро — как правило, через несколько часов после подачи. По желанию авторы могут обновлять свои статьи, предоставляя исправленную и дополненную версию, а также имеют право удалять свои публикации.

Архив был создан в 1991 г. в Лос-Аламосской национальной лаборатории (США), а в настоящее время является частью библиотеки Корнеллского университета. Существует несколько десятков автономно действующих копий архива во многих странах мира, в том числе в России (ru.archiv.org).

Среди электронных публикаций, размещенных в arXiv, содержится немало обзоров и статей, которые параллельно поданы в традиционные журналы. Это дает возможность заинтересованным лицам знакомиться с некоторыми статьями, которые журналы не выставляют в открытый доступ.

Wikipedia

Wikipedia (wikipedia.org) — крупнейшая бесплатная электронная энциклопедия, содержащая более 5.3 млн статей (на сентябрь 2007 г.) на более чем 100 языках по всевозможным областям человеческого знания. Ежедневно ее посещают сотни тысяч пользователей со всего мира. Русское название энциклопедии — Википедия.

Особенностью Википедии является то, что любой посетитель может написать или отредактировать любую статью и все изменения сразу же становятся видны другим посетителям. Эти изменения автоматически протоколируются и доступны для просмотра. Контроль за вносимыми изменениями осуществляют редакторы. С одной стороны такой подход позволяет Википедии очень быстро развиваться, но с другой стороны не все представленные материалы можно считать полностью достоверными.

В Википедии хорошо организована система поиска информации. Имеются форумы, состоящие из множества разделов. Существует русская версия энциклопедии (ru.wikipedia.org), в которой представлено уже более 200 тыс. статей. Имеется специальный раздел, посвященный математике (en.wikipedia.org/wiki/Portal:Mathematics — на английском языке, ru.wikipedia.org/wiki/Portal:Математика — на русском).

Википедия появилась в январе 2001 г. и сначала содержала всего несколько статей на английском языке. Менее чем через месяц был пройден рубеж в 1000 статей, а к концу года — 20 тыс. статей. В настоящее время Википедия является одним из самых популярных и посещаемых электронных ресурсов в мире и уступает только наиболее известным поисковым системам, таким как Google.

MathWorld

Веб-сайт MathWorld (mathworld.wolfram.com) — это наиболее полный энциклопедический ресурс по математике (рис. 1), созданный и поддерживаемый Э.Вайсштейном в сотрудничестве с компанией «Wolfram Research», разработавшей известную систему компьютерной алгебры Mathematica.

MathWorld содержит около 13 тыс. статей по различным понятиям и разделам математики, включая теорию чисел, алгебру, геометрию, анализ, топологию, теорию вероятности, статистику и др. Имеется подробный предметный указатель и поисковая система.

MathWorld берет свое начало с 1995 г. и продолжает развиваться и поддерживаться. На его основе написана крупнейшая на сегодняшний день математическая энциклопедия на английском языке — «CRC Concise Encyclopedia of Mathematics» [7].

Некоторые другие полезные ресурсы

Существует большое количество других полезных физико-математических ресурсов. Кратко перечислим некоторые из них.



Рис.1. Электронный энциклопедический ресурс по математике MathWorld.

PlanetMath (planetmath.org) — быстроразвивающийся бесплатный математический ресурс. Содержит разделы: «Энциклопедия», «Статьи», «Книги», «Форумы» и др. Организован по принципу: «сами пользователи пишут, проверяют и редактируют материалы».

ScienceWorld (scienceworld.wolfram.com) — популярный ресурс, посвященный различным разделам физики (около 3 тыс. веб-страниц), химии (около 500 страниц) и астрономии (около 600 страниц). Содержит более 1000 биографий известных ученых.

Physics.org (physics.org) — сайт, поддерживаемый Институтом физики (Institute of Physics, UK). Имеет большую базу данных о физических сайтах, содержит полезную образовательную информацию по физике и др.

The Math Forum (mathforum.org) — образовательный ресурс по математике, предназначенный для преподавателей, студентов и школьников. Его библиотека (mathforum.org/library) содержит описание большого числа математических сайтов. Имеется возможность задавать вопросы.

S.O.S. Mathematics (www.sosmath.com) — популярный образовательный веб-сайт для студентов и старшеклассников. Содержит материалы по основным разделам математики.

Научная электронная библиотека e-LIBRARY (elibrary.ru) — русскоязычный ресурс, содержащий электронные версии большого числа научных журналов зарубежных и российских издательств по всем направлениям фундаментальной науки.

Международный научно-образовательный сайт «EqWorld — Мир математических уравнений» (eqworld.ipmnet.ru/ru) — крупнейший в мире электронный ресурс, посвященный математическим уравнениям (рис. 2). Работает на русском и английском языках.

NDLTD: Networked Digital Library of Theses and Dissertations (www.ndltd.org) — электронная библиотека, содержащая диссертации и дипломные работы на английском языке по различным наукам.

Научные форумы в Интернете

Научные форумы в Интернете — особая форма виртуального общения ученых, преподавателей, инженеров и студентов, которая позволяет по определенному правилу (обычно требуется регистрация пользователя с указанием адреса его электронной почты) задавать вопросы и получать на них ответы. В качестве примера отметим большой научный форум механико-математического факультета Московского государственного университета (lib.mexmat.ru/forum/index.php), в котором имеются тематические направления: математика, физика, механика, химия и др.

Укажем также несколько крупных иностранных научных форумов:

Physics Forums — форумы по разным разделам физики и математики (www.physicsforums.com).

Physics, Astronomy, Math & Philosophy Forums — форумы по физике, астрономии, математике и др. (physicsmathforums.com).

Science Forums — форумы по физике, математике, химии и биологии (www.scienceforums.net/forum).

Электронные библиотеки и размещение электронных книг в Интернете

За рубежом существует ряд электронных библиотек, размещающих электронные версии книг в свободном доступе. Ниже перечислены некоторые электронные библиотеки, содержащие книги по математике на английском языке.

Geocities — учебная литература (www.geocities.com/alex_stef/mylist.html).

Книги и ссылки на сайте Американского математического общества (www.ams.org/online_bks/online-books-web.html).

Директория Google — электронные учебники и монографии по математике (directory.google.com/Top/Computers/E-Books).

The screenshot shows the Wolfram MathWorld homepage. At the top, it says "Wolfram MathWorld" and "the web's most extensive mathematics resource". Below this is a search bar and a list of "Other Wolfram Sites" including Wolfram Research, Demonstrations Project, Integrator, Tones, Functions Site, Wolfram Science, and more. There are also links for "Latest Mathematica Information" and "Complete Mathematica Documentation". The page is described as a free resource from Wolfram Research built with Mathematica technology, created, developed, and nurtured by Eric Weisstein with contributions from the world's mathematical community. It also mentions "The Wolfram 2.3 Turing Machine Research Price" and "The Math (ematica) behind Television's Crime Drama NUMB3RS".

Рис.2. Научно-образовательный ресурс EqWorld — Мир математических уравнений.

Библиотека Корнеллского университета — коллекция электронных монографий (historical.library.cornell.edu/math).

FreeScience — книги по математике (www.free-science.info/mathematics.php).

До 2004 г. нехватка научной литературы в России в некоторой степени компенсировалась наличием значительного количества электронных библиотек, работающих бесплатно в режиме свободного доступа. Принятие Федерального закона Российской Федерации от 20 июля 2004 г. №72 ФЗ «О внесении изменений в закон Российской Федерации «Об авторском праве и смежных правах» существенно осложнило работу научных электронных библиотек и привело к резкому сокращению их числа. Некоторые крупные открытые электронные библиотеки, в том числе и библиотека механико-математического факультета МГУ (lib.mechmat.ru), стали закрытыми. Указанные обстоятельства негативным образом сказываются на развитии науки и образования в нашей стране.

Следует отметить, что научная литература резко отличается от любой другой литературы [12], поскольку ее издание убыточно и осуществляется за счет грантов или за счет авторов, причем в самом лучшем случае авторы получают мизерный гонорар, который обычно не окупает их затрат на подготовку книги. При этом основная цель, которую ставит автор, — ознакомить научную общественность с результатами своей работы. Совсем другое дело издание детективов, фантастики, приключенческой и эротической литературы, приносящее огромные доходы издателям и авторам. Упомянутый выше Федеральный закон Российской Федерации от 20 июля 2004 г., с одной стороны, учел и защитил права коммерческих издательств и высокооплачиваемых авторов (например, А.Марининой), а также права иностранных издательств и авторов, но, с другой стороны, совершенно не учел потребность российских ученых, преподавателей вузов, инженеров и студентов своевременно и в полном объеме получать информацию, необходимую им для работы и обучения.

Почему авторам полезно размещать свои книги в Интернете

Сейчас в подавляющем большинстве случаев издание научной литературы в России осуществляется по грантам РФФИ (и образовательным грантам) или за счет автора, что либо не приносит никакого дохода авторам, либо приносит чисто символический доход (хорошо, если в итоге удастся избежать значительных материальных затрат). Ниже перечислены основные причины, почему авторам полезно размещать свои книги в Интернете.

1. Книга пишется для того, чтобы ее читали (и чем больше людей ее читают, тем для автора лучше). На сайте книга будет доступна для жителей не только больших городов, где ее можно купить, но и в малых городах, где ее просто нет (а также для граждан России, находящихся за рубежом, и иностранных коллег, знающих русский язык).

2. Тиражи научных книг сейчас минимальны (около 300 экз.), при этом книги часто дорого стоят и плохо покупаются. Поэтому научную литературу весьма неохотно распространяют книжные магазины (во многих ее просто не принимают) и недостаточно о ней информируют. Интернет позволяет максимально широко дать информацию о книге.

3. Размещение книг в Интернете способствует увеличению их цитируемости.

4. Посещаемость электронных библиотек обычно существенно выше, чем в обычных (публичных) библиотеках.

5. Лучшая забота о памяти наших родственников, друзей и учителей, которые писали книги (и уже ушли из этой жизни), состоит в том, чтобы продлить жизнь их произведениям. Ведь авторы «живут», пока их книги читают... Размещение книг в Интернете поможет сохранить память об их авторах.

6. Авторам не следует рассчитывать на переиздание научных монографий (сейчас в России, как правило, это можно сделать только за собственный счет). Размещая свою монографию в Интернете, автор, тем самым, продлевает ей «жизнь».

7. В настоящее время в России наблюдается острая нехватка научной литературы. Разместив свои книги в Интернете, автор вносит посильный вклад в борьбу с этим бедствием.

Замечание. Авторы могут разместить электронные версии своих книг и диссертаций в библиотеке сайта EqWorld (eqworld.ipmnet.ru/ru/library.htm). Для этого надо написать соответствующее письмо (см. eqworld.ipmnet.ru/ru/author/add-book.htm).

Отметим, что до 1996 г. российские издательства не вносили в авторские договоры пункт, запрещающий авторам размещать электронные версии своих книг в Интернете. В настоящее время издательства, выпускающие научную литературу, иногда запрещают авторам размещать электронные версии книг в открытом доступе (на срок действия авторского договора, который обычно составляет 3–5 лет). Книги, издаваемые за свой счет (как правило, и по грантам РФФИ), не имеют указанных ограничений.

В отличие от российских издательств многие иностранные выпускают широкий ассортимент научной литературы, в основном издаваемой на английском языке. Научные книги за рубежом стоят дорого и постоянно допечатываются мелкими партиями по мере их продажи (в итоге общее количество проданных монографий обычно со-

ставляет 200—400 экз.). Издательства получают некоторую прибыль от этой деятельности и не заинтересованы, чтобы она уменьшалась. Поэтому в авторских договорах специально оговариваются исключительные (эксклюзивные) условия для издательства, по которым, в частности, автор не имеет права размещать электронную версию своей книги в Интернете. Такой договор действует пока книга продается, а автор получает от издательства гонорар, который обычно составляет 6—12% от стоимости проданных книг.

Что надо делать для развития научных электронных ресурсов России

Для развития научных электронных ресурсов России и расширения доступа к научным материалам считаем целесообразным сделать следующее:

1. Настоятельно рекомендовать (а лучше обязать) научные журналы размещать электронные версии статей на русском языке на сайтах своих издательств спустя полгода (максимум через год) после их выхода.

2. Размещать в Интернете электронные версии всех книг, издание которых финансируется РФФИ, через год после их выхода. С одной стороны, это позволит охватить существенно более широкий круг потенциальных читателей, а с другой — даст возможность сэкономить финансовые ресурсы за счет некоторого уменьшения тиража. Вполне допустимо начать практиковать издание узкоспециализированных книг только в электронном виде.

3. Размещать докторские диссертации (за месяц до защиты) на сайте ВАК, а кандидатские — на сайтах институтов, где находятся диссертацион-

ные советы. Это позволит, с одной стороны, ознакомить научную общественность с новыми достижениями (что особенно важно для России, поскольку сейчас научной литературы выпускается явно недостаточно), а с другой стороны, существенно повысит ответственность диссертантов и их руководителей.

4. Создать Российскую открытую научную электронную библиотеку, в которую желающие могли бы добавить свои книги и диссертации. Разместить в этой библиотеке в электронном виде все монографии, вышедшие на русском языке до 2002 г. (в дальнейшем размещать книги через пять лет после их опубликования). Чтобы избежать маловероятных конфликтов с авторами*, создать и постоянно поддерживать электронный список научных книг, авторы которых против их размещения в Интернете. Реализация этого проекта не потребует больших усилий и материальных затрат, поскольку в настоящее время имеется большое количество научных книг в оцифрованном виде.

Замечание. Возможно и более простое решение данного вопроса — разрешить размещать научную литературу при указанных ограничениях в электронных библиотеках (найдется немало энтузиастов, которые будут это делать бесплатно с пользой для общества).

5. Рекомендовать участникам исследований, выполненных за счет государственного финансирования, публиковать свои основные результаты (или их краткие обзоры со списком публикаций) в свободном доступе в Интернете. ■

* Вопрос о нарушении авторских прав в отношении научных монографий в данном случае выглядит искусственно, поскольку сейчас авторы и так обычно не получают гонорар от издательства.

Литература

1. Электронные периодические издания в электронный век (<http://skorina-lib.iatp.by/docs/eIV.doc>).
2. Литвинова Н.Н. Научные публикации в Интернете: соотношение ограниченного (платного) и свободного доступов, 2005 (<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/info/sci-edu/2.htm>).
3. Литвинова Н.Н. Открытые научные и образовательные ресурсы Интернета: модель OPEN ACCESS и другие возможности (материалы лекций), 2007.
4. Кучма И. Право первой ночи? Открытый доступ! // Зеркало недели. 2004. №11 (<http://nbuv.gov.ua/Articles/2004/04ki-od.html>).
5. Lawrence W. On line or invisible // Nature. 2001. V.411. №6837. P.521 (<http://citeseer.ist.psu.edu/online-nature01/>).
6. Энтлейн В.Л. Как увеличить индекс цитирования научной публикации // Проблемы управления. 2006. №6 (<http://citation.extratext.ru/>).
7. Weisstein E.W. CRC Concise Encyclopedia of Mathematics, 2nd Edition. Boca Raton, 2003.
8. Zwillinger D. CRC Standard Mathematical Tables and Formulae, 31st Edition. Boca Raton, 2003.
9. Polyaniin A.D., Manzbirov A.V. Handbook of Mathematics for Engineers and Scientists. Boca Raton, 2007.
10. Holoviak J., Seitter K. Transcending the Limitations of the Printed Page // J. of Electronic Publishing. 1998. V.3. №1 (<http://www.press.umich.edu/jep/03-01/EI.html>).
11. Дженчураев Н. Научные электронные журналы — новые возможности, 2004 (<http://emag.host.net.kg/opps.html>).
12. Полянин А.Д. Научная литература в России и за рубежом // Природа. 2001. №2 (<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/info/sci-edu/priroda-polyanin.htm>).

Что говорят улитки своим личинкам

Е.Е.Воронежская, Л.П.Незлин, М.Ю.Хабарова

Развитие живого организма — одно из самых удивительных биологических явлений. В результате дробления, роста и дифференцировки из оплодотворенного яйца образуется сложнейшая и совершенная система — взрослый организм. У животных, принадлежащих к разным типам, ранние стадии дробления и более позднее развитие эмбрионов сильно отличаются, и непонятно до сих пор, как происходит управление эмбриогенезом. Что это — внутренняя программа или процесс, зависящий от сигналов из внешней среды? Нельзя ли найти ответы на эти вопросы, изучив развитие относительно просто организованных беспозвоночных животных, например, моллюсков? У них из отложенных оплодотворенных яиц вылупляются не похожие на взрослых личинки, которые затем проходят метаморфоз — превращаются в ювенильных (молодых) животных.

Стадия свободно плавающей или заключенной в яйцо личинки есть в жизненном цикле не только абсолютного большинства водных беспозвоночных, но и многих позвоночных. Очевидно эволюционное преимущество двухфазности развития — благодаря ей повышается выживаемость и улучшается расселяемость потомков [1–3]. Обусловлено это тем, что личиночная форма приспособлена к жизни в иных условиях, неже-



Елена Евгеньевна Воронежская, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории сравнительной физиологии Института биологии развития им.Н.К.Кольцова РАН. Область научных интересов: нейробиология развития, механизмы регуляции онтогенеза, нейротрансмиссивные основы поведения.

Леонид Павлович Незлин, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник той же лаборатории. Научные интересы связаны с нейрофизиологией, нейрогенезом, сенсорными системами и химической сигнализацией.

Марина Юрьевна Хабарова, кандидат биологических наук, доцент кафедры морфологии, физиологии человека и животных естественнонаучного факультета Тульского государственного педагогического университета им.Л.Н.Толстого. Занимается изучением нейробиологии развития, физиологии сенсорных систем, нейропатологии.

ли взрослая (т.е. занимает иную экологическую нишу), и, следовательно, они не конкурируют между собой за источники пищи. К тому же для обитателей морского дна свободноплавающая личинка необходима для успешного расселения.

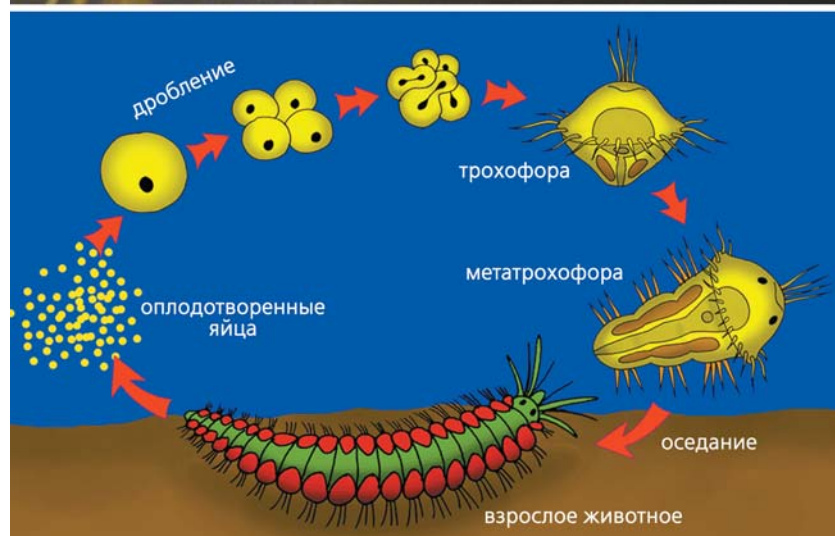
Известно, что эмбриональное и личиночное развитие водных животных зависит от множества абиотических факторов среды, таких, например, как температура, соленость воды и наличие в ней кислорода [4–6]. Из числа биотических факто-

ров до недавнего времени изучали только индукцию взрослыми особями оседания и метаморфоза личинок своего вида [7–10]. Априори считалось, что эмбриональное и личиночное развитие до метаморфоза — это программа, которая, будучи раз запущена, работает без корректировки со стороны взрослых животных. Иными словами, взрослые не могут направленно регулировать прохождение своими потомками личиночной фазы. В наших исследованиях выяснилось, что это не так. Что же происходит на самом деле?

«Учите, здесь нечего есть!»

Нашими подопытными животными были пресноводные аквариумные улитки большой прудовик (*Lymnaea stagnalis*) и катушка (*Helisoma trivolvis*), а также морской многощетинковый червь (полихета) *Platynereis dumerilii*. Все эти виды принадлежат к «трохофорным» животным, названным так потому, что у них формируется своеобразная личинка-трохофора (к таким животным относятся моллюски, аннелиды и сипункулиды). На верхнем (апикальном) полюсе ее округлого или овального тела имеется султанчик ресничек, а вдоль экватора — кольцо ресничек, прототрох. У разных видов трохофора или активно плавает, или сидит внутри яйца; или самостоятельно питается, или живет за счет эмбриональных запасов питательных веществ. Она развивается, растет и в конце концов проходит метаморфоз, превращаясь в маленькое взрослое животное.

В природе взрослые пресноводные улитки прудовик и катушка (близкие родственники) живут в прудах, где медленно ползают по дну или растениям и питаются свежими или слегка подгнившими их частями. А полихеты платинереисы так и вовсе сидят всю жизнь в построен-



Подопытные моллюски (вверху) и морской многощетинковый червь платинереис (в середине). Внизу приведена схема жизненного цикла платинереиса, одного из трохофорных животных.

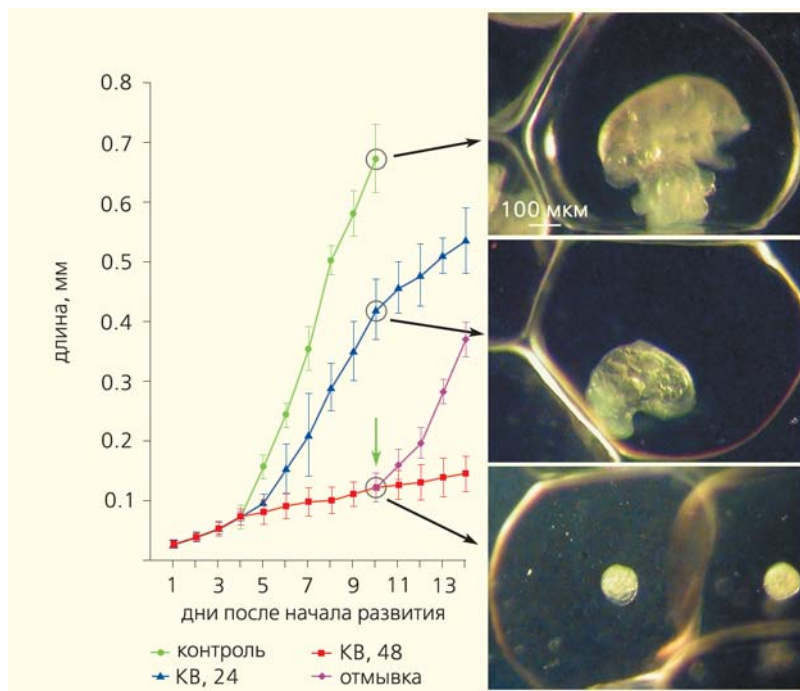
ных ими трубочках и ловят проплывающие мимо частички пищи. У платинереиса оплодотворение наружное (самцы и самки выбрасывают половые продукты в воду), сперматозоиды оплодотворяют яйцеклетки, и начинается дробление. Личинка платинереиса проходит обычный для всех трохофорных животных путь развития: из яйца

вылупляется трохофора, которая активно плавает, растет и после метаморфоза, став похожей на взрослого червяка, оседает на дно и строит собственный домик.

У прудовика и катушки оплодотворение внутреннее. Оплодотворенные яйца улитки откладывают в виде клейких коконов (по 20–100 яиц в каждом) на листья



Жизненный цикл большого прудовика. Взрослое животное откладывает кокон с оплодотворенными яйцами (1). Внутри яйца зародыш проходит те же стадии развития, что и свободноплавающие личинки моллюсков: дробление (2), образование трохофоры (3), затем — велигера (4), он претерпевает метаморфоз и оседает внутри яйца (5), после чего молодая улитка выходит наружу (6).



Действие воды, кондиционированной голодными катушками, на развитие их зародышей. На графике показано увеличение размеров зародышей в обычной воде (контроль), в кондиционированной голодными улитками в течение 24 ч (КВ, 24) и 48 ч (КВ, 48). В норме зародыши достигали метаморфоза на девятый день (вверху), в воде, кондиционированной 24 ч, они в это время находились еще на стадии велигера (в середине), а кондиционированной 48 ч — на стадии трохофоры (внизу). Зародыши, перенесенные из кондиционированной воды в обычную (зеленая стрелка), начали развиваться, как контрольные (фиолетовая линия).

и стебли водных растений. В одном коконе все личинки развиваются синхронно. Происходит это внутри яйца, из которого вылупляется маленькая улиточка. Тем не менее внутри зародыш проходит те же стадии развития, что и свободно живущая личинка платинереиса, включая стадию трохофоры и метаморфоз. На первый взгляд кажется, что ни прудовик, ни катушка, ни тем более платинереис, отложив яйца, уже не принимают никакого участия в дальнейшей судьбе своего потомства.

Однако выяснилось, что если условия жизни по какой-либо причине оказываются неблагоприятными для взрослых животных (например, им не хватает пищи), то замедляется и развитие личинок. Мы проделали на катушках и прудовиках простой опыт: взяли много улиток и разделили их на две группы, одну из которых хорошо кормили, а другую держали три дня голодной. Затем тех и других моллюсков сутки подержали (по отдельности) в небольшой садке с чистой свежей водой, после чего отобрали нужный объем, профильтровали (мы назвали такую воду кондиционированной) и стали выращивать в ней личинок. Для этого несколько недавно отложенных другими — не подопытными — улитками яйцевых коконов разрезали на три части и одну поместили в воду от голодных улиток, другую — от сытых, а третью — в чистую воду. Что же в результате? В воде от голодных улиток развитие личинок резко замедлилось вплоть до полной остановки (это зависело от количества голодавших улиток, и от того, насколько голодными они были), а в двух других вариантах опыта личинки развивались нормально.

Напрашивалось предположение, что в воде, кондиционированной голодными улитками, просто накапливаются какие-то продукты обмена, вредные для зародышей. Причиной могла быть также нехватка кислорода,

из-за чего вода становится неспецифически токсичной. Однако контрольные эксперименты полностью опровергли эти предположения. Во-первых, вода, в которой жили голодные улитки, была абсолютно прозрачной, а насыщение ее кислородом никак не меняло ее замедляющего действия. Во-вторых, вода, кондиционированная сытыми улитками, выглядела мутной и явно содержала продукты обмена, но на темпах развития личинок это никак не сказывалось. Значит, голодные улитки выделяют какое-то вещество, тормозящее развитие зародышей?

Результаты биохимических исследований это подтвердили. Если кондиционированную голодными улитками воду обрабатывали протеолитическими ферментами (расщепляющими белки), ее тормозящее действие усиливалось, а обработка липазами (они катализируют гидролиз жиров), наоборот, приводила к его потере. И еще: подогревом воды до 100°C полностью снималось тормозящее влияние, но нагревание до 50°C или замораживание никак не сказывались. Все это утвердило нас в мысли, что в кондиционированной голодными улитками воде действительно присутствует некий не известный нам химический фактор (возможно, какой-то липопротеин), угнетающий развитие личинок. Таким способом родители как бы заранее предупреждают потомков, что в будущей взрослой жизни в этом месте их ожидает конкуренция за пищу.

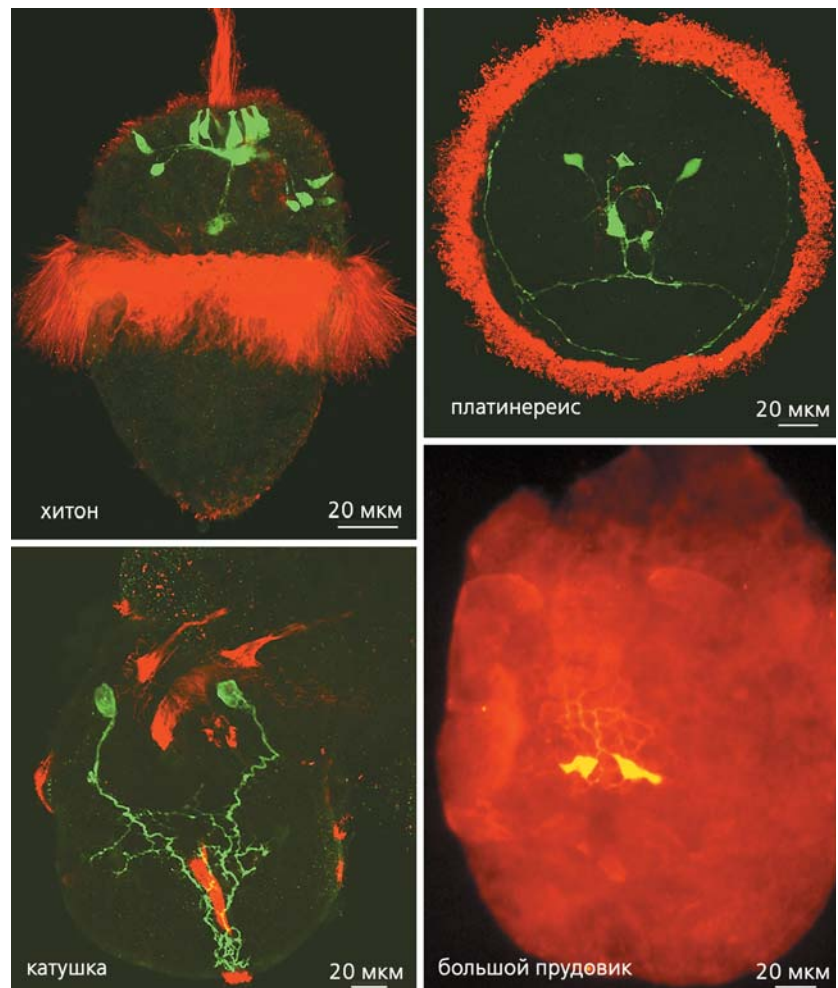
А что же платинереис? На первый взгляд кажется, что у него такой сигнализации быть не должно, поскольку развивающиеся зародыши и личинки уносятся током воды далеко от своих родителей, да и океан по объему несравним с прудом или озером. Тем не менее оказалось, что и вода, кондиционированная голодными червями, замедляет развитие личинок, точно так же, как у прудовика и катушки.

Мы назвали выделяемое голодными животными вещество RED-фактором (Retarding Embryonic Development — тормозящий эмбриональное развитие). Чем голоднее взрослые животные и чем дольше они выделяют в воду это вещество, тем значительнее его влияние. А раз оно действует на развитие личинок, значит, у них должны быть специфические сенсорные клетки, способные его воспринимать.

Зачем личинкам мозг?

Характерная особенность личинок трохофорных животных — апикальный сенсорный

орган. У свободно живущих личинок это клеточное образование формируется с началом плавания и редуцируется после метаморфоза. Такой орган имеется у личинок не только трохофорных, но и у многих других не родственных им животных, например у мшанок и полухордовых. При всем многообразии форм развития беспозвоночных он неизменно расположен на верхнем полюсе личинки и сходно устроен: включает султанчик чувствительных ресничек и лежащий в его основании комплекс сенсорных нейронов, часть из которых всегда содержит серотонин (нейромедиатор, имеющийся в нервной сис-



Нейроны, содержащие моноамины в апикальных органах. В нейронах трохофор хитона, платинереиса и велигера катушки синтезируется серотонин (зеленая иммунофлуоресценция), а в нервных клетках трохофоры прудовика — дофамин. Красной иммунофлуоресценцией выявлены реснички.

теме всех изученных животных, включая человека). Клеток, содержащих серотонин, может быть больше десяти, как у свободноплавающей и питающейся личинки хитона, или меньше, например, четыре, как у свободноплавающей и питающейся личинки платинереиса. У личинок, проходящих развитие и метаморфоз внутри яйца, тем не менее тоже есть апикальный сенсорный орган, но количество нейронов в нем меньше. Например, у зародышей катушек и прудовиков всего две такие клетки. Консервативность строения апикального органа у множества далеких друг от друга животных свидетельствует о какой-то его принципиально важной функции, общей для разных личинок. Эту особенность неоднократно отмечали все, кто так или иначе занимался изучением развития трохофорных животных. Однако более чем за 200 лет самых разнообразных исследований ученые так и не пришли к единому мнению, зачем нужен этот так рано появляющийся «личиночный мозг».

Лишь в 1990-х годах кое-что стало проясняться. На ресничках чувствительных нейронов моллюска морское ушко (*Haliotis*) были обнаружены рецепторы к неизвестному фактору внешней среды, запускающему метаморфоз (т.е. к индуктору метаморфоза) [11]. Кроме того, выяснилось, что личинка другого морского моллюска — *Phostilla* — после разрушения лазером нейронов апикального органа теряет способность отвечать на такие индукторы, хотя и не утрачивает способности проходить метаморфоз [12]. Эти данные послужили доказательством участия апикального органа в улавливании внешних сигналов и в запуске метаморфоза.

Однако зачем весь этот сложный комплекс формируется у личинки так рано — гораздо раньше всех остальных нервных образований и задолго (у разных видов от нескольких дней до нескольких недель) до

готовности личинки к метаморфозу — и сохраняется у некоторых видов после метаморфоза? Чтобы узнать это, исследователи пытались вызвать метаморфоз в экспериментах, воспроизводя выброс активного вещества (у большинства личинок — это серотонин) нейронами апикального органа. Но успех был достигнут только у одного из нескольких испытанных на этот предмет видов.

Мы попробовали экспериментально изменять активность сенсорных нейронов апикального органа личинок прудовика и катушки, чтобы изучить, как эти нервные клетки влияют на темпы развития. Результаты оказались совершенно неожиданными.

Замедлиться или ускориться?

Подопытными снова были пресноводные улитки — большой прудовик и аквариумная катушка. Развитие их сходно, и, как уже упоминалось, в нем различимы те же основные стадии, что и у других трохофорных животных. В результате дробления яйца формируется зародыш-трохофора, плавающая в питательной жидкости, которой заполнено яйцо (перивителлиновой жидкости). Трохофора превращается в велигера, у него появляется нога, и через несколько дней он прикрепляется ею к внутренней поверхности яйца. Таким образом личинка оседает внутри яйцевой капсулы (это соответствует оседанию на грунт свободноплавающих личинок). Несколько позже велигер проходит метаморфоз и превращается в ювенильную улитку, которая ползает при помощи ресничек на подошве ноги по внутренней поверхности яйцевой капсулы. Затем маленькая улиточка прогрызает стенку яйца, вылупляется и переходит ко взрослому образу жизни.

Строение апикального органа трохофоры прудовика и ка-

тушки тоже сходно: он состоит всего из двух нейронов. Каждый из них имеет короткий отросток, который выходит наружу и заканчивается пучком чувствительных ресничек, и длинный, идущий под ресничные поля. У прудовика они находятся на апикальной поверхности, а у катушки на вентральной. Там отростки ветвятся и образуют сеть из тонких волокон с расширениями (варикозами), из которых нейроны выбрасывают физиологически активные вещества. У наших моллюсков это моноамины — дофамин и серотонин. Нейроны апикального органа прудовика и катушки содержат разные моноамины: у прудовика синтезируется преимущественно дофамин (хотя в небольшой концентрации присутствует также и серотонин), а у катушки — исключительно серотонин. Поскольку на стадиях от трохофоры до среднего велигера у обоих видов синтезируют моноамины лишь эти два нейрона, только их активность можно изменять в экспериментах, действуя на личинку химическими веществами. Если зародышей, находящихся в неповрежденных яйцах, содержать в воде, в которую добавлены биохимические предшественники дофамина или серотонина, эти вещества захватываются нейронами, синтез моноамина и его выброс увеличивается, т.е. усиливается активность нейронов. Если же добавить вещество, блокирующее синтез моноаминов, выброс медиатора уменьшается, активность нейронов снижается. А когда заблокированы рецепторы моноаминов, сами нейроны остаются активными, но другие клетки организма перестают на них реагировать.

Наши эксперименты дали результаты, которых нельзя было ожидать, исходя из гипотезы об активирующей метаморфоз роли апикального органа. При активации нейронов развитие личинок не ускорялось, а наоборот — замедлялось, причем

у прудовика и катушки по-разному и в строгом соответствии с синтезируемым медиатором. У прудовика развитие тормозил предшественник дофамина, а предшественник серотонина на развитие не влиял. У катушки же все было наоборот. Если же мы снижали активность нейронов, развитие не только не замедлялось, но даже достоверно ускорялось [13–14]. Происходило это и при добавлении блокаторов синтеза моноаминов, и их метилированных предшественников (из них нейроны синтезируют «неправильные» моноамины, не узнаваемые рецепторами), и тех веществ, которые блокируют рецепторы.

Изменения в темпах развития были разными. После снижения активности нейронов зародыши опережали контрольных всего на 10–12%, а после активации личинки развивались втрое-вчетверо дольше. Личиночное развитие можно было даже остановить, добавив вещества, активирующие рецепторы серотонина. Примечательно, что все воздействия были обратимыми: после возвращения в нормальную воду зародыши нормально развивались, и из них вылуплялись нормальные ювенильные улитки.

Итак, физиологически активные вещества, выделяемые сенсорными нейронами апикального органа, регулируют темпы развития личинок. Эти вещества синтезируются в небольших количествах постоянно и слегка подтормаживают развитие (именно поэтому оно несколько ускоряется при блокировке нейронов). Если же нейроны дополнительно активируются (в ответ на RED-фактор?), синтезируемые ими моноамины действуют гораздо сильнее — могут даже полностью остановить личиночное развитие.

Мы проверили, эти ли нейроны воспринимают RED-фактор, и одинаков ли эффект, вызванный активацией нейронов и водой, кондиционированной

голодными улитками. В такую воду с сидящими в ней «заторможенными» личинками, добавили блокаторы синтеза моноаминов. Зародыши стали развиваться нормально. Любой из способов инактивации сенсорных нейронов сразу делал личиночное развитие нечувствительным к RED-фактору из кондиционированной голодными улитками воды.

Таким образом, мы доказали, что зародыши прудовика и катушки развиваются под контролем сенсорных нейронов апикального органа. Именно они воспринимают химический сигнал, выделяемый голодными взрослыми улитками, и в соответствии с ним меняют скорость развития.

Понятно, что отклонения от обычного темпа развития существенны для зародышей (в особенности это касается торможения). Заранее получив сигнал о том, что после выхода из яйца ювенильная улитка столкнется с нехваткой пищи, зародыш может скорректировать программу развития — замедлить рост и переждать неблагоприятные условия в яйце.

Сообщить ли соседям?

Обнаружив феномен химической сигнализации между взрослыми и зародышами у пресноводных улиток, мы оказались перед множеством вопросов. Есть ли подобная регуляция у каких-либо других водных организмов, например морских? Действует ли выделяемый голодными животными химический фактор исключительно на личинок своего вида или влияет и на животных других видов? Одинаково ли действие этого фактора на зародышей, находящихся на разных стадиях развития? И, наконец, — каким образом один и тот же нейромедиатор, выбрасываемый из отростков апикальных сенсорных нейронов, оказывает сложное согласованное действие на целый

организм? Это не может не заинтриговать — ведь во время развития одновременно не только делится и дифференцируется множество клеток, формируются органы и ткани, а также поведенческие программы.

На некоторые из этих вопросов у нас уже есть ответы. Так выяснилось, что взрослые особи морской полихеты платинереиса сходным образом регулируют темп развития личинок. Вылупившиеся трохофоры при попадании в воду, кондиционированную взрослыми голодными животными, растут медленнее, чем их собратья, помещенные в воду от сытых особей или просто в обычную морскую. Так же, как и у пресноводных улиток, сигнал из внешней среды воспринимается сенсорными нейронами апикального органа, а медиатором, передающим команду от сенсорных нейронов всему организму, служит серотонин.

Теперь мы знаем реакцию личинок на сигналы, испускаемые взрослыми животными другого вида, живущими рядом. Обычно в одном и том же водоеме обитают животные разных видов. Мы смоделировали, разумеется, в упрощенном виде, «общение» моллюсков пресноводного водоема средней полосы России. Взяли взрослых особей наиболее часто встречающихся видов как далеких таксономических групп, так и «близких родственников», но занимающих разные экологические ниши. Это были несколько видов брюхоногих моллюсков: ушастый прудовик (*L.auricularia*), физа (*Physa* sp.), аквариумная (*H.trivolvis*) и роговая катушки (*Planorbarius corneus*), речная живородка (*Viviparus viviparus*). Кроме них еще два вида двустворчатых моллюсков: перловица обыкновенная (*Unio pictorum*) и роговая шаровка (*Sphaerium corneum*). От каждой группы была стандартным образом получена кондиционированная голодными животными вода, в которой затем развивались эмбри-

оны большого прудовика, наше-го любимого подопытного жи-вотного.

Что же выяснилось? Зароды-ши прудовиков реагируют на воду от голодных особей факти-чески всех видов, с которыми прудовики живут рядом, но реагируют по-разному. Сильнее всех прочих замедляла развитие зародышей прудовиков (вплоть до полной остановки) вода от ушастых прудовиков и физ (и, понятное дело, своих голодных сородичей). Несколько менее был выражен эффект воды, полу-ченной от катушек, а вода от живородки или двустворки не оказывала никакого влияния. Таким образом, по действию на зародышей прудовиков все пе-речисленные моллюски четко разделились на три группы: сильно, средне и слабо воздей-ствующие на развитие. Примеча-тельно, что разделение про-изошло в соответствии не столько с таксономической принадлежностью конкретного

вида, сколько с экологической нишей, в первую очередь — с источником пищи. Однако такое деление наблюдалось лишь в том случае, если все взрослые улитки голодали в течение трех дней. Если же катушки голодали дольше, например в течение не-дели, то кондиционированная ими вода вызывала полную ос-тановку развития и гибель 80% зародышей прудовиков. Дву-створки же и после месячного голодания не выделяли в воду ничего, оказывающего статис-тически достоверный эффект на развитие прудовиков.

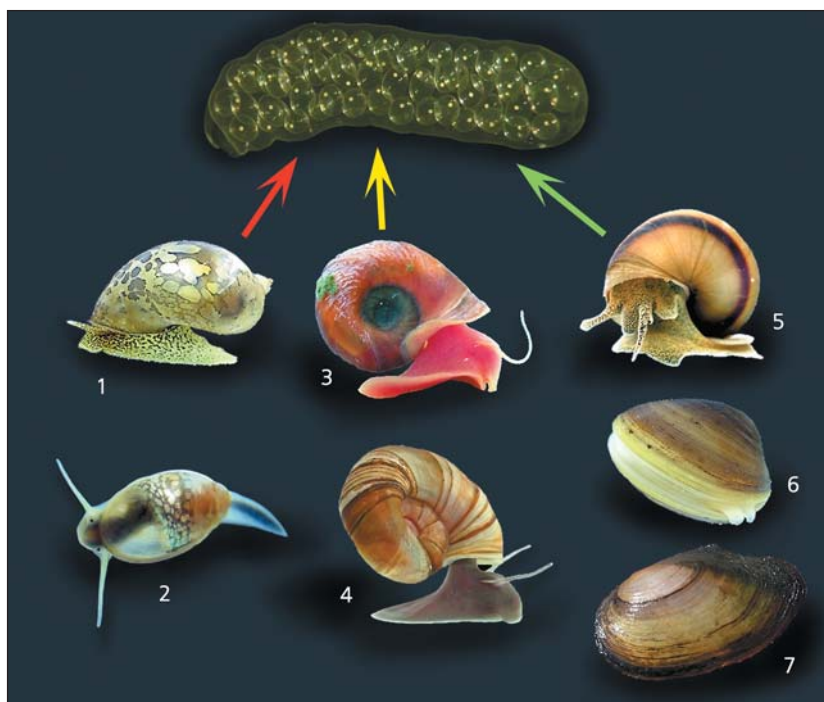
Результаты наших экспери-ментов позволяют предполо-жить, что выделяемый взрослы-ми особями сдерживающий фактор (RED-фактор) универсален в пределах как минимум од-ной экологической группы. Что касается интенсивности его синтеза и выделения, то они четко зависят от степени «го-лодности» взрослых особей. Опираясь на полученные факты,

с легкостью можно представить, насколько значимой может быть такая межвидовая комму-никация в естественных услови-ях, и как такой механизм может обеспечивать регуляцию чис-ленности нескольких разных видов в локальной экологичес-кой группе.

Все зависит от возраста

Всегда ли сигнал о неблаго-приятности среды вызывает за-медление развития зародышей? В экспериментах с пресновод-ными улитками — прудовиками и катушками — мы обнаружили, что его влияние разнонаправле-но. В одной и той же кондицио-нированной голодными улитка-ми воде личинки на ранних ста-диях (от трохофоры до раннего велигера) развивались медлен-нее, а на более поздних, наобо-рот, быстрее. Выражалось это не только в изменении темпов раз-вития, но и в поведении зароды-шей. Поведенческий репертуар личинок не так уж и велик: на-чиная с ранних стадий развития у них бьется сердце, они актив-но вращаются в перивителлино-вой жидкости яйца, а после ме-таморфоза ползают по внутрен-ней стенке яйцевой капсулы и совершают «жевательные» движения. И весь этот набор со-гласованно менялся в ответ на поступивший из кондициони-рованной воды стимул. Правда, на стадии трохофора — ранний велигер все движения были ослаблены: зародыши медленнее вращались, ползали и «жевали», у них реже билось сердце. Если стимул начинал действовать на стадиях от позднего велигера и далее, все движения были ин-тенсивнее, чем у контрольных зародышей.

Биологический смысл такой двунаправленности легко объ-ясним: на ранних стадиях раз-вития это дает личинкам воз-можность переждать неблаго-приятные условия в яйце, как можно экономнее расходуя его пищевые запасы. На более по-



Моллюски, обитающие в одних водоемах с прудовиком и по-разному влияющие на развитие его зародышей. Все они разделились на три группы: в группу сильно замедляющих развитие попали ушастый прудовик (1) и физ (2), средне замедляющими были аквариумная (3) и роговая (4) катушки, практически никак не влияли живородка (5), шаровка (6) и перловица (7).

здних стадиях, когда личинка уже вступает в метаморфоз, а запас питательных веществ в яйце почти исчерпан, стимул побуждает ее как можно скорее достичь вылупления и попытаться покинуть неблагоприятную зону.

Где находятся мишени?

Выделяемый голодными взрослыми животными RED-фактор воспринимается, как мы выяснили, сенсорными ресничками нейронов апикального органа, которые в ответ начинают активнее синтезировать и выбрасывать из своих отростков нейромедиаторы — моноамины (дофамин у прудовика и серотонин у катушки и платинереиса). Каким же образом изменения в концентрации всего лишь одного вещества вызывают столь разнообразные, но четко согласованные изменения? Моноамины проявляют специфические эффекты, только соединившись со своими рецепторами, которые расположены на мембранах клеток разных органов и тканей. В настоящее время известно семь подклассов серотониновых рецепторов. Внутри клеток действие рецепторов опосредуется через G-белки, что приводит к активации разных внутриклеточных сигнальных путей. В результате меняется уровень вторичных посредников — ионов кальция, циклического аденозинмонофосфата (сАМФ) и инозитолтрифосфата, которые регулируют всевозможные клеточные процессы. Понятно, что эффект, производимый серотонином, будет зависеть от того, какие именно рецепторы (или какая их комбинация) имеются в данное время на поверхности клеток-мишеней.

Совместно с коллегами из Геттингенского университета (Германия), К.Глебовым и Е.Понимашкиным, мы выяснили, что в регуляции развития катушки участвуют не меньше пя-

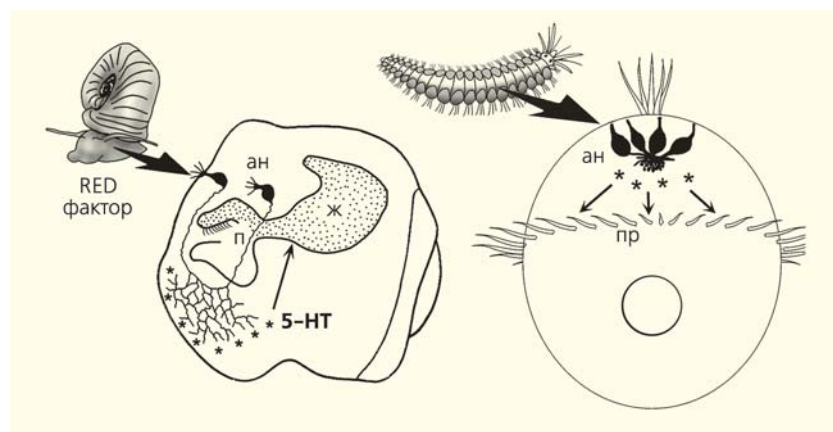
ти разновидностей серотониновых рецепторов. Активация одних ускоряет и темпы развития, и моторику, активация других приводит к противоположному эффекту. Результаты детального молекулярно-биологического и биохимического анализов показывают, что синтез как самих рецепторов, так и G-белков, последовательно меняется в процессе развития. Так что направленность (ускорение или торможение) ответа на внешний стимул связана с тем, каких именно серотониновых рецепторов на поверхности клеток-мишеней больше, какое количество разных G-белков находится в клетке. Следовательно, от этого зависит, какой из активированных серотонином внутриклеточных сигнальных путей будет преобладать в каждый конкретный момент развития.

Но где именно находятся в зародышах катушки клетки-мишени, на которые действует серотонин? Их расположение удалось определить методом иммуноцитохимического маркирования специфическими антителами против рецепторов серотонина. Мы обнаружили

некоторые из них на мембране клеток, формирующих пищевод и кишечник, а также под полоской ресничек, которые находятся в пищеводе и гонят в него перивителлиновую питательную жидкость. Все эти клетки участвуют и в поступлении в пищеварительный тракт зародыша питательных веществ, и в их усвоении. Значит, серотонин, выделяемый апикальными нейронами, непосредственно влияет на активность потребления и переваривания пищи из запасов, находящихся в яйце. Как оказалось, сложный механизм внутриклеточной регуляции реализуется в развивающемся зародыше удивительно просто: «больше ешь — быстрее растешь, меньше ешь — медленнее растешь, но экономишь запасы пищи».

А как же платинереис и те животные, трохофоры которых не имеют запасов пищи? У всех у них в апикальном сенсорном органе есть набор серотониновых сенсорных нейронов, причем разное количество.

Давно известно, что у личинок морских беспозвоночных серотонин активирует двигательные реснички. И теперь понятно, зачем им это нужно. По-



Предполагаемый механизм влияния химического фактора, выделяемого голодными взрослыми животными, на развитие их потомков. Апикальные нейроны зародышей (ан) в ответ на RED-фактор увеличивают выброс серотонина (звездочки, 5-НТ). У пресноводных улиток (слева) он действует на рецепторы (точки), находящиеся на мембранах клеток эмбрионального пищеварительного тракта в верхней части пищевода (п) и в желудке (ж), и изменяет скорость захвата и усвоения пищи. У свободноплавающих личинок полихет серотонин учащает биение ресничек прототроха (пр).

лучив химический сигнал о том, что поблизости много голодных соплеменников, личинки должны не только затормозить развитие, но и начать двигаться, чтобы быстрее покинуть неблагоприятный район.

Мы предполагаем, что выявленный нами механизм, при помощи которого голодные животные регулируют развитие своих потомков, свойствен не только пресноводным улиткам и платинереису. Поскольку строение апикального сенсорного органа у разных личинок схоже, его функции должны быть похожими. Количеством же серотониновых сенсорных

нейронов, видимо, обусловлен уровень чувствительности и регуляторной способности этого нервного образования. В его состав у хитона, например, входит более 20 нейронов, а у катушки всего два. Легко представить, насколько отличаются эти виды по силе действия механизма, регулирующего развитие личинок.

* * *

Итак, у трохофорных животных «прогноз» (в виде сигнального вещества) неблагоприятных условий выдают взрослые — родители и соседи «по месту жительства». Отвечая на внешний фактор, сенсорные

нейроны апикального органа активируются и увеличивают выброс медиатора, который, воздействуя на комплексные процессы эмбриогенеза, обеспечивает зависимую от возраста регуляцию разворачивающейся программы развития. Этот механизм позволяет зародышам наилучшим образом приспособиться к условиям внешней среды и в конечном счете служит для выживания вида. Так изучение беспозвоночных привело к пониманию еще одного звена в цепи интереснейших событий, благодаря которым оплодотворенное яйцо превращается в новый организм. ■

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (проект 06-04-49401), а также стипендиями International Brain Research Organization и Centrum for Molecular Physiology of the Brain (Гёттингенский университет, Германия) для ЕЕВ.

Литература

1. Беклемишев В.Н. Основы сравнительной анатомии беспозвоночных. Т.1, 2. М., 1964.
2. Иванова-Казас О.М. Эволюционная эмбриология животных. СПб., 1995.
3. Nielsen C. Animal evolution: interrelations of living phyla. Oxford, 1995.
4. Miller S.E., Hadfield M.G. // Science. 1990. V.248. P.356—358.
5. Pechenik J.A., Marsden I.D., Pechenik O. // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 2003. V.292. P.159—176.
6. Stratbmann R.R., Stratbmann M.F. // J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom. 1995. V.75. P.413—428.
7. Burke R.D. // Science. 1984. V.225. P.442—443.
8. Pawlik J.R. // Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev. 1992. V.30. P.273—335.
9. Pechenik J.A., Hammer K., Weise C. // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 1996. V.199. P.137—152.
10. Lambert W.J., Todd C.D. // Mar. Biol. 1994. V.120. P.265—271.
11. Baxter G.T., Morse D.E. // Biol. Bull. 1992. V.183. P.147—154.
12. Hadfield M.G., Meleshkevitch E.A., Boudko D.Y. // Biol. Bull. 2000. V.198. P.67—76.
13. Воронезжская Е.Е., Хабарова М.Ю. // Докл. АН. 2003. Т.390. С.231—234.
14. Voronezhskaya E.E., Khabarova M.Yu., Nezlin L.P. // Development. 2004. V.131. P.3671—3680.

Лунно-солнечные приливы и атмосферные процессы

Если бы различные части Вселенной не относились между собой как органы одного и того же тела, они не обнаруживали бы взаимодействий — они, так сказать, взаимно игнорировали бы друг друга, и мы, в частности, знали бы только одну из них. Поэтому мы должны задавать вопрос не о том, едина ли природа, а о том, каким образом она едина.

Анри Пуанкаре. «Наука и гипотеза»

Н.С.Сидоренков

В последние десятилетия экстремальные погодно-климатические процессы возникают все чаще, длятся все дольше, протекают все интенсивнее. Катастрофические наводнения, засухи, ураганы, сели, резкие изменения температуры, пыльные бури, цунами и другие катаклизмы уносят жизни людей и тормозят экономическое развитие. По данным Росгидромета количество опасных природных явлений в России выросло за последние 30 лет на 20%.

Погода в 2007 г. столь экстремальна, что каждый месяц обновляются абсолютные рекорды самых разнообразных гидрометеорологических характеристик. Как правило, такое необычное течение гидрометеорологических процессов связывают с глобальным потеплением атмосферы. Однако исследование автора указывает на существование и другого важного фактора — многолетней изменчивости лунно-солнечных приливных сил.

Непостоянство синоптических процессов

Около ста лет назад Б.П.Мульгановский [1] обратил внимание на то, что синоптические процессы эволюционируют не непрерывно, а скачкообразно. Анализируя сборно-ки-



Николай Сергеевич Сидоренков, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией планетарной циркуляции и гелиогеофизических исследований Гидрометцентра России. Основные работы посвящены исследованиям неравномерности вращения Земли, движения полюсов и глобальных геофизических процессов. Неоднократно публиковался в «Природе». В декабре отметил свой семидесятилетний юбилей, с чем его сердечно поздравляет редакция!

нематические карты, он заметил, что положение барических полей удерживается в течение нескольких дней, а затем быстро (за 12—36 ч) радикально трансформируется. Возникшая картина снова сохраняется несколько дней — до следующей перестройки. В пределах изучаемого им Первого естественно-го синоптического района (е.с.р.), от Гренландии до р.Енисей и к северу от 30°с.ш., несколько дней — это тот интервал времени, в течение которого характер эволюции не меняется, и в 1915 г. Мульгановский назвал его естественным синоптическим периодом (е.с.п.). Другими словами, е.с.п. есть длительность существования однотипного атмосферного процесса в данном е.с.р. [1].

В 40-х годах XX в. стали строить высотные карты барической топографии. Обнаружилось, что картина высотного термобарического поля в тропосфере тоже сохраняется в течение е.с.п. Поле давления и температуры обуславливает перемещение барических образований у земной поверхности и сохранение географического расположения их центров в пределах е.с.р. По окончании периода термобарическое поле тропосферы быстро перестраивается, что вызывает новую локализацию центров барического поля и изменение траекторий барических образований у земной поверхности. Вид сборно-кинематической карты меняется от текущего е.с.п. к следующему за один-два дня,

т.е. «скачкообразно» по сравнению с длительностью е.с.п., которая варьирует от 5 до 8 дней [2]. Природа е.с.п. до последнего времени оставалась неизвестной.

Приливы во вращении Земли

В 80-е гг. XX в. после введения новых методов астрономических измерений в космической геодезии и астрометрии точность определения параметров вращения Земли (длительности суток, координат полюса и поправок нутации) увеличилась на два порядка. В итоге появилась возможность изучать короткопериодные колебания скорости вращения Земли с суточным разрешением. Помимо уже известных межгодовых и сезонных вариаций были зафиксированы быстрые колебания скорости суточного вращения Земли в пределах месяца [3, 4]. По амплитуде они лишь немного уступают сезонным колебаниям, но их период в десятки раз короче сезонных — приблизительно 14 сут (рис.1).

Напомним, что скорость вращения Земли характеризуется относительной величиной

$$v = \frac{\delta\omega}{\Omega} = \frac{\omega - \Omega}{\Omega} \approx - \frac{P_3 - T}{T} \equiv - \frac{\delta P}{T}, \quad (1)$$

где P_3 — длительность земных суток; T — длительность стандартных (атомных или эфемеридных) суток, которая равна 86400 с;

$$\omega = \frac{2\pi}{P_3} \text{ и } \Omega = \frac{2\pi}{86400} \text{ рад/с —}$$

угловые скорости, соответствующие земным и стандартным суткам [3–5]. Поскольку величина ω изменяется только в девятом-восьмом знаке, значения v имеют порядок 10^{-9} – 10^{-8} .

Внутримесячные колебания обусловлены лунно-солнечными зональными приливами. Приливообразующая сила растягивает Землю вдоль прямой, соединяющей ее центр с центром возмущающего тела — Луны или Солнца. Сжатие Земли увеличивается, когда ось растяжения совпадает с плоскостью экватора, и умень-

шается, когда ось растяжения отклоняется к тропикам. Момент инерции сжатой Земли больше, чем недеформированной шарообразной планеты. Напомним, что момент инерции элемента объема относительно оси вращения равен произведению его массы на квадрат расстояния до оси. Момент инерции Земли — сумма моментов инерции составляющих ее частиц. А поскольку момент импульса Земли (произведение ее момента инерции на угловую скорость) должен оставаться постоянным, скорость вращения сжатой Земли меньше, чем недеформированной. Приливообразующая сила колеблется во времени. Соответствующим образом изменяется и величина сжатия Земли, что в результате и вызывает приливную неравномерность ее вращения. Из этих изменений скорости вращения Земли наиболее значительны колебания с полумесячным и месячным периодами. Как видно из рис.1, на протяжении лунного месяца сменяют друг друга четыре режима вращения: Земля дважды ускоряется и дважды замедляет свое вращение. Длительность этих режимов варьирует (как и продолжительность е.с.п.) от пяти до восьми дней, но в сумме она всегда равна лунному тропическому месяцу (27.32 сут). Средняя продолжительность одного режима вращения составляет 6.8 сут [3–5]. Вариации длительности режимов вращения обусловлены движением перигея лунной орбиты.

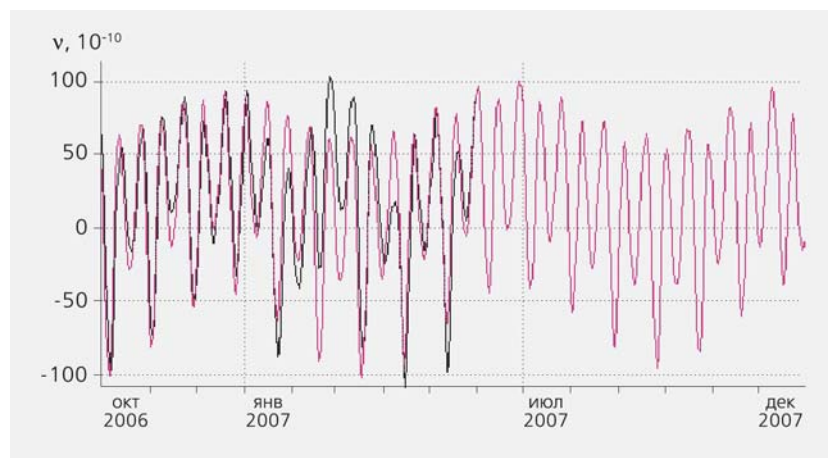


Рис.1. Измеренные и прогнозируемые (цветная кривая) приливные колебания скорости вращения Земли с 1 октября 2006 г. по 31 декабря 2007 г. Для совпадения обеих шкал относительных отклонений угловой скорости v ко всем измеренным значениям прибавлена постоянная величина $150 \cdot 10^{-10}$. Некоторые расхождения в ходе кривых возникают из-за влияния атмосферной циркуляции. Если исключить эффект атмосферы, можно констатировать, что теория хорошо воспроизводит приливные колебания угловой скорости вращения Земли.

Дирижеры синоптических процессов

По нашим многолетним наблюдениям, большая часть перестроек синоптических процессов в атмосфере происходит, когда приливные колебания угловой скорости вращения Земли экстремальны (минимальны или максимальны). А значит, изменения режимов вращения Земли совпадают с трансформациями атмосферных процессов. Автор

регулярно следил за приливными колебаниями скорости вращения Земли, эволюцией синоптических процессов в атмосфере и вариациями гидрометеорологических характеристик во времени. При более углубленном изучении выяснилось, что каждому квазинедельному режиму вращения Земли соответствует некоторый естественный синоптический период. Но режимы вращения Земли обусловлены зональными приливами, значит, не исключено, что и е.с.п. вызываются ими же. Нужна была проверка этого предположения на независимых материалах наблюдений.

В 1999 г. в США завершились грандиозные по объему и стоимости работы по повторному анализу метеорологических наблюдений с 1948 г. Получены уникальные объективные картины полей ветра на всех стандартных изобарических поверхностях (1000 гПа, 925 гПа, 850 гПа и т.д. вплоть до 10 гПа) с шагом 6 ч. Основываясь на этих данных, Д.Салстейн (Бюро атмосферного углового момента США) вычислил шестидесятилетние временные ряды компонентов момента импульса ветров всей атмосферы с шагом 6 ч.

Относительный момент импульса атмосферы характеризует вращение всей атмосферы вокруг поверхности Земли. Компонент b_3 характеризует вращение атмосферы относительно оси вращения Земли, т.е. интенсивность зональной циркуляции. Компоненты b_1 и b_2 — вращение атмосферы по отношению к осям, лежащим в экваториальной плоскости и направленным из центра Земли соответственно на меридиан Гринвича и 90° в.д., т.е. они дают представление об интенсивности меридиональной циркуляции. В книгах [3–4] показано, что проекция b вектора относительного момента импульса атмосферы на экваториальную плоскость ($b_c = \sqrt{b_1^2 + b_2^2}$) вращается с востока на запад, вслед за Солнцем, с суточным периодом. Поэтому можно счи-

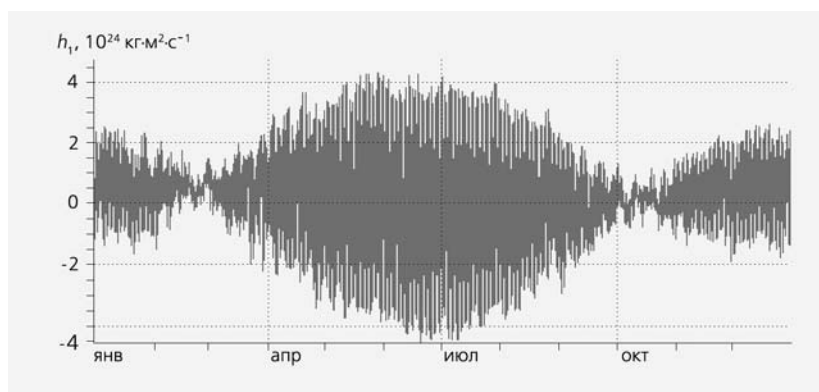


Рис.2. Годовой ход норм шести часовых значений экваториального компонента h_1 относительного момента импульса атмосферы.

тать, что компоненты b_1 и b_2 колеблются с суточным периодом. Амплитуды этих колебаний изменяются (модулируются) с периодами год, полгода, треть года, полмесяца и семь дней. Рис.2, заимствованный из [3–4], иллюстрирует годовой ход норм (средних срочных значений за период 1958–2000 гг.) компонента b_1 . Видны сложные модулированные по амплитуде суточные колебания b_1 с двумя пучностями около летнего и зимнего солнцестояний и двумя узлами в начале марта и начале

октября. Амплитуда суточных колебаний в июне почти в два раза больше, чем в декабре.

На рис.3, где представлены исходные шестичасовые ряды компонентов b_1 и b_2 за весь 60-летний период наблюдений, просматриваются как годовые, так и более длительные периоды модуляции амплитуд суточных колебаний.

Автор провел спектральный анализ этих рядов и показал [3–4], что в колебаниях момента импульса ветров действительно преобладают гармо-

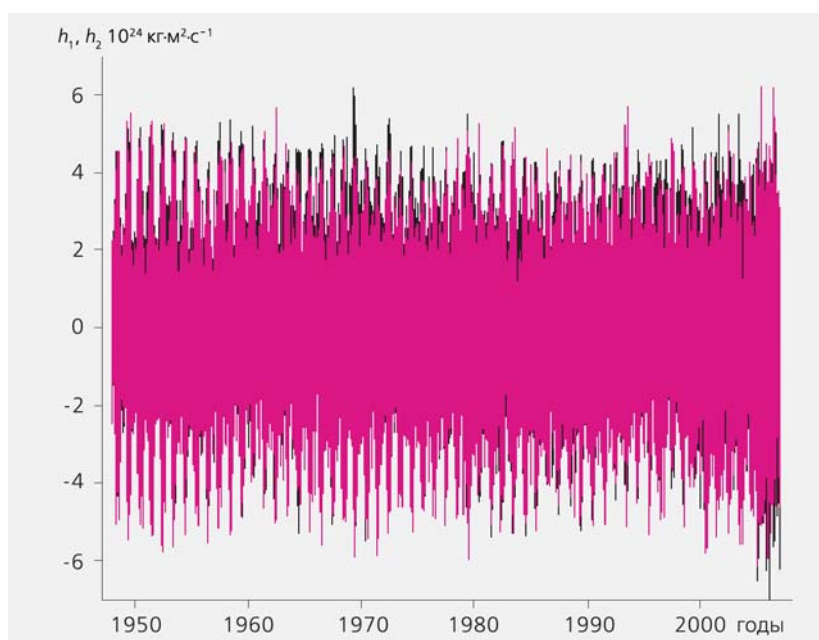


Рис.3. Ход экваториальных компонентов h_1 и h_2 (цветная кривая) относительного момента импульса атмосферы с 1948 по 2006 г.

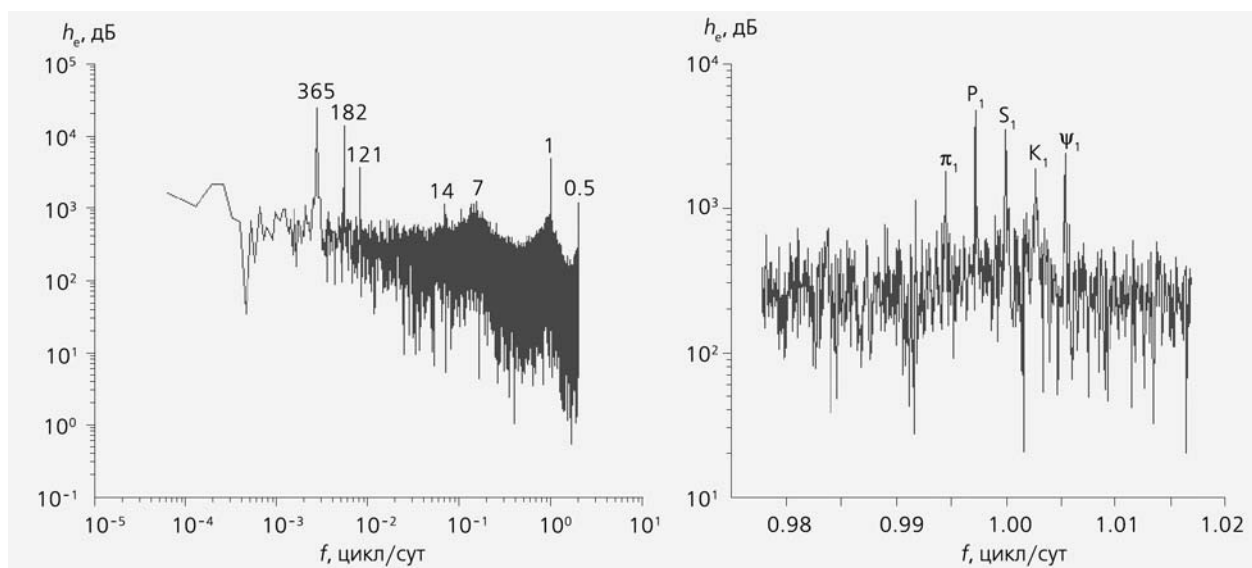


Рис.4. Спектр модуля экваториальной проекции вектора относительного момента импульса атмосферы $h_e = \sqrt{h_1^2 + h_2^2}$ (слева) и его близосуточная область (справа). Слева видны составляющие зональных приливов с периодами 365, 182, 121, 14, 7 сут. Справа видны гармоники суточных приливов. По вертикальной оси отложены значения спектральной плотности (квадрата амплитуды) в децибелах, а по горизонтальной — частоты в циклах за среднесолнечные сутки в логарифмическом масштабе.

ники лунно-солнечных приливов, слегка трансформированные атмосферой (рис.4). Помимо зональных, в атмосфере обнаружены гармоники суточных и полусуточных приливов.

В изменениях вертикального компонента суммарной приливной силы (рис.5) отчетливо видны квазинедельные периоды преобладания то суточных, то полусуточных гармоник. Суточные приливы имеют максимальную амплитуду при наибольшем удалении Луны от экватора (когда модуль склонения Луны

близок к максимуму), а полусуточные — при ее наименьшем удалении (когда склонение Луны близко к 0°).

В течение лунного месяца отмечается два цуга суточных колебаний большой амплитуды и два цуга полусуточных колебаний малой амплитуды. Их длительность тоже меняется от 5 до 8 сут, но в среднем всегда равна 6.8 сут. Экстремумы нижней огибающей суточных и полусуточных приливов совпадают с экстремумами зональных приливов. Это указывает,

что е.с.п. в атмосфере могут формироваться под воздействием не одних долгопериодных (зональных), но так же суточных и полусуточных лунно-солнечных приливов.

Так выяснилось, что эволюция синоптических процессов в атмосфере происходит не только за счет внутренней динамики, но и под управлением внешнего «дирижера» — лунно-солнечных приливов. Естественные синоптические периоды обусловлены колебаниями приливных сил, а их смена связана с изменениями знаков приливных сил. Вариации длительности е.с.п. вызваны частотной модуляцией приливных сил из-за движения перигея лунной орбиты.

Заглядываем в будущее

Итак, между приливными колебаниями скорости вращения Земли и изменениями синоптических процессов в атмосфере имеется статистически значимое синхронное соответствие. Позже были также сопоставле-

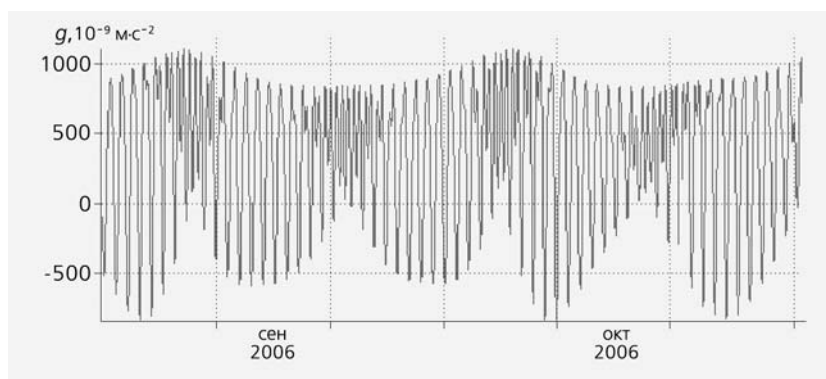


Рис.5. Изменение силы тяжести из-за приливов в сентябре-октябре 2007 г. По вертикали отложено ускорение свободного падения.

ны приливные колебания вращения Земли и вариации метеорологических характеристик. В итоге был разработан способ прогноза гидрометеорологических характеристик [6]. Алгоритм его следующий.

Колебания скорости вращения Земли v уверенно вычисляются с любой дискретностью и заблаговременностью на основании теории (рис.1). По предвычисленным на прогнозируемый период (ближайший год) значениям скорости вращения Земли ω с помощью корреляционного анализа определяется аналогичный период в прошлом с таким же примерно режимом вращения Земли. Предполагается, что расписание синоптических процессов и ход аномалий температуры в прогнозируемом отрезке времени будет соответствовать периоду-аналогу. Аномалии температуры, наблюдавшиеся в его границах, принимаются за ожидаемые. Затем к ним прибавляются соответствующие нормы, и таким образом делается прогноз температуры воздуха.

Наша методика позволяет предвычислять температуру воздуха с суточным разрешением на срок до одного года по любому пункту, где только имеются достаточно продолжительные ряды наблюдений. В настоящее время есть возможность составлять прогнозы аномалий температуры воздуха по 70 станциям мира, а также в узлах сетки $5 \times 10^\circ$ по трапеции, ограниченной $40-75^\circ$ с.ш. и $20-180^\circ$ в.д.

Оправдываемость прогнозов среднемесячных аномалий температуры в Москве за 2000—2006 гг. составила $\approx 75\%$ (примерно 9 мес из 12). Ошибки возникают главным образом из-за сдвигов фазы колебаний на несколько дней. Поэтому наши сверхдолгосрочные прогнозы температуры с суточной дискретностью не могут удовлетворить потребителя, интересующегося точным временем изменения температуры, но устроят тех, для кого важно не столько

время, сколько сам факт наступления такого изменения. Лучше всего оправдываются оценки для Поволжья, Центральной России и Северного Кавказа. Заметно хуже результаты по данным высокоширотных и морских станций. В целом прогнозы, по-видимому, можно считать удачными только по Первому е.с.р. Для районов, расположенных восточнее Енисея, за 2001—2003 гг. получены неудовлетворительные результаты.

Есть ли долгопериодная изменчивость?

Лунная приливная сила колеблется во времени с периодом 13.65 сут. Она есть функция склонения и геоцентрического расстояния Луны, которые изменяются во времени сложным образом. Амплитуда месячных колебаний склонения Луны изменяется с периодом 18.61 года от 29 до 18° из-за регрессии узлов лунной орбиты. Перигей лунной орбиты движется с периодом 8.85 года, что вызывает вариацию квазинедельного периода колебаний приливных сил в пре-

делах от 5 до 8 дней. В итоге амплитуда колебаний приливных сил меняется во времени с периодами: 18.61, 8.85, 6.0, 1, 0.5 года, месячным, полумесячным, недельным, суточным, полусуточным и многими другими менее значимыми периодами. Изменчивость приливных сил ярче всего заметна в колебаниях вращения Земли. На рис.6 приведен ход приливных колебаний скорости вращения Земли с 1901 до 2011 г. с суточным разрешением. Здесь заметно, что амплитуда полумесячных колебаний ведет себя сложным образом. Верхняя огибающая кривая выписывает волны с периодом 18.6 года, а нижняя огибающая колеблется с периодом 4.4 года. На рис.7 для сравнения приведены кривые вычисленных приливных колебаний угловой скорости вращения Земли для периодов минимальной (1997) и максимальной (2007) изменчивости приливных сил. Можно видеть, что амплитуда приливных колебаний угловой скорости в 2007 г. почти в два раза больше, чем в 1997 г.

Изменчивость той или иной геофизической величины во времени удобно характеризо-

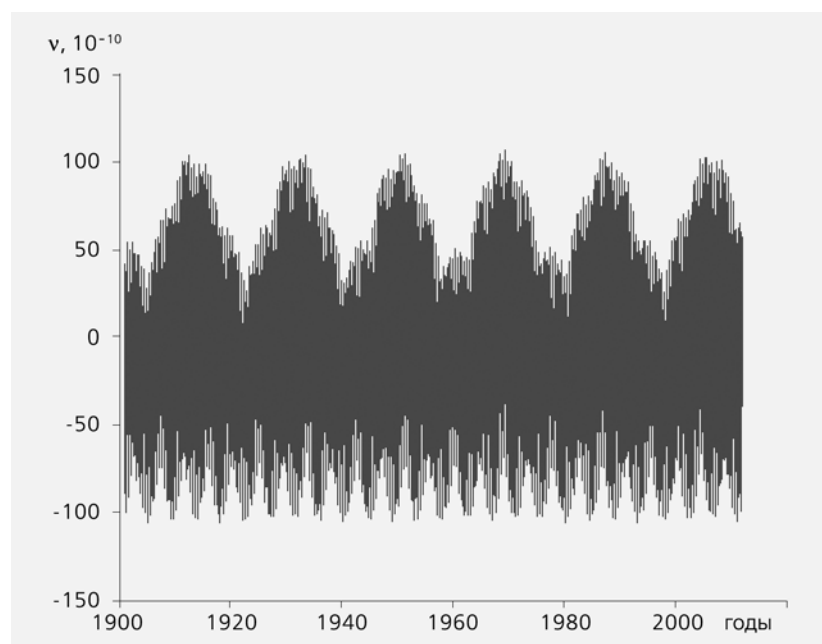


Рис.6. Приливные колебания угловой скорости вращения Земли с 1901 по 2011 г.

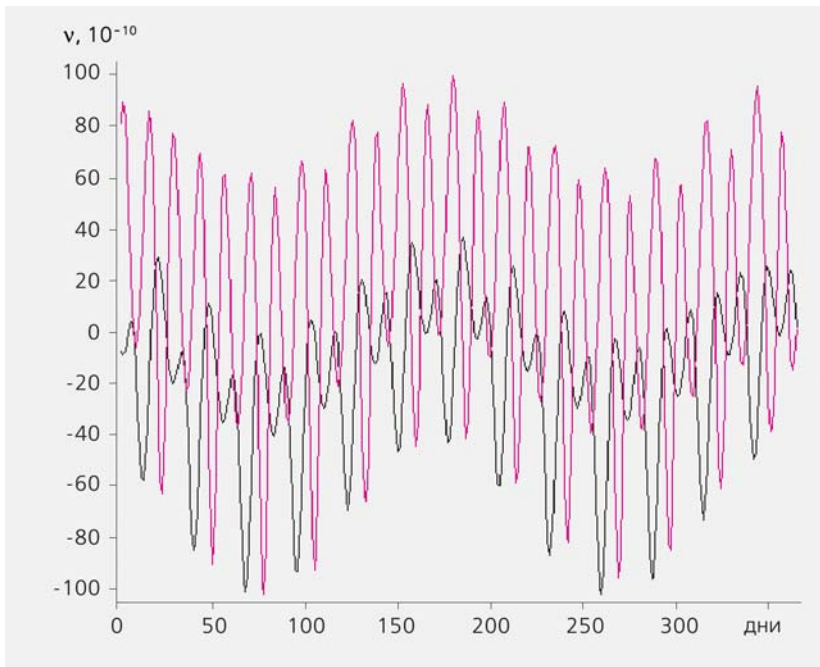


Рис.7. Приливные колебания угловой скорости вращения Земли в 1997 г. и 2007 г. (цветная кривая).

вать ее дисперсией, вычисленной в скользящем временном интервале. Будем вычислять дисперсии D временного ряда приливных колебаний скорости вращения Земли v в скользящем годовом интервале:

$$D = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (v_i - v),$$

где v_i — суточные значения скорости,

$$v = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i -$$

среднегодовые значения скорости, $N = 365$. Значения дисперсий D находились для годового интервала, который не-

прерывно смещался от начала до конца анализируемого ряда. Шаг скользящего равнялся одним суткам.

Рис.8 демонстрирует ход во времени дисперсии D приливных колебаний скорости вращения Земли. Величина дисперсии D изменяется в три раза: от минимальной в 1903, 1923, 1942, 1960, 1978, 1997 гг., до максимальной в 1914, 1932, 1950, 1969, 1988, 2007 гг. Минимальной дисперсия D бывает при совпадении нисходящего узла лунной орбиты с точкой весеннего равноденствия, а максимальной — при совпадении восходящего узла лунной орбиты с точкой весеннего равноденствия. Таблица дает экстремумы

дисперсии D приливных колебаний скорости вращения Земли за 1600—2010 гг.

Из-за изменчивости приливных сил амплитуда колебаний метеорологических и морских гидрологических характеристик тоже меняется во времени с теми же периодами. Но чем больше размах колебаний гидрометеорологических параметров, тем чаще возникают экстремальные ситуации (аномальные жара или холода, засухи или наводнения, ураганные ветры, сильные грозы, град), тем больший ущерб хозяйству наносят опасные гидрометеорологические явления. Другими словами, частота возникновения *экстремальных природных процессов* изменяется в соответствии с разнообразными колебаниями приливных сил. Отклики в земных оболочках на лунные циклы зависят от сезона года. Вследствие этого возникают циклы изменчивости природных процессов в широком диапазоне периодов («стробоскопические» эффекты).

Чтобы строго статистически доказать существование изменчивости гидрометеорологических характеристик с периодом 18.6 года, необходимы ряды высокочастотных наблюдений гидрометеорологических характеристик, охватывающие несколько десятков 18.6-летних циклов (длительностью более 300 лет). К сожалению, гидрометеорологи используют усредненные (среднемесячные и среднегодовые) данные, которые уже не содержат никакой информации о приливных колебаниях. Если бы мы, например, усреднили значения компонент b_1 и b_2 даже по суткам, мы бы получили их почти постоянные значения, не содержащие ни амплитудной, ни частотной модуляции несущей суточной частоты.

С 1966 г. на метеостанциях начали вести наблюдения через каждые 3 ч. Но пока эти ряды охватывают всего два 18.6-летних цикла и не годятся для стро-

Таблица

Годы экстремумов дисперсии приливных колебаний скорости вращения Земли в 1600—2010 гг.

Экстремумы	Годы																
Максимум	1617	1635	1653	1671	1689	1710	1728	1746	1764	1782	1802						
Минимум	1606	1624	1643	1663	1681	1699	1717	1736	1756	1774	1792						
Максимум	1821	1839	1857	1875	1896	1914	1932	1950	1968	1987	2007						
Минимум	1810	1829	1849	1867	1885	1903	1923	1942	1960	1978	1996						

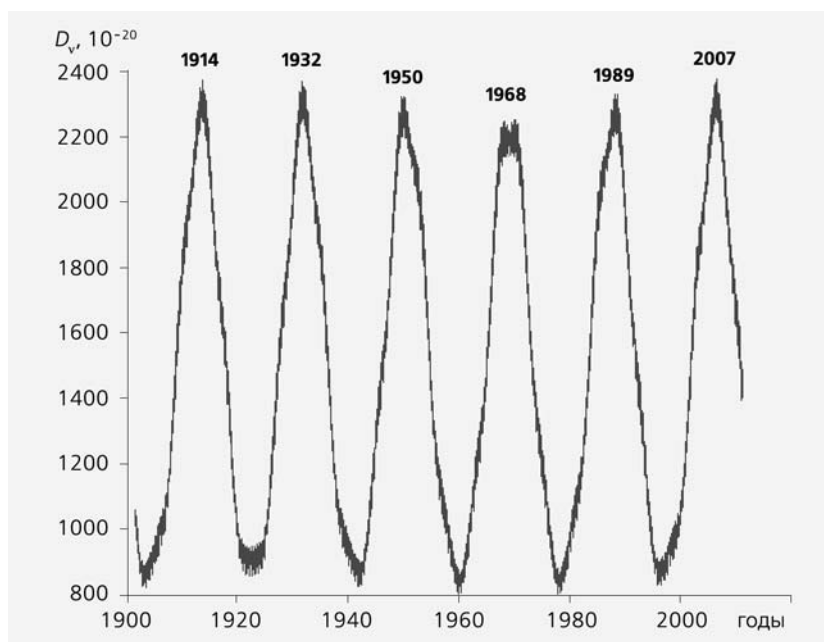


Рис.8. Дисперсия приливных колебаний скорости вращения Земли в скользящем годовом окне за период 1900—2010 гг.

гого статистического исследования обсуждаемой проблемы. Срочные метеоданные за более ранние годы найти практически невозможно. Однако нам удалось получить первые предва-

рительные указания на существование 18.6-летней изменчивости при анализе временных рядов компонентов момента импульса атмосферы и коэффициентов разложения глобально-

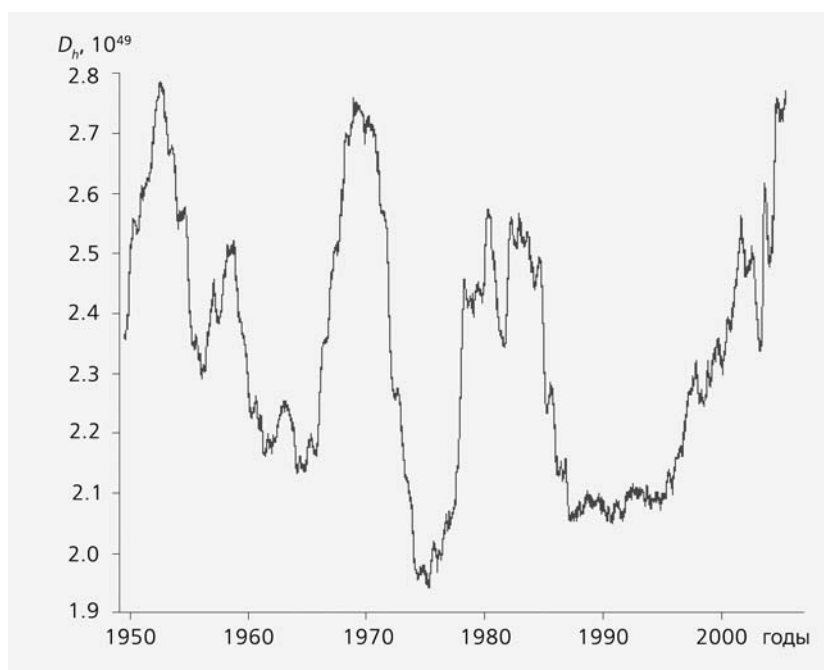


Рис.9. Изменение дисперсии экваториального компонента h_1 относительного момента импульса атмосферы в скользящем трехлетнем окне.

го поля атмосферного давления с 6-часовым разрешением. Мы воспользовались упомянутыми выше рядами компонентов h_1 и h_2 относительного момента импульса атмосферы с 1948 по 2006 г. и вычислили дисперсию в скользящем трехлетнем интервале. Оба компонента дали аналогичные результаты, потому на рис.9 приводится ход дисперсии только компонента h_1 . Видно, что максимумы дисперсии момента импульса тяготеют к максимумам изменчивости приливных сил в 1951, 1969, 1987 и 2007 гг. Лишь в 80-е годы максимум h_1 несколько опережает максимум приливных сил. Таким образом, многолетняя изменчивость момента импульса атмосферы в определенной степени обусловлена 18.6-летними вариациями приливных сил.

Статистический учет опасных природных явлений еще находится в зачаточном состоянии, и провести какой-либо удовлетворительный математический анализ их изменчивости невозможно. Поэтому мы напомним лишь экстремальные события последних лет.

На наших глазах

Максимум изменчивости лунно-солнечных приливных сил в 2005—2007 гг. привел ко многим экстремальным явлениям. Катастрофическое землетрясение и опустошительное цунами произошли 26 декабря 2004 г., точно в момент ежегодного зимнего и 18.6-летнего максимумов приливной силы.

В 2005 г. наблюдалась чрезвычайная активность тропической атмосферы. Так, количество тропических циклонов в Атлантическом океане в 2005 г. было настолько велико, что им не хватило имен, — ведь имя каждого циклона начинается с определенной буквы латинского алфавита. Согласно климатической норме, в Атлантике в период с июня по ноябрь включительно должно образовываться девять

вихрей, а их было 27. Прежний рекорд числа циклонов отмечался в 1933 г., когда тоже фиксировался максимум изменчивости приливных сил.

Долгое время самым страшным погодным бедствием у себя в стране американцы считали ураган «Камилла», который в 1969 г. унес 600 жизней. В 2005 г. ураган «Катрина» стал причиной гибели уже около 1,5 тыс. человек. Ущерб от урагана составил 130 млрд долл. — «Катрина» стала самым дорогостоящим стихийным бедствием XX в. Еще три урагана четвертой категории — «Вилма», «Рита», и «Стен» — довели цифру материальных потерь в 2005 г. до 200 млрд долл.

В соответствии с архивами Национальной метеорологической службы Мексики, 2005 г. по количеству ураганов, опустошающих регион, бьет рекорды 1850 г. В любом случае, за всю историю инструментальных наблюдений такого количества ураганов в Атлантике еще не было.

В 2005 г. наблюдались исключительные по длительности существования блокирующие антициклоны: в феврале—апреле — в районе Исландии, а в сентябре—ноябре — над европейской частью России. Они привели к экстремальным погодным условиям в Европе.

Среди уникальных явлений 2005 г. следует назвать засуху в Испании, продолжавшуюся почти 7 мес, ущерб от которой приблизился к 1 млрд евро, и аномально сухую осень в Восточной Европе и на большей части Европейской России. В отдельные дни всю умеренную зону Северного полушария занимал пояс высокого атмосферного давления. В Московском регионе осень 2005 г. оказалась самой сухой за последние 100 лет.

Экстремальные гидрометеорологические явления продолжались и в 2006 г. В январе и феврале 2006 г. отмечались ультраполярные вторжения, которые

привели к необычно низким температурам воздуха в странах Восточной Европы (включая европейскую часть России). На территории Южного федерального округа, в Украине и в ряде соседних стран Восточной Европы вымерзли или были повреждены виноградники, деревья персиков и другие теплолюбивые сорта плодовых деревьев, пострадали посевы озимых культур. Весна 2006 г. принесла рекордные наводнения на Эльбе и Дунае. Были превышены многие рекорды подъема уровня воды. Летом наводнения отмечались на Енисее и Амуре.

В июне и июле 2006 г. по той же причине наблюдалась чрезвычайная жара во многих странах Европы. В Европейской России в эти месяцы периоды изнуряющей жары чередовались с периодами экстремально низких температур воздуха. Так, на Европейском Севере в июне день за днем ставились рекорды тепла — в Архангельской обл. и в Коми было за 30°. Зато во второй половине июля здесь стало невыносимо холодно. В Архангельской, Костромской, Кировской и других областях даже отмечались заморозки. А теоретически считается, что арктический воздух в июле не способен докатиться до Средней полосы России.

В июле 2006 г. и мае 2007 г. москвичи познали все — и нестерпимую жару, и осенний холод. Погоду в Москве просто лихорадило.

В конце июля — начале августа 2006 г., когда в европейской части России было необычно холодно, на северо-востоке США стояла страшная жара. Рекорд температуры для второго дня августа был зарегистрирован в среду в Нью-Йорке — +40,5°C. Прежний рекорд держался с 1955 г. и равнялся +39,3°C. Для города с морским климатом подобные условия — самый настоящий «экстрим». В Нью-Йорке впервые за всю историю из-за жары было введено чрезвычайное положение — официально объявлена «тепловая трево-

га». Жара стала причиной смерти уже более 130 американцев.

В августе 2006 г. аномальная жара изнуряла южные районы Европейской России. Температура воздуха преодолела барьер +40°C почти во всех пунктах Ставрополя, Астраханской обл., Калмыкии и Дагестана. 8 августа в Моздоке температура воздуха достигла +43°C! В лесостепной зоне Южного округа полыхали пожары — их было в два-три раза больше, чем обычно. Горели кустарники и сухая трава. В то же время на севере Центрального района было аномально холодно.

Сейчас атмосфера и гидросфера преподносят сюрпризы не только на месячных интервалах времени, но и на межгодовых. Так, в Европейской России зима 2005—2006 гг. была самой суровой после 1978 г., а следующая за ней зима 2006—2007 гг. оказалась самой теплой, возможно, за все историческое время. В 2005—2006 гг. наблюдались очень суровые ледовые условия в Азовском море, Финском заливе и северной части Черного моря. Зимой же 2006—2007 гг. было столь тепло, что в январе набухали почки, зеленели травяные газоны, в лесах росли весенние грибы, а медведи мучались от бессонницы. Зимняя погода стояла только в феврале. В Москве снежный покров существовал лишь с 24 января по 15 марта 2007 г. По продолжительности оттепелей и бесснежного периода зима 2006—2007 гг. в Средней полосе и на Северо-Западе побил все рекорды. В марте 2007 г. в Москве было установлено семь новых абсолютных рекордов температуры для семи дней.

Январь 2007 г. стал самым теплым месяцем зимы на нашей планете за всю историю метеорологических наблюдений, которые проводятся уже почти 150 лет. По расчетам метеорологов Американского национального климатического центра, среднемесячная температура поверхности нашей планеты в январе достигла почти 13°C.

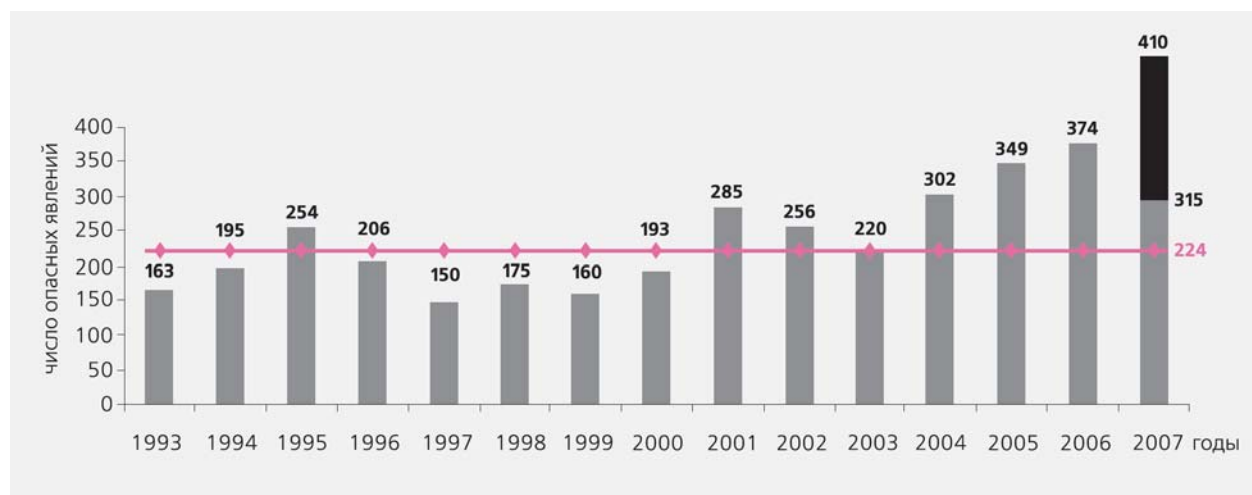


Рис.10. Изменение годового числа опасных погодных явлений за последние 15 лет по данным Ю.И.Скаева (центр «Антистихия»). Для 2007 г. указано число явлений за 7 месяцев (315); черная часть дополняет столбик до прогнозируемого их количества (410). Цветная прямая проведена на уровне среднегодового значения за 15 лет.

Обилие погодных аномалий означает и большое число опасных гидрометеорологических явлений. Циклон «Кирилл», прошедший по северу Европы в середине января 2007 г., был одним из сильнейших за последние десятилетия. Его жертвами стали десятки человек. Страховые убытки от урагана «Кирилл» в Европе оценены в 4–8 млрд евро. Во многих странах Европы было нарушено железнодорожное и автомобильное сообщение, отменены сотни авиарейсов.

Статистика опасных гидрометеорологических явлений, проводимая в Гидрометцентре России А.П.Гречихой и В.И.Лукьяновым, отчетливо отмечает повышение их в последние 10 лет (рис.10). Значит ли это, что и в дальнейшем число катастроф будет только расти?

При увеличении (уменьшении) амплитуд приливов возрастает (уменьшается) экстремальность природных процессов. Сейчас имеет место максимум 18,6-летнего цикла изменчивости приливных сил. Поэтому на-

раставшая в последние годы частота экстремальных природных процессов обусловлена не только глобальным потеплением климата, но и наблюдающимся сейчас максимумом изменчивости приливных сил. В 2008–2016 гг. изменчивость приливных сил будет уменьшаться. И в этот период времени можно ожидать некоторого снижения экстремальности природных процессов из-за меньшего воздействия приливных сил — на этой оптимистической ноте мы и закончим наш рассказ. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 06-02-16665а.

Литература

1. *Мультиановский Б.П.* Основные положения синоптического метода долгосрочных прогнозов погоды. М., 1933.
2. *Пагава С.Т., Аристов Н.А., Блюмина Л.И., Туркетти З.Л.* Основы синоптического метода сезонных прогнозов погоды. Л., 1966.
3. *Сидоренков Н.С.* Физика неустойчивостей вращения Земли. М., 2002.
4. *Сидоренков Н.С.* Атмосферные процессы и вращение Земли. СПб., 2002.
5. *Сидоренков Н.С.* Природа неустойчивостей вращения Земли // Природа. 2004. №8. С.8–18.
6. *Сидоренков Н.С., Сидоренков П.Н.* Способ прогноза гидрометеорологических характеристик. Патент на изобретение №2182344 от 10 мая 2002 г.

История открытия сидоренкита

К 90-летию со дня рождения академика А.В.Сидоренко

А.П.Хомяков

Сидоренкит, бонштедтит, крофордит — еще недавно названий этих родственных друг другу редчайших минералов с индивидуальным химическим составом и уникальной структурой не было ни в одном словаре минеральных видов. Все они вошли в справочники только после того, как специалисты из Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ) и ряда других организаций за сравнительно короткий период открыли в глубинных зонах щелочных массивов Хибино-Ловозерского комплекса (Кольский п-ов) около полутора сотен новых минералов и дали им свои названия. Если же обратиться к Кольскому региону в целом, то на его территории в общей сложности было описано около 250 ранее неизвестных науке минералов — значительно больше, чем в любой другой щелочной провинции мира, включая такие знаменитые, как Ильмено-Вишневогорскую на Урале и Гардарскую в Гренландии. Около 50% этих минералов получили названия по персональному принципу с использованием имен самых разных лиц — от выдающихся и весьма известных ученых до искусных профессионалов и минералогов-любителей [1].

Первые открытия новых минералов на Кольском п-ове были сделаны еще в конце XIX в. участниками экспедиций фин-



Александр Петрович Хомяков, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов. Научные интересы связаны, главным образом, с изучением массивов щелочных пород и ассоциированных с ними уникальных редкометалльных месторождений, в которых им открыто более 90 новых минералов.

ских исследователей во главе с В.Рамзаем, а позднее — коллективами из многих институтов АН СССР, возглавлявшимися А.Е.Ферсманом, К.А.Власовым и другими видными учеными. Благодаря их вкладу в открытие уникальных редкометалльно-фосфатных месторождений (апатитовых, лопаритовых, эвдиалитовых и др.), щелочные массивы Хибин и Ловозера приобрели широчайшую мировую известность и значение подлинного национального достояния страны. В дальнейшем ученики и последователи первопроходцев успешно продолжали работать в этом регионе. Об этом свидетельствует статистика: за первые 80 лет (с 1890 по 1970 г.) там описано 33 неизвестных науке минерала, а с 1971 по 2005 г. — около 150 [2].

В ореолах редкометалльно-фосфатных месторождений Хибино-Ловозерского комплекса на значительной глубине от по-

верхности были обнаружены существенно новые силикатно-солевые породы ультраагпаитового типа, резко пересыщенные натрием, летучими и редкими элементами [3]. Один из наиболее неожиданных результатов изучения этих пород — обнаружение в них самых щелочных из установленных в природе предшественников водорастворимых силикатов (натросилит $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$), карбонатов (натрит Na_2CO_3), фосфатов (олимпит $\text{Na}_5\text{Li}[\text{PO}_4]_2$) и других малостойких соединений, существование которых в виде кристаллических фаз еще недавно невозможно было даже предсказать. Открытие в рудоносных зонах Хибин и Ловозера обильных скоплений минералов-индикаторов предельно щелочных условий эндогенного минералообразования позволило объяснить гигантские размеры месторождений, связанных с щелочным магматизмом, их ярко выраженный комплексный

характер и чрезвычайно разнообразие минеральных видов.

Среди новых солевых минералов оказалась целая группа кристаллохимически родственных друг другу карбонатофосфатов:

сидоренкит $\text{Na}_3\text{Mn}(\text{PO}_4)(\text{CO}_3)$ [4],
 бонштедтит $\text{Na}_3\text{Fe}(\text{PO}_4)(\text{CO}_3)$ [5],
 крофордит $\text{Na}_3\text{Sr}(\text{PO}_4)(\text{CO}_3)$ [6].

Первый из них был назван в честь выдающегося советского геолога, одного из основателей Кольского филиала АН СССР академика А.В.Сидоренко (1917—1982), второй — в честь Э.М.Бонштедт-Куплетской (1897—1974), известного советского минералога, участницы северных экспедиций Ферсмана, и третий — в честь первооткрывателя солей стронция, шотландского врача и профессора химии А.Крофорда (1748—1795). Отсылая читателя к указанным работам, содержащим подробные данные о каждом из этих минералов, остановимся лишь на некоторых аспектах истории открытия минерала, идея присвоения которому имени Сидоренко родилась 30 лет назад. В октябре 1977 г. готовились торжества по случаю 60-летнего юбилея ученого, занимавшего в то время посты вице-президента АН СССР и президента Всесоюзного минералогического общества (ВМО).

Ко мне обратился один из давних друзей Сидоренко, заведующий лабораторией ИМГРЭ В.В.Ляхович с предложением присвоить еще не названному кольскому минералу имя его институтского друга и одного из отцов-основателей Кольского филиала АН СССР. Предложение оказалось как нельзя более кстати. Как раз в тот период в моем портфеле в завершающей фазе исследования находилось несколько новых минералов, для которых я продумывал варианты названий. Выбор остановился на наиболее детально изученном ловозерском минерале состава $\text{Na}_3\text{Mn}[\text{PO}_4](\text{CO}_3)$, встречающемся в виде хорошо ограниченных кристаллов.



Сросток (8×3 мм) розовых кристаллов сидоренкита в пустотке выщелачивания пегматита [10].

И вот в день приема гостей, пришедших в здание Президиума АН СССР на Ленинском проспекте, чтобы поздравить юбиляра, нашу небольшую делегацию из ИМГРЭ в составе Ляховича, представителя дирекции института В.В.Иванова и меня пригласили в кабинет Александра Васильевича, где мы продемонстрировали образец пегматитовой породы с крупным выделением нового минерала ярко-розового цвета, а также этикетку с формулой и еще не окончательным, требующим уточнения названием «сидоренк(о)ит». Мы предложили виновнику торжества самому определить, на каком из вариантов — полном с буквой «о» или сокращенном — следует остановиться.

Здесь необходимо сделать небольшое отступление для не посвященных в таинства открытий новых минералов и процедуры их официального утверждения Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации (КНМНМ ММА). Новый минерал можно назвать собственным именем только с согласия данного человека (это, конечно, не распрост-

раняется на ушедших из жизни). Одна из тонкостей указанного требования заключается в том, что на стадии, предшествующей голосованию, каждый представленный минерал рассматривается лишь как потенциально новый. В действительности может оказаться, что несколько ранее уже была утверждена заявка на идентичный минерал с иным названием, изученный другим коллективом исследователей, или же (что случается гораздо чаще) рассматриваемый объект признается разновидностью уже известного минерала, не требующей присвоения ей индивидуального названия [7]. Теперь представьте себе состояние известного на весь мир ученого, получившего известие об отклонении минерала, названного его именем [8], и возможную реакцию того же ученого, когда после отклонения первой заявки к нему через какое-то время вновь обратились с аналогичным предложением.

Обо всем этом я тогда не слишком задумывался, хотя имел в виду, что в случае фиаско с этим минералом я могу предложить комиссии назвать сидоренкитом другой, не менее интересный кольский минерал.

ВСЕСОЮЗНОЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО

ДИПЛОМ

РЕШЕНИЕМ СОВЕТА
ВСЕСОЮЗНОГО МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА
И КОМИССИИ ПО НОВЫМ МИНЕРАЛАМ
И НАЗВАНИЯМ МИНЕРАЛОВ ВРУЧЕН
А.П.ХОМЯКОВУ, Е.И.СЕМЕНОВУ, М.Е.КАЗАКОВОЙ, Н.Г.ШУМЯЦКОЙ

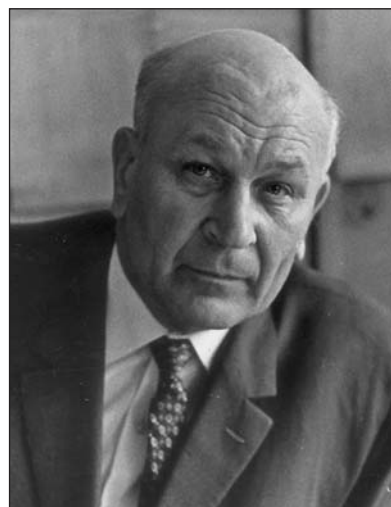
ЗА УСТАНОВЛЕНИЕ И ОПИСАНИЕ НОВОГО МИНЕРАЛА
СИДОРЕНКИТА (SIDORENKITE)

КОТОРЫЙ КОМИССИЕЙ ПО НОВЫМ МИНЕРАЛАМ
И НАЗВАНИЯМ МИНЕРАЛОВ
МЕЖДУНАРОДНОЙ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЙ АССОЦИАЦИИ
ПРИЗНАН НОВЫМ МИНЕРАЛЬНЫМ ВИДОМ
(ЗАКЛЮЧЕНИЕ ОТ 11 мая 1978 ГОДА)



ПРЕЗИДЕНТ ВСЕСОЮЗНОГО
МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ КОМИССИИ
ПО НОВЫМ МИНЕРАЛАМ
И НАЗВАНИЯМ МИНЕРАЛОВ



Александр Васильевич Сидоренко
(1917—1982).

Такова в общих чертах история названия минерала, вошедшего в мировую научную и справочную литературу около 30 лет назад.

Если обратиться к истории открытия и исследования сидоренкита, то первые данные о нем (дебаяграмма, параметры элементарной ячейки, спектральный анализ) были получены Е.И. Семеновым в 1964 г. из микроколичеств минерала, кратко описанного им как «розовый NaMn-карбонат» в пегматитах района Аллуйв Ловозерского массива. В 1977 г. идентичный по свойствам минерал я обнаружил в том же районе, но уже в количествах, достаточных для полного исследования. Оказалось, что сидоренкит представляет собой довольно необычное и более сложное, чем предполагалось ранее, соединение, относящееся как к карбонатам, так и к фосфатам, что сближает его с однотипным по химической формуле бредлиитом $\text{Na}_3\text{Mg}(\text{PO}_4)(\text{CO}_3)$ — солевым минералом, типоморфным для отложений содовых озер формации Грин-Ривер. Кристаллическая структура сидоренкита тоже оказалась весьма необычной. Ее анионную основу составляет смешанный радикал $\{\text{Mn}[\text{PO}_4](\text{CO}_3)\}^{3-}$ с набо-

Диплом, врученный первооткрывателям сидоренкита.

Возвращаясь к нашей встрече с Александром Васильевичем, вспоминаю его мгновенную реакцию на наше предложение. Первое, чем он сразу заинтересовался не без грусти в голосе: «А насколько вы уверены, что минерал действительно новый?» При этих словах головы моих спутников дружно повернулись в мою сторону. Я подтвердил свою уверенность, но рассказал о случаях, когда один и тот же минерал открывают в разных местах с небольшим разрывом во времени, за чем уследить совершенно невозможно.

В результате наше предложение было с благодарностью принято, а через некоторое вре-

мя сидоренкит единогласно утвердили в КНМНМ ММА, затем авторы открытия и исследования этого минерала были награждены специальным дипломом Всесоюзного минералогического общества [7]. После публикации описания сидоренкита в «Записках ВМО» я передал Сидоренко отпечаток статьи и копию диплома за открытие минерала. Вскоре мы получили письмо со следующими словами: «Прошу принять сердечную благодарность в связи с открытием, описанием и наименованием нового минерала — сидоренкита — в мою честь. Тронут Вашим вниманием, желаю дальнейших успехов. Ваш А.Сидоренко».

ром комплексов трех типов — Mn -октаэдров, $[PO_4]$ -тетраэдров и (CO_3) -треугольников [9], что представляет собой большую редкость, объясняемую известным правилом устойчивости неорганических структур Полинга (принцип экономичности) — в любой структуре энергетически выгодно существование наименьшего числа типов полиэдров.

Почти сразу же вслед за открытием сидоренкита в Ловозерском массиве он был обнаружен и описан в ультраагпаитовых пегматитах горы Расвумчорр Хибинского массива [4], а позднее встречен еще и как минералогическая редкость в аналогичных образованиях из щелочного массива Сент-Илер (провинция Квебек в Канаде). Этими тремя массивами и исчерпывается список объектов, где известен сидоренкит.

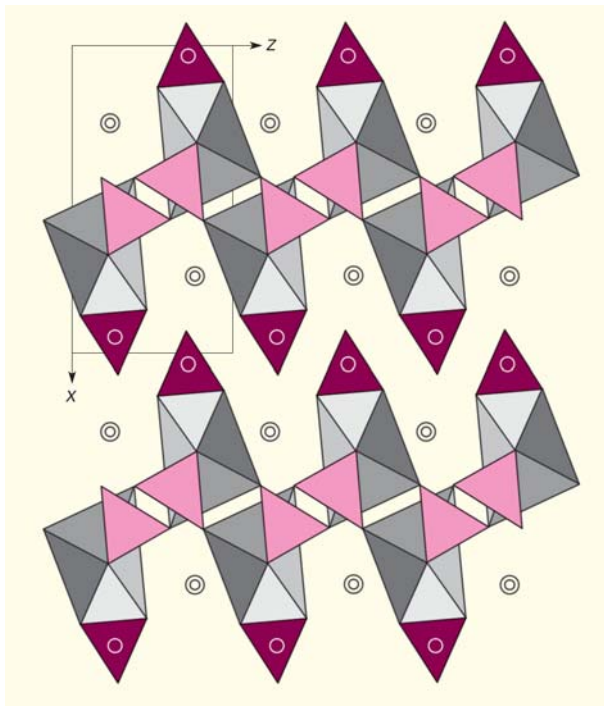
Относительно широко наш минерал распространен только

в пределах его типового месторождения — пегматитового поля горы Аллуайв. Здесь он встречается в жильных и шпировидных телах ультраагпаитовых пегматитов в виде прозрачных зерен розового цвета размером до 1–2 см в ассоциациях с виллиомитом, когаркоитом, термонатритом, эгирином и др. Более значительные по размеру выделения сидоренкита описаны И.В.Пековым [10] в двух крупнейших телах, известных как жилы Шкатулка и Шомиокитовая. В первой он образует толстотаблитчатые кристаллы до 6–7 см, находящиеся в ассоциации с усингитом, серандитом, сфалеритом и др., во второй — такие же по морфологии выделения, но до 10–12 см, связанные с кавернозной эгирин-альбитовой породой. Содержание сидоренкита в ней местами достигает 30 об.%. Кроме того, в эгирин-альбитовых полостях встречаются хорошо огранные таблитчатые,

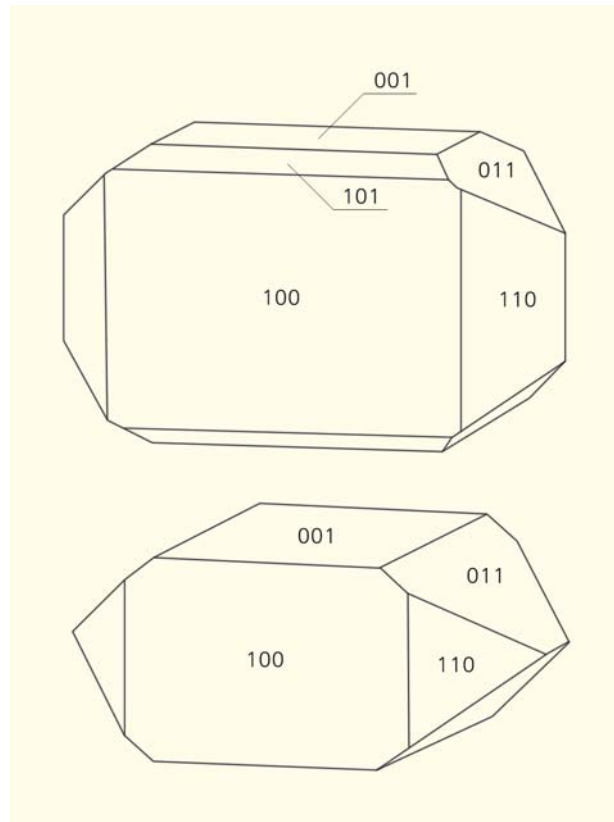
изометричные и призматические кристаллы размером до 2 см.

Открытие сидоренкита пополнило сравнительно короткий в те годы, но ныне весьма обширный список минералов-эндемиков ультраагпаитовых пород, распространенных только (или практически только) в образованиях данного генетического типа. Основная часть минералов из этого списка установлена в Ловозерском и Хибинском массивах, с которыми пространственно и генетически связаны крупнейшие в мире месторождения редкометалльно-фосфатного сырья.

Таким образом, фамилия Александра Васильевича оказалась навеки связанной не только с конкретным новым для науки минералом, но и с уникальными образованиями земной коры, наиболее ярко представленными в регионе, особенно дорогим сердцу рано ушедшего от нас замечательного человека и выдающегося ученого.



План кристаллической структуры сидоренкита [9]. Полиэдрами выделены анионные сетки из Mn -октаэдров (точечная штриховка), P -тетраэдров (линейная штриховка) и C -треугольников (зачернены). Кружки — атомы Na .



Кристаллы сидоренкита из жилы «Шомиокитовая» [10].

Как было показано в дальнейшем, высокая степень эндемичности минералов — общая особенность минералогии гигантских месторождений самых разных видов полезных ископаемых, определяющих структуру национальных экономик многих стран. На основе анализа типоморфных минералов-энде-

миков были сформулированы принципиально новые для теории рудогенеза подходы к решению проблемы формирования промышленных концентраций металлов в литосфере [11, 12].

И в наши дни пророчески по отношению к сидоренкиту, как и к большинству других типоморфных минералов ультраагпа-

итовых пород, звучат слова одного из наших великих предшественников, академика Ферсмана [13]: «Для нас безразлично, что это маленький невзрачный кристаллик, который мы видим только в лупу, если он является отражением важного геохимического, а может быть, и целого геологического процесса». ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 07-05-00084.

Литература

1. Хомяков А.П. Семейные минералы Кольского региона и роль персональных названий в современной минералогической номенклатуре // Труды III Ферсмановской научной сессии Кольского отделения РМО, посвященной 50-летию КО РМО. Апатиты, 2006. С.43—46.
2. Хомяков А.П. Рекордный вклад Кольского региона в общую систему минеральных видов // Труды III Ферсмановской научной сессии Кольского отделения РМО, посвященной 50-летию КО РМО. Апатиты, 2006. С.96—98.
3. Хомяков А.П. Минералогия ультраагпаитовых щелочных пород. М., 1990.
4. Хомяков А.П., Быкова А.В., Шлихтер А.П. // Зап. ВМО. 1980. №5. С.592—594.
5. Хомяков А.П., Александров В.Б., Краснова Н.И. и др. // Зап. ВМО. 1982. №4. С.491—495.
6. Хомяков А.П., Полежаева Л.И., Соколова Е.В. // Зап. ВМО. 1994. №3. С.107—111.
7. Расцветаева Р.К. Как открыть новый минерал // Природа. 2006. №5. С.31—38.
8. Расцветаева Р.К., Хомяков А.П. Как мы потеряли барсановит и обрели георгбарсановит // Природа. 2005. №12. С.25—28.
9. Курова Т.А., Шумяцкая Н.Г., Воронков А.А., Пятенко Ю.А. // Докл. АН СССР. 1980. Т.251. №3. С.605—607.
10. Пеков И.В. Ловозерский массив: история исследования, пегматиты, минералы. М., 2001.
11. Хомяков А.П. Минералы-эндемики как продукты геокатализа и индикаторы процессов формирования промышленных суперконцентраций металлов в литосфере // Минералогия во всем пространстве сего слова (Материалы X съезда Российского минералогического общества). СПб., 2004. С.234—235.
12. Khotyakov A.P. Endemic minerals as products of geocatalysis and indicators of highly productive ore-generating processes // 19th General Meeting of the International Mineralogical Association. Program and Abstracts. Kobe, 2006. P.305.
13. Ферсман А.Е. Институт им.М.В.Ломоносова и задачи его учреждений // Избр. соч. Т.2. М., 1953. С.431.

Коротко

Китай строит 34 теплоэлектростанции общей мощностью 1.2 млн кВт, использующих солому в качестве топлива. Солома в два раза менее «продуктивна» по выработке энергии, чем уголь. Но при сжигании она выбрасывает меньше CO₂ и SO₂ (сера ответственна за кислотные дожди). Ежегодно сельское хозяйство Китая производит 600 млн т соломы. Science et Vie. 2007. №1075. P.38 (Франция).

Оказывается, не только приматы, но и грачи нуждаются

в том, чтобы после драки их утешил партнер. Такой тип поведения отметила у этих птиц А.Сид (A.Seed; Кембриджский университет, Великобритания). Исследовательница изучала, как ведут себя 10 грачей, обитающих в неволе, в том числе четыре моногамные пары. Оказалось, что когда после конфликта потрепанный боец возвращается к своему партнеру, тот чистит ему перья, нежно сцепляется с ним клювами, подкармливает драчуна.

Science et Vie. 2007. №1075. P.21 (Франция).

Изучив серии спутниковых снимков цвета океанских вод за 1997—2006 гг., М.Бихренфелд (M.Behrenfeld; Университет штата Орегон, США) пришел к выводу: продуктивность фитопланктона в океане уменьшается с повышением температуры поверхности моря. Объясняется это тем, что нагрев вод снижает интенсивность их вертикального перемешивания и, значит, ограничивает подъем питательных веществ, нужных для развития фитопланктона.

Science et Vie. 2007. №1075. P.40 (Франция).

Белый ястреб

А.В.Кречмар

В последние десятилетия в мире возродился интерес к охоте с ловчими хищными птицами — беркутами, соколами и ястребами [1]. Особенно это касается арабских стран Ближнего Востока, где издавна соколиная охота — увлечение шейхов. После распада Советского Союза и установления рыночных отношений на территории России начали отлавливать некоторые виды хищных птиц для последующей продажи их за рубеж. Этот вид бизнеса, очевидно, весьма прибылен, так как «бизнесмены» не скупятся на расходы, даже на весьма дорогостоящую аренду вертолетов, высылая своих агентов в богом забытые уголки севера Сибири. Ловят и вывозят даже красноногие виды — соколов сапсанов и кречетов, не говоря уж об ястребах-тетеревятниках белой цветовой морфы, пока не отнесенных к особо охраняемым видам. Возможность вывоза белых тетеревятников позволяет браконьерам безнаказанно провозить внешне похожих на них белых кречетов, так как таможенники и служащие аэропортов чаще всего не могут их различить. Что же это за птица белый тетеревятник?

Тетеревятник, или большой ястреб (*Accipiter gentilis*), — весьма обычный и распространенный вид хищных птиц, который гнездится на огромных пространствах Евразии и Северной Америки; встречается он также в Африке и на Мадагаскаре [2]. На самом севере Восточ-



Арсений Васильевич Кречмар, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории орнитологии Института биологических проблем Севера ДВО РАН (Магадан). Область научных интересов — экология и мониторинг птиц (в основном пластинчатоклювых) на северо-востоке Сибири.

ной Сибири, в Корякском нагорье и на Камчатке обитает несколько более крупный и светлоокрашенный подвид — *Ag.albidus* [3—7]. Встречаются среди таких ястребов и чисто-белые особи. Самки белых ястребов, которые крупнее самцов, по не вполне понятным причинам пользуются особым предпочтением у охотников-соколятников, хотя никакими особыми охотничьими качествами по сравнению с просто светлоокрашенными особями подвида они не отличаются. Но такова уж, видимо, мода...

Мне, профессиональному орнитологу, посчастливилось много лет изучать экологию птиц в местах обитания *Ag.albidus* — в бассейнах Колымы и Анадыря [8—10]. В 1980-е годы численность гнездящихся ястребов была довольно высокой (хотя и не везде одинаковой) в среднем течении Анадыря. Плотнее всего были заселены окраинные участки пойменной равнины, примыкающие к предгорьям, и долин-

ные тополево-чозениевые насаждения притоков. В таких ландшафтах пары ястребов иногда гнездятся в 5—7 км друг от друга, хотя чаще гнезда встречаются по берегам рек и протоков в 20—30 км одно от другого. Учитывая разветвленность и извилистость гидросети, кратчайшие расстояния между обитаемыми гнездами бывают не такими значительными, и плотность гнездования этих хищников в наиболее благоприятных для этого участках достигает 1—2 пар на 100 км², а в отдельных случаях и более. Анадырский тетеревятник может проникать довольно далеко на север: в августе 1986 г. я нашел гнездо этого хищника в изолированной чозениевой роще среднего течения р.Осиновая (почти у основания Чукотского п-ва). Судя по наличию многих старых гнезд разной степени «свежести», ястреб гнездился там весьма регулярно.

В бассейне Анадыря можно выделить два типа ландшафтов, особенно охотно заселяемых



Серый (слева) и белый ястребы северосибирского подвида *A.g.albidus*.

Здесь и далее фото автора

тетереvyтниками. Это прежде всего густой бордюp из высоких (до 8—10 м) кустов ивы и ольхи, узкой полосой окаймляющий берега как самого Анадыря, где он протекает по широкой равнине ниже пос. Марково, так и его многочисленных протоков и мелких притоков. В ивняках найдено 35 из 41 осмотренных гнездовых построек тетереvyтников, остальные шесть — в тополево-чозениевых ленточных лесах, характерных для узких речных долин. Такие оазисы леса вдоль галечникового русла многих речек и ручьев северо-востока Азии встречаются подчас среди огромных площадей безжизненной на вид горной тундры и иногда состоят из довольно больших деревьев тополя благовонного и чозении. Однако эти цифры отнюдь не свидетельствуют о предпочтении ястребами ивнякового бордюра. Просто основные исследования нашей орнитологической экспедиции были связаны с изуче-

нием экологии водоплавающих птиц и поэтому были приурочены к равнинным ландшафтам, а трудно проходимые для лодок мелководные притоки полугорного характера мы посещали от случая к случаю, да и гнезда в пойменных лесах не так заметны, как среди ивняков.

В ивняках ястребы устраивают гнезда в развилках кустов на высоте 3—8 м от земли и, как правило, в глубине зарослей, поэтому заметить гнезда со стороны можно только ранней весной, до появления листвы. Однако в двух случаях ястребы поселились в гнездах на прибрежных, наклоненных над водой ивах. В ленточных тополево-чозениевых лесах птицы устраиваются на тополях на высоте 8—10 м и даже 12—15 м или в нижней, очень густой части кроны близ ствола на высоте 5—6 м. Примечательно, что у семейных пар тетереvyтников есть излюбленные места (например, ограниченное пространство в 300—

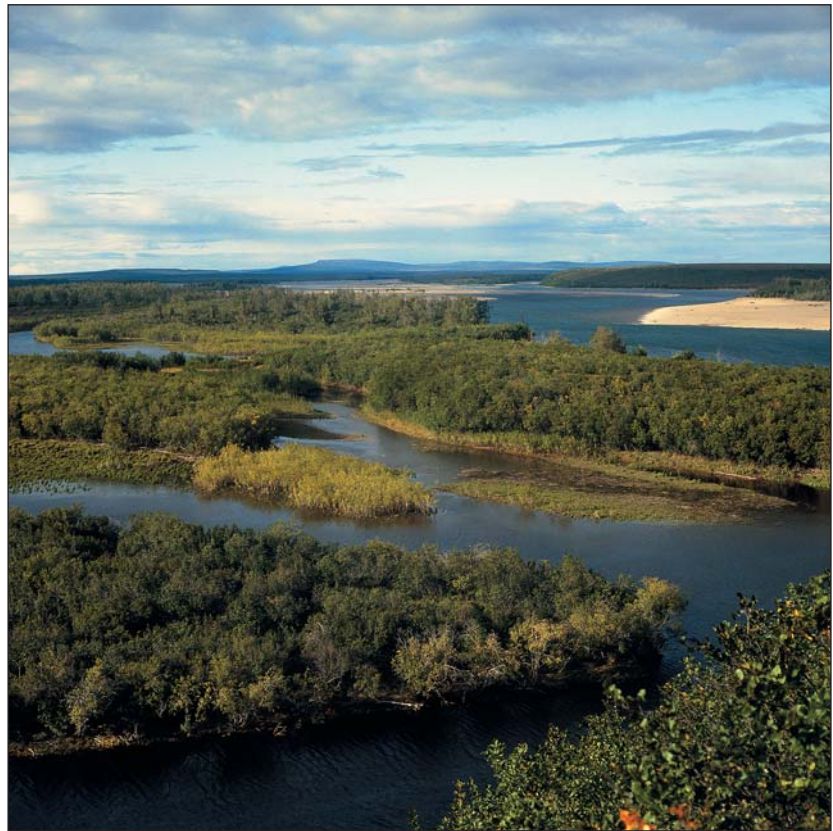
500 м береговых зарослей), где они гнездятся на протяжении целого ряда лет.

Я попытался оценить соотношение птиц различных цветовых морф в анадырьской популяции ястребов. Сразу оговорюсь, что обследовано было 39 гнездовых пар, а этого, конечно, недостаточно для статистической достоверности сделанных выводов. Между тем, и столь небольшой материал позволяет считать, что белая морфа чаще встречается среди самок, а светло-серых особей явно больше среди самцов, при этом в популяции в целом очевидно некоторое преобладание светло-серых птиц. (Замечу, что все они были заметно светлее европейских ястребов.) Кроме того, в 16 супружеских парах оба партнера были светло-серыми, в четырех — только белыми, в семи парах самка была белой, а самец светло-серым и только в трех — светло-серые самки имели белых партнеров (в девяти парах

окраску самцов установить не удалось). У меня отнюдь не сложилось впечатления, что белые ястребы сколько-нибудь крупнее светло-серых представителей того же пола, как это принято считать.

К гнездованию тетеревики приступают рано, во второй половине апреля. Чаще всего в качестве основы они используют гнезда довольно обычных для здешних мест воронов, реже — гнезда сорок или повторно занимают постройки своего вида, обновляя и надстраивая их. Для рано гнездящихся ястребов значительное затруднение вызывают снежные «шапки», обычно образующиеся на старых гнездовых постройках после многоснежных зим. Некоторые птицы, пытаясь преодолеть это затруднение, надстраивают свежий слой прутьев поверх снега, хотя такое сооружение, как правило, обречено. Мне же довелось несколько раз наблюдать довольно редкое явление: тетеревики в короткий срок самостоятельно воздвигали совершенно новую постройку в удобной развилке ивы или в густых ветвях чозении.

Иногда гнезда ястребов весьма массивны — до 1 м в диаметре и 30—40 см в высоту, однако в условиях поймы Анадыря даже такие постройки недолговечны — они часто разрушаются под тяжестью снега и действием шквальных ветров в первую же зиму. Нередко птицы довольствуются весьма небольшими гнездами, лишь незначительно модернизируя имеющуюся основу. Некоторые из обитаемых гнезд были выполнены до такой степени небрежно, что вызывало удивление, как они выдерживали тяжесть насиживающей птицы и птенцов. Особенно выделялось в этом отношении одно гнездо, устроенное на тонком, горизонтально зависшем ивовом стволике. Оно было 50—60 см в длину, 30—40 см в ширину и всего 5—10 см в высоту, а по небрежности выполнения напоминало гнездо горлицы.



Пойменные леса рек Северо-Востока Азии — характерный гнездовой биотоп тетеревики.

Основа гнезда всегда состоит из прутьев ивы, ольхи, а иногда и тополя. Лоточек неглубокий, выстлан более тонкими прутиками, иногда чешуйками коры. Когда на веточках ивы появляются листья и соцветия, птицы «украшают» ими края гнезда и в дальнейшем регулярно добавляют их, создавая своеобразные рыхлые надстройки. Роль этих свежих ветвей, давно обнаруженных в гнездах и других дневных хищников, пока неясна; скорее всего, птицы стремятся улучшить микроклимат в гнезде, что важно в жаркую погоду.

К насиживанию анадырьские тетеревики приступают, как правило, в начале мая, но некоторые пары могут задерживаться до середины, а то и последней декады этого месяца, причем происходит это даже в годы с очень благоприятной ранней весной. В кладках, судя по нашим наблюдениям, по три-че-

тыре слегка голубоватых яйца, размер которых в среднем составляет (по результатам 13 измерений) 60.4×46.7 мм.

Во время насиживания самка безотлучно находится в гнезде более 50 суток. В начале этого периода еще довольно холодно (по ночам температура нередко опускается до -20°C , а иногда случаются морозы и до -30°C), поэтому даже при опасности она покидает гнездо очень неохотно, и чтобы вспугнуть ее, приходится приблизиться к дереву вплотную или даже постучать по нему.

Птенцы у анадырьских тетеревики появляются на свет в начале—середине июня, но иногда и в первых числах июля. Точно выяснить длительность периода насиживания пока не удалось из-за ряда специфических трудностей. Дело в том, что беспокоить ястребов во время откладки яиц нежелательно из-



Гнезда ястребов, устроенные в пойменных тополевых лесах (вверху) и ивовом бордюре по берегам основного русла Анадыря и его проток.

за опасности их переохлаждения. Кроме того, и после появления птенцов самка еще долгое время почти безотлучно находится на гнезде, обогревая потомство. Не остаются без материнской заботы ястребят и в двух-трехнедельном возрасте, когда масса их тела достигает 600—800 г. В этот период самка защищает птенцов от прямых

солнечных лучей, хотя большой нужды в этом нет: большинство гнезд никогда не устраиваются на вершине деревьев и хорошо скрыты в окружающей листве, защищающей не только от солнца, но и от дождя и ветра.

Самец кормит самку, принося в гнездо добытых им и тщательно ощипанных птиц. Разделяет добычу обычно самка,

и, пока птенцы маленькие, она дает им небольшие кусочки мякоти. Кости и сухожилия самка чаще поедает сама. Мне случалось, впрочем, наблюдать, как наряду с самкой кормлением птенцов занимался самец. Самостоятельно птенцы начинают разделять добычу в двух-трехнедельном возрасте. Если самец успешно справляется с все возрастающим аппетитом подрастающих отпрысков, самка может вообще не охотиться вплоть до тех пор, пока они не научатся летать (во всяком случае, так происходило в одном из находившихся под нашим наблюдением семействе). Зависит это от погоды, обилия корма и в значительной степени от индивидуальных способностей самца. Некоторые самцы — весьма умелые охотники. Например за четыре часа дежурства близ упомянутого гнезда светло-серый самец ястреба приносил ощипанных уток дважды, хотя на краю гнезда уже лежала крупная и нетронутая утка. В другой раз за три часа наблюдений этот самец приносил добычу трижды (самку чирка-свистунка и куликов средних размеров). Наконец, при очередном посещении этого гнезда за три часа самец дважды прилетал с добычей (чирками), хотя в гнезде уже были две птички тушки (кулика и чирка). Сытые птенцы лежали в гнезде неподвижно, а самец большую часть времени сидел поблизости в тени, среди ветвей ивы.

Однако эти наблюдения скорее исключение; во многих парах самцы не столь проворны, поэтому, когда птенцы уже достаточно подрастают, в подавляющем большинстве случаев заниматься охотой вынуждена и самка. Как показали многочисленные наблюдения, периодически проводившиеся около пяти гнезд тетеревиатников с птенцами в возрасте более трех недель, одна из взрослых птиц обычно появлялась раз в пять-шесть часов на самое короткое время, только для того,



В жаркую погоду самка, расправив крылья, защищает птенцов от прямых солнечных лучей (слева). Кроме того, от летнего зноя птиц, возможно, спасают и ветки со свежими листьями, которыми тетеревятники, как и многие другие дневные хищники, «украшают» края своего гнезда.

чтобы передать ястребят добычу. Кратковременность пребывания взрослых тетеревятников около гнезд с подростными птенцами подтверждается и данными, полученными с помощью автоматических фотоаппаратов, производивших съемку гнезда через каждые 30 минут.

В конце июня — июле у охотящихся тетеревятников возникают дополнительные трудности, связанные с повышенной скрытностью большинства объектов охоты, чему способствует бурная вегетация пойменной растительности. Случается, что даже вскоре после вылупления, когда птенцам требуется не так уж и много пищи, самец не в состоянии обеспечить ею потомство. Скорее всего, именно с этим бывает связано неоднократно отмечавшееся загадочное исчезновение недавно вылупившихся птенцов в некоторых гнездах. Вполне вероятно, что этих птенцов самки скормили другим, более крупным и сильным ястребят, что могло предотвратить гибель всего потомства этого года и способствовало большему соответ-

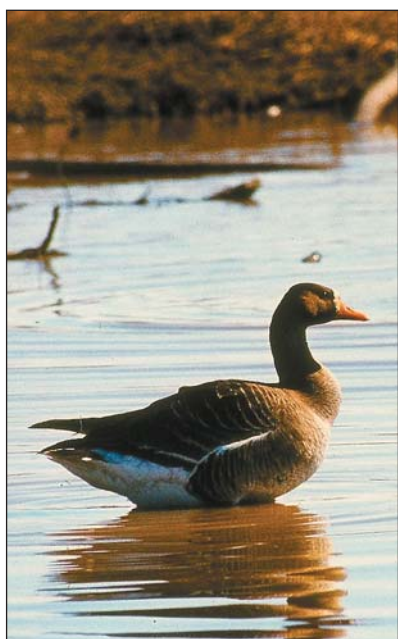
ствию количества птенцов конкретным кормовым условиям сезона.

Долго не получавшие пищи подростные птенцы становятся беспокойными, беспрестанно передвигаются по гнезду и иногда вываливаются из него. Другой причиной беспокойства птенцов может быть обилие кровососущих насекомых. Кроме того, нервозность птенцов может вызвать жаркая солнечная погода — оставшись без материнской опеки, они в поисках тени иногда вылезают на самый край гнездовой постройки. Однако здоровые и сильные птенцы очень цепко держатся когтями за прутья, поэтому выпадают из гнезда в первую очередь ослабленные недоеданием ястребят. Но даже такие не остаются в всяком случае мне приходилось наблюдать, как выпавшего из гнезда уже подростного птенца взрослые тетеревятники продолжали кормить и на земле. И все же не всем ястребят удается выжить — по нашим подсчетам в 17 гнездах их число колебалось от 1 до 4 (в среднем

2.9). При затяжных дождях, как это было, например, в июле 1981 г., могут погибнуть от истощения и переохлаждения все птенцы в гнезде.

Растут птенцы быстро. В первое время они отличаются по массе, что связано с их возрастом (птенцы вылупляются не одновременно). Однако в дальнейшем эта разница обычно сглаживается, так как самки, если и вылупляются позднее самцов, быстро догоняют и перегоняют их по величине, хотя по развитию оперения и общей активности старших ястребят всегда легко определить. Нетрудно понять, и как будет окрашено их оперение, когда они вырастут: птенцы тетеревятников белой морфы имеют кремовый с бурыми пестринами оттенок, а птенцы светло-серых ястребов — грязно-бурю окраску.

Птенцы проводят в гнезде 40—45 суток и обычно начинают покидать гнезда с середины июля, а после 25 июля подавляющее большинство молодых ястребов уже свободно летают, и только в немногих отдельных запоздалых выводках ястребят



задерживаются в гнездах до 10—15 августа. Первыми покидают гнезда старшие птенцы: сначала они сидят на ветвях в одном-двух метрах от гнезда, а через два-три дня перемещаются на десятки метров. Иногда случалось наблюдать, как такие птенцы временно возвращались в гнездо. В августе — начале сентября молодые тетеревятники приобретают самостоятельность, хотя первые недели старые птицы все время держатся поблизости, в пределах одного-двух километров от гнезда. Приобретению охотничьих навыков недавно поднявшихся на крыло ястребов безусловно способствует обилие именно в это время молодых водоплавающих птиц, а в некоторые годы — зайцев-беляков и белых куропаток.

Рацион тетеревятников андырьской популяции очень разнообразен. Мы находили у гнезд и белых куропаток, и чирков-свистунков, и чернетей (морских и хохлатых), и свиязей, и куликов, и зайцев. Практически все добытые в этот период утки оказались самками; по-видимому, ястребы хватали их, когда те были обременены заботой о своем выводке. Достояна удивления сила ястребов — небольшой самец легко приносит в гнездо морскую чернетку, не уступающую ему по массе. Кроме того, в моих полевых дневниках зарегистрировано 49 эпизодов осенней охоты тетеревятников. В число объектов преследования входили: чернозобая гагара, белолобый гусь, свиязь, шилохвость, чирок-свистунок, оба вида чернетей, гоголь, белая куропатка, глухая кукушка, ворон, сорока, пуночка,

Белая куропатка и заяц-беляк (вверху) — основные объекты охоты ястребов осенью и зимой. Однако могут они нападать и даже на столь крупных птиц, как белолобый гусь и каменный глухарь (в центре), а при случае не гнушаются и такой мелочью, как пуночки и бурундуки.

заяц-беляк, бурундук. В годы подъема численности зайцев они становятся одним из основных объектов нападения ястребов осенью. Мы дважды наблюдали за удачной охотой ястребов на взрослых зайцев, причем в одном случае около добычи находились две птицы — старая и молодая.

Чаще всего тетеревики внезапно бросаются на свою добычу из зарослей прибрежных ивняков, а при неудаче долго ее не преследуют. Иногда хищник скрытно подлетает к намеченной жертве, пользуясь неровностями рельефа или кустами как прикрытием. Все виды уток, в том числе и такие, как свиязи и шилохвости, как правило, очень удачно избегают когтей хищников, быстро нырнув в воду. Из упомянутых 49 случаев только 12 нападений оказались удачными. Практически же процент неудач еще выше, так как очень много таких случаев не зафиксировано в полевых дневниках, в то время как результаты успешной охоты учтены более полно.

Падалью тетеревики обычно не питаются даже в тяжелые для них времена ранней весной при низкой численности зайцев и куропаток. Лишь раз случилось видеть тетеревику на останках недавно убитого лося, и дважды на наших глазах птицы подбирали тушки белых куропаток, оставшихся после морфометрической обработки.

Несмотря на резкие изменения количества куропаток обоих видов и зайца-беляка, отмеченные за 14-летний период исследований, сколько-нибудь заметных колебаний численности гнездящихся тетеревинок, по крайней мере в равнинной пойме, не выявлено. Скорее всего, и куропатки, и зайцы имеют серьезное значение в питании ястребов только ранней весной, когда потребность хищников в корме еще сравнительно невелика. В узких ленточных лесах, достаточно удаленных от равнинной поймы, богатой во-



Недавно покинувший гнездо молодой белый ястреб — уже совсем как взрослый, только вот оперенье его еще кремовой окраски с темными продольными пестринами.

доплавающей дичью, численность ястребов, по некоторым наблюдениям, заметно зависит от состояния популяций тетеревиных. А изменение численности куропаток и зайцев, несомненно, сказывается лишь на присутствии ястребов в бассейне р. Анадырь. Так, тетеревики встречались здесь в значительном количестве ранней весной, поздней осенью и иногда даже зимой в те годы (например, в 1978—1980 гг.), когда

резко увеличивалась численность куропаток. В годы же, когда их становилось много меньше, подавляющее большинство ястребов с наступлением зимы улетают за пределы района гнездования.

В зимние месяцы тетеревики ведут кочевой образ жизни, придерживаясь в основном ивняковых речных пойм, изобилующих зайцами и особенно белыми куропатками, составляющими в это время основу пита-

ния ястребов. Этих хищников можно встретить даже на юге тундровой зоны, далеко за пределами гнездового ареала, где они успешно конкурируют с кречетами и белыми совами. Интересно, что более чем за полтора десятка лет исследований мне ни разу не приходилось видеть тетеревиатников подвиды *Ag.albidus* в приморской части материка в районе Магадана.

* * *

Хотя тетеревиатник подвиды *Ag.albidus* — активный хищник и, безусловно, ловит много птиц, в том числе и промысловых, он не ограничивает численность этих птиц даже в местах их наиболее плотного гнез-

дования. Об этом свидетельствуют результаты мониторинговых исследований популяций пластинчатоклювых птиц [11]. Что же касается популяций зайца-беляка и белой куропатки, практически не используемых человеком, то в годы пика численности этих видов ястребы уничтожают в первую очередь больных и ослабевших особей, только способствуя оздоровлению этих популяций. Между тем, над северо-восточной популяцией самого белого ястреба нависла прямая угроза со стороны торговцев ловчими птицами, о чем было упомянуто в начале статьи. Спасти этот подвид тетеревиатника *Ag.albidus* можно, включив его в число особо ох-

раняемых видов. Кроме того, необходимо ужесточить ответственность за несанкционированный отлов и продажу хищных птиц. В Казахстане, например, за незаконный отлов соколов лишают свободы до четырех лет и налагают штраф в размере 5100 долл. США, в то время как у нас пойманные с поличным браконьеры отделываются совершенно символическим штрафом. Прискорбно, что постоянно надо напоминать о необходимости бережного отношения к природе и о том, что очень многие представители нашей фауны, в том числе и светлые тетеревиатники северо-восточных окраин, — национальное достояние России. ■

Литература

1. Frank L. Beele. The Compleat Falconer. Hancock house publication, 1992.
2. Иванов А.И., Штегман Б.К. Краткий определитель птиц СССР. Л., 1978.
3. Иванов А.И. Птицы Якутского округа. Л., 1929.
4. Портенко Л.А. Фауна Анадырского края. Ч.2. Л., 1939.
5. Воробьев К.А. Птицы Якутии. М., 1963.
6. Кищинский А.А. Птицы Корякского нагорья. М., 1980.
7. Лобков Е.Г. Гнездящиеся птицы Камчатки. Владивосток, 1986.
8. Кречмар А.В., Андреев А.В., Кондратьев А.Я. Экология и распространение птиц на северо-востоке СССР. М., 1978.
9. Кречмар А.В., Андреев А.В., Кондратьев А.Я. Птицы северных равнин. Л., 1991.
10. Krecbmar A.V., Probst R. // Limicola. 2003. В.17. №6. P.289—303.
11. Кречмар А.В., Кондратьев А.В. Пластинчатоклювые птицы Северо-Востока Азии. Магадан, 2006.

Охрана окружающей среды

Растет загрязняющая роль морского транспорта

Международный совет по чистым транспортным средствам указал на растущую ответственность морского транспорта за загрязнение воздушного пространства: к 2020 г. танкеры, сухогрузы, контейнеровозы выбросят в атмосферу диоксида азота и диоксида серы больше, чем все наземные источники этих газов.

Сейчас судоходные трассы уже четко видны на мировых картах, моделирующих загрязнение атмосферы: суда оставляют настоящие плюмажи газовых выбросов длиной в 400 км, изменяя качество воздуха, особенно на таких оживленных трассах, как пролив Ла-Манш. Устаревшие судовые двигатели, сжигая тяжелые фракции топлива, оказывают пагубное воздействие на атмосферу портов (используемое топливо содержит в среднем 2.7% серы, тогда как автомобильный бензин — менее 0.1%). Ситуация вряд ли претерпит

изменения, поскольку большая часть судов плавают под каким-либо «удобным флагом», а их владельцы во что бы то ни стало стремятся снизить затраты на модернизацию двигателей. В портах и прибрежных районах пытаются сократить объем загрязняющих выбросов (например, как в Калифорнии) путем уменьшения скорости судов на рейдах. Во французском порту Гавр предусматривается строительство баржи-контейнеровоза, приводимой в движение... электричеством.

Sciences et Avenir. 2007. №723. P.29 (Франция).

Сахара внедряется в Атлас

В.П.Чичагов

«Сахара, сколько хватает глаз, представляется однообразными песками... каменистыми грядками. В них действительно оказываешься погруженным в настоящую скуку. А между тем невидимые божества проложили здесь целую систему путей, склонов, следов — скрытую и живую мускулатуру. И нет уже однообразия. Все целеустремлено...», — писал Антуан де Сент-Экзюпери о пустынных ландшафтах между Касабланкой и Дакаром, проплывавших под крылом его самолета [1].

Многообразие, динамичность пустыни и следы человека в ней... Эти слова знаменитого романтика, летчика и писателя припомнились мне, когда я впервые увидел песчаные равнины Марокко с воздуха.

Вообще-то эта страна значительно менее пустынна, чем многие другие африканские государства. Географическое положение Марокко в северо-западном «зеленом углу» континента, омываемом водами Атлантического океана и Средиземного моря, богатом поверхностными и подземными водами, издревле делало этот регион привлекательным для освоения и использования. Ныне Марокко становится и туристическим объектом.

Кардинальное отличие этого региона от остальной части Африки — существование здесь молодой горной системы Атлас, объединяющей высокие хребты Рифа, Среднего, Высокого Атласа и Антиатласа. Наиболее высо-



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. Публикуется в журнале «Природа» с 1957 г.

кий из них, Высокий Атлас получает дополнительный запас влаги от таяния горных ледников и снегов и поэтому служит естественной «водонапорной башней» региона, снабжающей водой окаймляющие равнины. Поэтому в этом регионе значительно развита эрозионная сеть, множество рек, временных потоков и подземных водотоков. Тем не менее площадь засушливых равнин, окружающих Высокий Атлас с юга (где их более всего), а также с запада и с востока, с годами увеличивается. Можно сказать, что Сахара внедряется в Атлас.

Эволюция равнин Марокко, использование человеком и современное опустынивание — предмет исследований специалистов на протяжении многих десятилетий. В октябре—ноябре 2006 г. я проводил в Марокко маршрутные геоморфологические наблюдения в рамках изучения антропогенного преобразования рельефа аридного афро-

азиатского пояса, которым занимаюсь уже несколько лет [2].

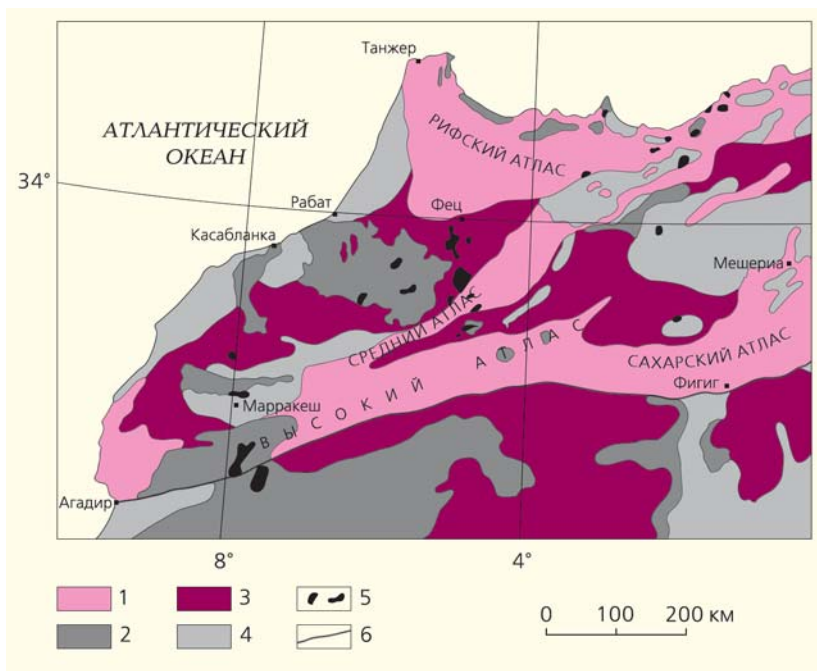
Аридные равнины на западе и юге

На западе страны эти засушливые территории распространены в пределах низкого плато в бассейне уэда (долины, формируемой временным водотоком) Ум-эр-Раба и во впадине г.Марракеш.

На месте уэда существовала древняя плиоценовая долина реки, образовавшейся в процессе стока вод обширного плиоценового озера. Позже водоем распался на серию озерных бассейнов, которые высохли, а возникшие на их месте равнины испытывали поднятие и иссушение. Ныне на этих экстрааридных, лишенных растительности, территориях при среднегодовом количестве осадков 300—400 мм и периодически выпадающих сильных ливнях летние темпе-



Порт Агадир на фоне хребта Высокий Атлас.



Тектоническая схема Атласской горной страны. 1 — поднятие, 2 — области древних пород фундамента Сахарской платформы, 3 — столовые поднятия и плато, 4 — равнины крупных рек и прибрежные дюны, 5 — молодые вулканы, 6 — границы горных поднятий.

ратуры воздуха достигают максимума 53,5°C на высоте 1—0,5 м над почвой и 60°C на почве. Малочисленные берберские племена здесь издавна бедствовали от частых засух и вызываемых ими неурожаев. Да и использовалась равнина в сельскохозяйственных целях лишь местами, по берегам удавалось возделывать отдельные виноградники и редко — зерновые.

Восточнее, к подножью Атласских гор, климатические условия становятся еще более засушливыми. Равнины Марракешской впадины имеют предсахарский ландшафт, степную и полупустынную растительность. Здесь выпадает менее 250 мм осадков в год.

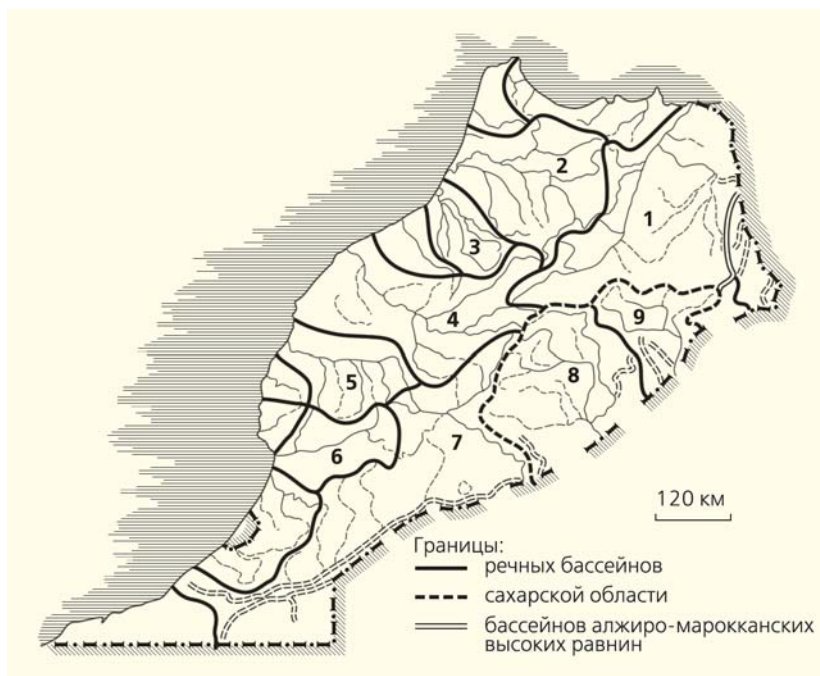
Среди южных аридных равнин наиболее крупные расположены в долине Суза, разделяющей Высокий Атлас и Антиатлас. Эти равнины открываются к океану и занимают участок побережья протяженностью 40 км.



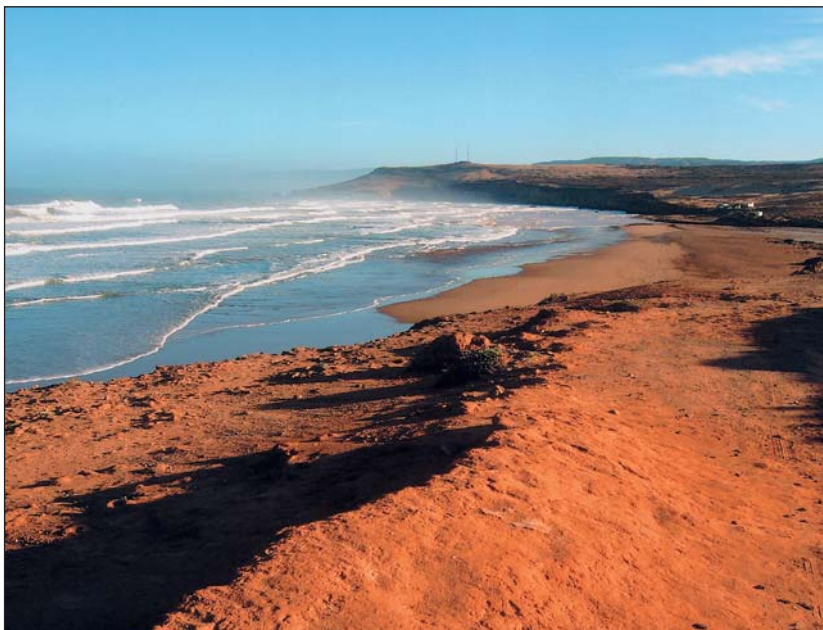
Скальная пустынная равнина южнее г.Тизнит.

По мере продвижения от океана на восток друг друга сменяют равнины разного происхождения: речные, цокольные, скальные, отшлифованные постоянными ветрами — дефляционные, с невысокими останцами известняков и песчаников равнин. Их рельеф формируется в полупустынных и пустынных континентальных условиях. Только узкая приморская полоса шириной всего 10 км имеет морской климат. К северу и югу от долины Суса равнины существенно различаются.

На формирующихся на склоне воздымающегося Высокого Атласа равнинах неоднократно проявлялись разрушительные сейсмотектонические события. Сильное Лиссабонское землетрясение 1755 г. разрушило многие крупные каменные постройки римской эпохи, а крупное Агадирское землетрясение 1960 г. практически полностью уничтожило г. Агадир. В настоя-



Речные бассейны Марокко. 1 — Мулуйя (сток в Средиземное море), 2 — Себу, 3 — Бу-Регрег, 4 — Ум-эр-Раbia, 5 — Тенсифт, 6 — Сус, 7 — Дра (сток в Атлантический океан). Сахарский сток (8 — Даура, 9 — Саура); внутренний сток алжиро-марокканских высоких равнин (Шотт-Гарби).



Низкие морские террасы Атлантического океана севернее Агадир.



Побережье в районе г.Тизнит. Сильный ветер с океана несет соленую водную пыль и перевевает песок у кромки воды.

щее время в городе сохранилось только одно здание, построенное до 1960 г. К югу равнины принадлежат древнему, сильно разрушенному горному сооружению Антиатласа, пассивны в сеймотектоническом отношении и развиваются по типу прилегающей с юга сахарской

платформы. Различия в характере равнин отражаются в асимметричном строении долины Суса. Воды ее правых притоков, берущих начало в Высоком Атласе, постоянно достигают Суса, а левых, текущих с пустынного Антиатласа, эпизодически, лишь в экстремально влажные годы.

Здесь преобладает плоский рельеф — практически горизонтальные участки. Иногда его нарушают редкие низкие холмы — островки меловых пород. Водо-раздельные равнины повсюду имеют дефляционное происхождение. Отполированные ветрами глинистые, мергелистые и известняковые участки и разрозненные песчаные бугры, образующие крупнокучевой песчаный золотой рельеф, создают типичный пустынный ландшафт. Не закрепленные растительностью оголенные пески здесь весьма подвижны. Реки отличаются длительными безводными периодами и редкими, бурными половодьями.

Последствия одного из разрушительных паводков, вызванного дождями в Высоком Атласе, автор наблюдал в низовьях уэда в районе г.Агадир 24—25 октября 2006 г. Бурный поток ударил насыщенной глинистым материалом, песком, щебнем и городским мусором полужидкой массой в обрыв низкой песчаной террасы. Если бы склон не был предусмотрительно укреплен крупными каменными глыбами, его участок вместе с многочисленными строениями был бы снесен.

Равнина Суса — наиболее южная из плодородных равнин Марокко (южнее и восточнее тянутся бесплодные песчаные и каменистые, аридные и экстрааридные равнины северо-западной окраины Сахары). Поэтому все участки вблизи долины, оазисов и небольших водных источников издавна освоены и находятся под плантациями оливок. Плотные, цементированные известковыми растворами поверхностные отложения ныне разрыхляются с помощью тракторов, оборудованных длинными стальными тракторными клыками, после чего участок вспахивается. Затем обломки сортируются: из крупных строятся невысокие стены оград, мелкие перемешиваются с вспахантыми рыхлыми отложениями подстилающих гори-



Водохранилище в хребте Антиатлас.

зонтов и остаются на полях, выветриваясь и рассыпаясь с годами в мелкозем.

Используются эти земли на протяжении нескольких тысячелетий. Н.И.Вавилов во время экспедиции в Марокко в 1922 г. обнаружил, что здесь издревле культивируется множество полезных растений — масличных, бобовых, зерновых [3].

К югу от долины Суса расположена равнина Тизнит, открывающаяся на западе к Атлантическому океану. Разделяющая их граница — крупный уэд Масса [3]. В структурном отношении он принадлежит древнему горному сооружению Антиатласа, в морфоклиматическом — к Сахаре. Равнина Тизнит расположена на границе полупустыни и пустыни, ее растительный покров чрезвычайно разрежен. Площади плодородных земель невелики, приурочены к местам выхода подземных вод — к оази-

сам и уэду Масса. Осенью 2006 г., когда я был в этом месте, уэд представлял полноводную, неглубокую реку, впадавшую в океан. Берега и днище долины вплоть до русла были заняты сплошными зарослями тростника, густых кустарников и высоких трав. В прибрежном мелководье красовались стаи розовых фламинго, в зарослях паслись кабаны. Низовье долины охраняется, в его пределах планируется создание национального парка дикой природы.

Между долиной Масса и отрогами Антиатласа расположен крупный эоловый песчаный массив с высокими, до 20–30 м, барханами — своеобразный ландшафт Малой Сахары. В настоящее время здесь растут лишь несколько деревьев.

В прошлом природная среда Тизнита была иной, и хотя земли здесь не распахивались, на этой территории существо-

вали масличные плантации. Обводнение в римскую эпоху было достаточным и для выращивания апельсиновых деревьев.

С глубокой древности и в начале эпохи Римской империи — более 2000 лет назад — равнины Тизнита полностью или на отдельных участках были покрыты маломощным чехлом более тонких — песчано-суглинистых отложений с участками кустарниковой и древесной растительности. Римская провинция Мавритания (земли будущего Марокко) интенсивно использовалась под пастбища, оливковые плантации и под зерновые, главным образом пшеницу. В то время африканские провинции обеспечивали треть потребностей Древнего Рима в хлебе, поставляя в метрополию зерно в виде податей. Во второй половине Римской эпохи, по-видимому, в правление Траяна, когда империя достигла максималь-



Долина р.Масса в устье. Обводненное днище долины используется под плантации овощей. Здесь планируется создание национального парка.



Разрыхленная, вспаханная и очищенная от камней новая плантация. Из крупных камней сложена стена.

лись на вес золота. В сельском хозяйстве использовались даже миниатюрные неудобья (правда, для древних орудий труда подходили лишь трещиноватые породы). Надо было кормить местное население и снабжать провиантом постоянно проходившие караваны.

Возделываемые здесь земли постоянно подвергались разрушениям во время военных действий. Бесконечные набеги воинственных бедуинов с юга и востока приводили к стычкам и войнам, которые заканчивались выжиганием растительности, засыпанием источников и вытаптыванием полей, грабежами семенного фонда, продажей в рабство сельских жителей. Века мирного развития постоянно прерывались разрушительными военными конфлик-

ных размеров, антропогенные нагрузки превысили разумные пределы, земли истощились, перестали плодоносить, были заброшены и подверглись мощной дефляции, став ареной постоянного перемещения обнаженных кочующих песков. Сле-

ды мощного разрушения человеком этих исходных равнин запечатлены в строении отложенных оазисов, в которых был создан особый оазисный горизонт антропогенных осадков, сформировавшийся около 2000 лет назад. Земли здесь всегда цени-

тами. В результате в районе равнины Тизнит практически не осталось участков с первичной природой.

Ныне этот ландшафт сахарского типа выглядит безнадежно засушливым и скрывает свои потенциальные возможности, связанные прежде всего с обеспеченностью подземными водами, которые, по данным гидрогеологических исследований, стекают в океан подземными потоками и даже реками [4].

Равнины долины Дра расположены еще южнее — в южных предгорьях Антиатласа, занимая широкую полосу протяженностью около 600 км вдоль открытой, пустынной части уэда. Это — северо-западный фланг пустыни Сахары.

Долина открывается в океан, но воды уэда достигают его лишь во время наиболее сильных паводков. Постоянный водоток имеется только на участке пересечения уэда Антиатласа. Южнее, где начинается область развития аридных равнин, вода устремляется на запад, прокладывая на протяжении сотен километров русло в песчаной равнине в сторону Атлантического океана.

Черные каменистые пустыни (гамады) долины Дра (обломочные, щебнистые и галечниковые) существенно отличаются от ландшафтов равнин Суца и Тизнита. Поверхность равнины состоит из плоских и волнистых участков с редкими понижениями. В ряде мест на гамадах встречали остатки керамики римской эпохи [5]. Повсеместны постоянно перемещающиеся маломощные кучевые пески. Растительность практически отсутствует.

Пустынные равнины Дра отличаются особым характером распределения грунтовых вод, имеющим типично сахарский режим [6]. Они образуют подземные водотоки в руслах уэдов и водоносные горизонты равнин; их питание зависит от выпадения дождей и прохождения паводков в уэдах.



Эти поля под зерновые культуры изучал в 1922 г. Н.И.Вавилов.

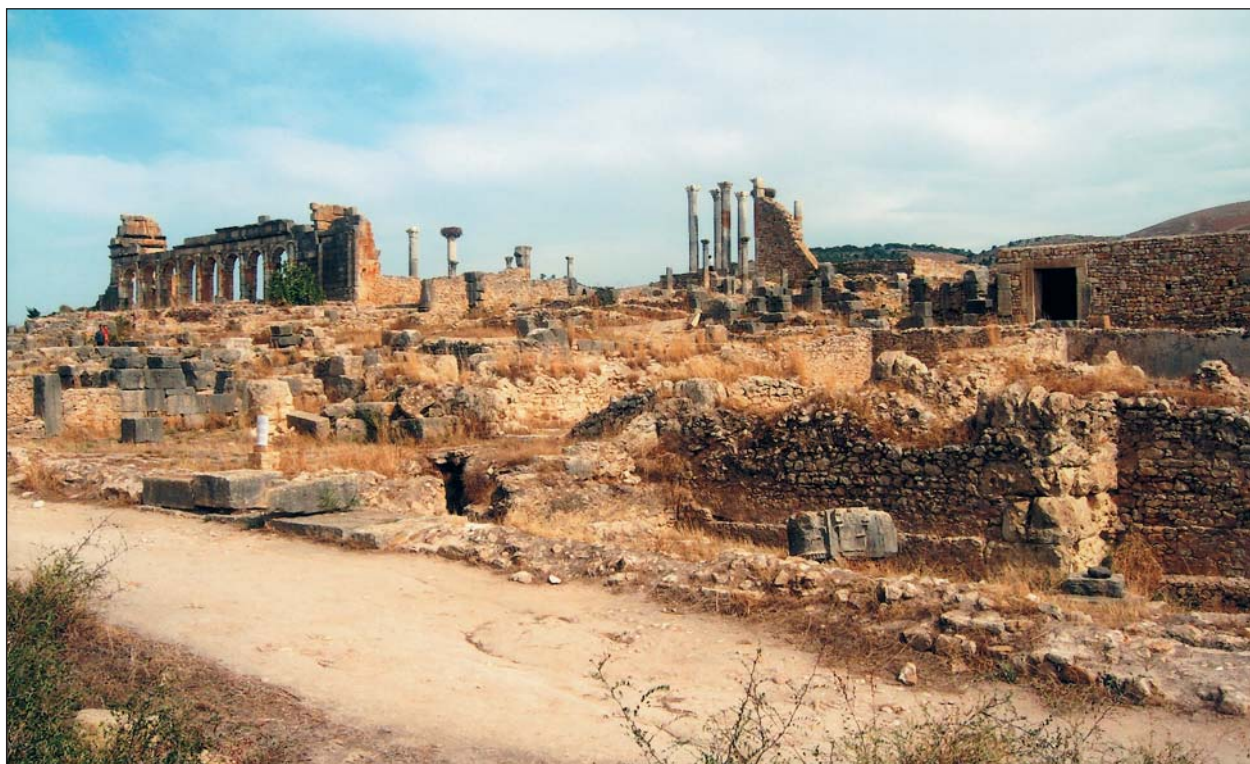


Долина р.Масса. На заднем плане сыпучие пески.

На востоке

Крайний северо-восток Марокко занимают ступенчатые равнины Удждийского Амалата, которые продолжают в пределе Алжира. С севера на юг здесь сменяют друг друга приморские равнины на аккумулятивных морских террасах с высотами 15—40 м и приподнятые участки (высотой 120—200

и 400—500 м). Проход Таза — узкий пустынный коридор (ширина 2—3 км) — окаймляет с севера Средний Атлас и соединяет эти равнины с равнинами впадины Марракеша, т.е. с прилегающими с запада и востока к Высокому и Среднему Атласу аридными равнинами. На протяжении последних 3 тыс. лет по этому коридору из Марокко в Алжир (или наоборот) двига-



Развалины древнеримского города Валюбилиса — западного центра африканских провинций Древнего Рима.



Каменная пустыня у подножья Антиатласа.

лись финикийцы, римляне, арабы и европейские колонизаторы [7].

По мере движения на юг равнины Удждийского Амалата становятся выше и суше, смыкаясь на юге с экстрааридными пустынями Высоких Плато.

Здесь равнины формируются в пределах крупной, практически плоской поверхности, поднимающейся на юг от 900 до почти 2000 м над ур.м. у границы с Сахарой. Они имеют типичный пустынный облик и занимают в Марокко более

12 тыс. км². На севере Высоких Плато среднегодовые осадки составляют 200 мм, а в более южных всего 70—90 мм, выпадая не каждый год.

В более влажные — плювиальные эпохи позднего плейстоцена и голоцена — плоская исходная равнина испытала поднятие и неглубокое эрозийное расчленение. Уэды прорезали разрозненные замкнутые пустынные котловины и западины, превратив их в расширения долин с оазисами.

Южнее Высоких Плато расположены экстрааридные равнины Тамлельт и Фигиг. Они формируются между известняковым Высоким Атласом и Сахарским Атласом и имеют высоты порядка 1000—1500 м. Осадки здесь не превышают 60—80 мм в год. Здесь преобладают плоские скальные равнины, испытывающие мощное воздействие постоянно дующих ветров.

Котловина Фигиг на восточной окраине равнины — это крупный оазис с более 100 тыс. финиковых пальм. В его центральной части население издавна пользуется выходами пресных подземных вод с помощью каптажных галерей (системы искусственных извилистых дрен). Это — фоггара или африканские кяризы, которые сооружаются в известняках и доставляют на поля воду из водоподводящих трещин.

Аридные равнины Южного Марокко на протяжении последних двух тысяч лет испытали сильное антропогенное преобразование и в современную эпоху подвергаются активным процессам опустынивания. В эпоху Римской империи Северная Африка была занята провинциями Египет, Ливия, Африка, Нумидия и Мавритания. В древности на территории современного Марокко было много населенных пунктов и городов [8].

Провинции были плотно заселены и имели развитую инфраструктуру: множество населенных пунктов, дорожную сеть [9]; системы водоснабжения, очистки. Столицей Мавритании — будущего Марокко — был крупный по тем временам город с 20 тыс. жителей, Валубилис, расположенный на высокой гряде в районе современного г.Мекнесс. Период его расцвета приходится на время правления императора Каракаллы.

Крупные населенные пункты той эпохи создавались в устьях

крупных рек на месте будущих городов Танжера, Рабата, Сала, Касабланки, Эс-Суэйры и Агадира. Многие из них не сохранились, были большей частью разрушены, реже — занесены аллювиальными отложениями. Древнеримский город Банаса в устье Уэд-Себу был построен на низкой террасе и разрушен в 280 г. н.э. В настоящее время он погребен трехметровой толщей аллювия; городские сточные каналы находятся ныне на три метра ниже современного дна уэда.

Несмотря на то, что в пределах изучаемых аридных равнин Южного Марокко антропогенный пресс на протяжении всей эволюции и в современную эпоху был меньшим по сравнению с остальной территорией страны и имел избирательный характер, природная среда здесь испытала необратимые изменения и процессы опустынивания интенсивно протекали в историческом прошлом и продолжают усиливаться в настоящее время.

* * *

Невидимые божества, упомянутые Антуаном де Сент-Экзюпери в приведенной цитате в начале статьи, — это, конечно же, древние труженики равнин Сахары и подножий периферии Атласских гор. Именно они изменили природную среду северо-запада Африки так значительно, что еще несколько тысяч лет назад покрытые субтропической растительностью рав-

нины центральных и северных частей Марокко ныне превратились в аридные, испорченные опустыниванием районы. Современные засушливые антропогенные ландшафты равнин р. Мулуи на северо-востоке Марокко ныне подходят к Средиземному морю, рассмотренные нами пустынные равнины — к Атлантическому океану. Опустынивание или иссушение значительных территорий здесь теперь охватывает все низкие равнины, окружающие поднятия системы Атласа. Чем интенсивнее человек использует поверхностные и подземные водные ресурсы, тем большими становятся нагрузки на поверхность равнин и более интенсивно протекают процессы опустынивания. В XX в. значительные объемы вод в Марокко были аккумулированы в десятках водохранилищ. Потери влаги на испарение с их водной поверхности весьма существенны, влияют на водный баланс и приводят к дополнительному иссушению региона, к понижению уровня подземных вод и уменьшению стока рек. Таким образом, деятельность человека способствует проникновению типичных для Сахары природных процессов далеко на север Марокко. Пояс интенсивного антропогенного опустынивания окружает поднятия Атласа.

Движущиеся пески на месте некогда зеленых равнин напоминают о необходимости более бережного отношения к легкой природе. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 06-05-64559.

Литература

1. *Сент-Экзюпери А.де.* Планета людей. М., 1971.
2. *Чичагов В.П.* Рукотворное песчаное море Северной Африки // *Природа.* 2007. №2. С.32—41.
3. *Вавилов Н.И.* Марокко // *Центры происхождения культурных растений.* Пг., 1926. С.101—103.
4. *Чичагов В.П., Амбоджи Р., Болелли Э. и др.* Гидрогеология Марокко. М., 1955.
5. *Ешевский С.В.* Центр римского мира и его провинции // *Сочинения.* Ч.1. М., 1870. С.184—201.
6. *Биро П., Дрэйш Ж.* Средиземноморье. Т.1, 2. М., 1962.
7. *Горнунг М.Б., Уткин Г.Н.* Марокко. Очерки по физической и экономической географии. М., 1966.
8. *Miller K.* Itineraria Romana. Viena, 1988.
9. *Мартонн Э.* Аэрогеография. М., 1950.

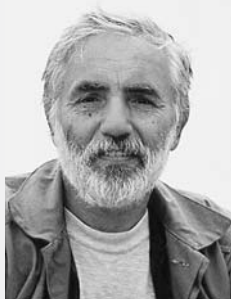
Пятнадцать лет из жизни вулкана Мутновского

Г.М.Гавриленко, Д.В.Мельников

Один из наиболее крупных вулканов Камчатки — Мутновский — более 40 лет находился в фазе спокойной фумарольно-гидротермальной деятельности. Однако 17 марта 2000 г. произошло извержение сразу в двух из трех его действующих кратеров: в так называемой Активной Воронке и в непосредственно примыкающем к ней Юго-Западном кратере, точнее в воронке, расположенной в его северной части, где за много лет скопился мощный слой снега и льда. После извержения там образовалось кислое термальное озеро с высокой минерализацией вод (около 17 г/л), низкими значениями pH = 1.3 и температурой 40–50°C [1]. Впоследствии оно стало остывать и к зиме 2002–2003 гг. замерзло. В начале мая 2003 г. взрывная воронка опять активизировалась: за три-четыре дня мощная толща льда и снега в ней растаяли, а талые воды прогрелись до 35°C [2, 3]. А через три года, в апреле 2007 г., произошло еще одно извержение вулкана [4]. Всем этим событиям предшествовали очень похожие, постоянно наблюдаемые нами изменения гидрогеохимических характеристик термальных вод, которые в большом количестве имеются в пределах постройки Мутновского вулкана.

Для выбора и апробации методов геохимического прогно-

© Гавриленко Г.М., Мельников Д.В., 2008



Георгий Михайлович Гавриленко, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института вулканологии и сейсмологии РАН. Область научных интересов — гидрогеохимические исследования активных вулканов, морская вулканология, современное вулканогенно-осадочное рудообразование.



Дмитрий Владимирович Мельников, старший научный сотрудник того же института. Круг научных интересов охватывает вулканическую геоморфологию, структурную геологию, дистанционные методы исследований, геоинформационные системы.

за извержений вулканов Камчатки и Курильских о-вов вот уже более 15 лет проводится гидрогеохимический мониторинг вулкана Мутновского — одного из самых активных вулканов Южной Камчатки [5–7].

Вулканологам хорошо известно, что гидротермальная деятельность присуща всем обводненным активным вулканам, в недрах которых в межпароксизмальные фазы формируются и функционируют вулcano-гидротермальные системы. Глубинные флюиды, выделяющиеся из магмы при ее дегазации в спокойные периоды, поступают на поверхность в основном в виде паро-газовой фазы или растворенные с термальными водами. Именно термальные воды и являются главным объектом наших гидрогеохимических исследований. Состав и количество выделяющихся магматогенных флюидов и соотношение в них тех или иных компонентов зависят от происходящих на глубине процессов, а соответственно состав и свойства той их части, которая поступает на поверхность в растворенном виде с термами, отражает состояние самих вулканов.

На Мутновском, помимо большого количества фумарольных (парово-газовых) выходов, зафиксировано множество разрозненных и разноразмерных, постоянно мигрирующих термальных источников, разгружающихся в речку Вулканную, дренирующую его активные кратеры. Река аккумулирует практически весь растворенный и нерастворенный минеральный материал термальных вод вулкана. Контролируя вариации состава речных вод, можно судить об изменениях общего (интегрального) состава всех термальных источников вулкана и следить за степенью его активности. Иначе говоря, систематический гидрогеохимический мониторинг воды р. Вулканной может использоваться при прогнозе изменений активности вулкана Мутновского. К сожалению, нами пока апробирован лишь среднесрочный (несколько месяцев — два-три года) прогноз.

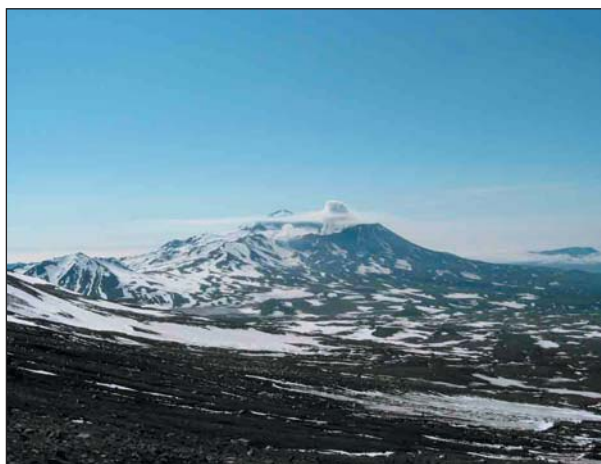
На практике этот метод представляет собой режимное, ежегодное (как правило в паводковый сезон) гидрогеохимическое опробование речных вод на двух створах: верхнем, расположенном в южной части Северо-Восточного (СВ) кратера, и нижнем, находящемся в 3 км ниже по течению реки, на западном склоне вулкана. В полученных пробах по стандартным гидрохимическим методикам определялись все растворенные макрокомпоненты, в частности такие анионы, как SO_4^{2-} , Cl^- и F^- .

Из собранных за 16 лет гидрогеохимических данных и построенных на их основе графиках видно, что отношения сульфат-иона к галоидным ионам в период 1992—1997 гг. колебались в сравнительно небольших пределах.

После 1997 г. их значения стали увеличиваться, достигнув максимума: на верхнем створе для $\text{SO}_4^{2-}/\text{F}^-$ в 1998 г. и для $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ в 1999 г. Эти максимумы были зафиксированы с разницей в один год при «шаге» режимных наблюдений, также составлявшем один год. Похожая, но обратная картина наблюдалась для соответствующих отношений и на нижнем створе реки: для $\text{SO}_4^{2-}/\text{F}^-$ в 1999 г., а для $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ в 1998 г.

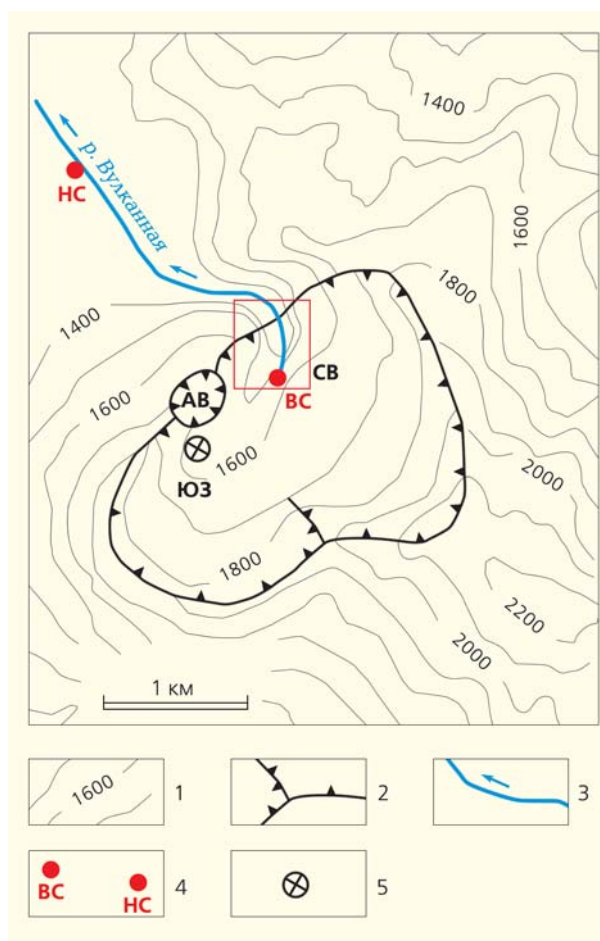
Через шесть месяцев после отмеченных максимумов на вулкане произошло извержение, после которого отношения главных анионов в водах р. Вулканной быстро снизились. В конце 2001 и в 2002 г. они стали снова расти. А через полгода последовало повторное усиление активности в Юго-Западном кратере вулкана. Еще в первых числах мая 2003 г. озеро в нем было покрыто льдом и снегом. Спустя несколько дней лед и снег растаяли, а вода прогрелась до 35°C , приняв характерный для кислых вулканических озер бирюзовый цвет. При этом на поверхности наблюдалась активная конвекция кратерноозерных вод (по всей вероятности, за счет усилившейся на дне озера фумарольно-гидротермальной деятельности).

После активной фазы на вулкане вновь наступило затишье, и все рассматриваемые гидрогео-



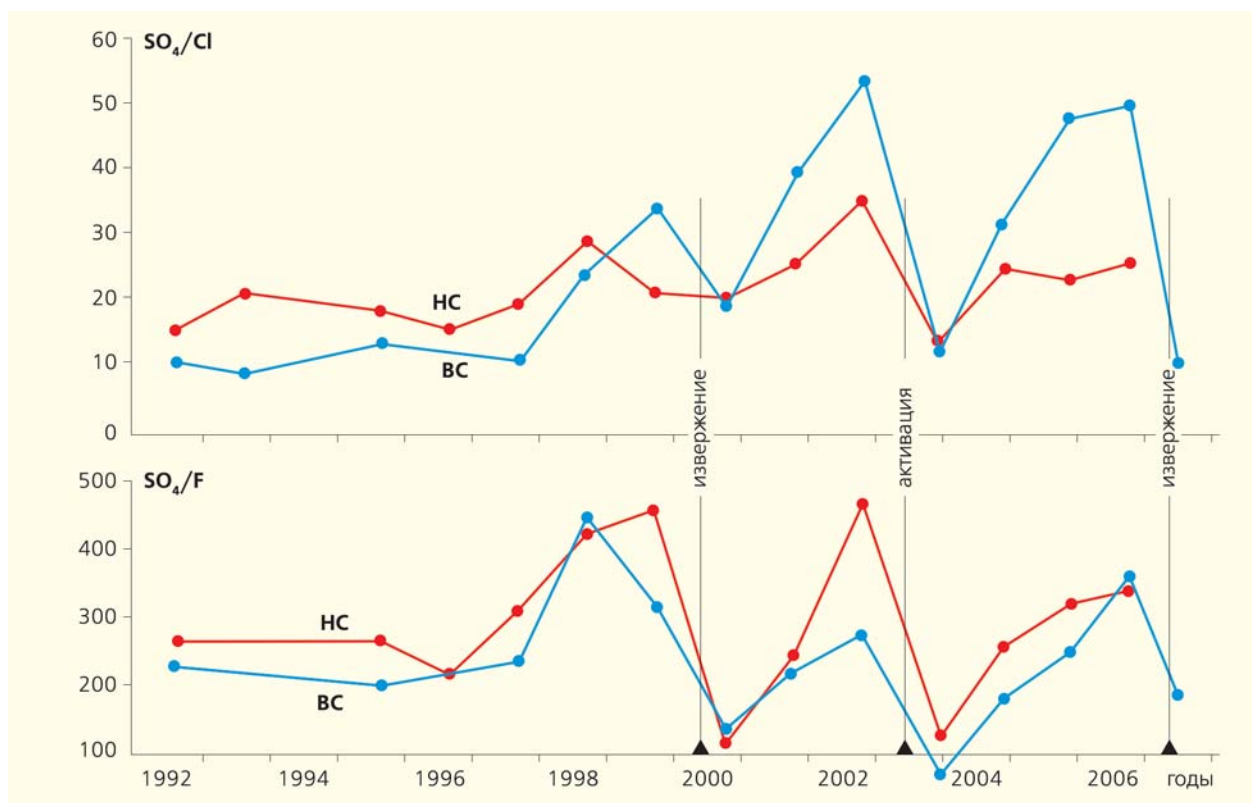
Вулкан Мутновский (вид с северо-запада).
12 июля 2007 г.

Фото Г.М.Гавриленко

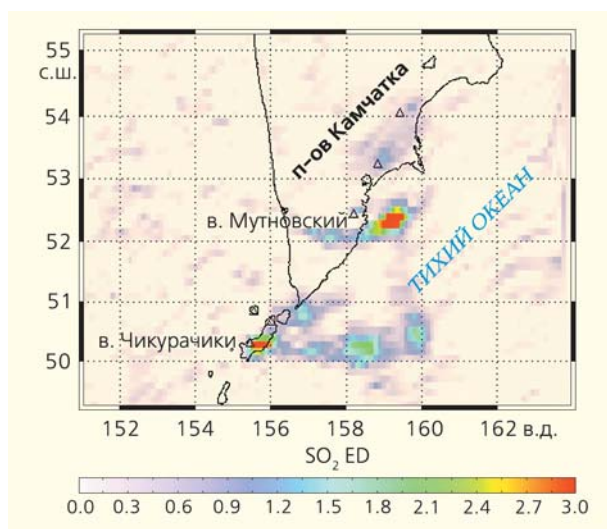


Карта-схема вулкана Мутновский:

- 1 — горизонтали;
- 2 — кромки кратеров;
- 3 — речка Вулканная;
- 4 — верхний (BC) и нижний (HC) створы;
- 5 — кратерное озеро в Юго-Западном кратере.



Вариации гидрогеохимических параметров за период 1992—2007 гг. с временными отметками произошедших на вулкане в последние годы событий. ВС — данные для верхнего створа; НС — для нижнего створа.



Интерпретация спутникового снимка (17 апреля 2007 г.), демонстрирующая anomalно высокие содержания сернистого газа (SO_2) в атмосфере на высоте 5 км над вулканами Мутновский (Камчатка) и Чикурачки (Северные Курилы). ЕД — единицы Добсона, используемые для измерения в атмосфере концентрации SO_2 (1 ЕД равна 0.01 мм толщины сжатого слоя озона при 0°C или $2.69 \cdot 10^{20}$ молекул озона на 1 м^2 . Типичное фоновое значение SO_2 в атмосфере ≤ 1 ЕД).

химические параметры во второй половине 2003 г. снизились до минимальных значений. Однако на этом вулкан не успокоился. В 2004 г. гидрохимические параметры стали увеличиваться, сохраняя эту тенденцию в 2005 и 2006 гг. Наметившийся в последние три года тренд напомнил нам ситуации перед двумя предыдущими активизациями вулкана в начале 2000-х годов. Поэтому мы не исключали возможность очередного усиления активности вулкана в ближайшие месяцы [8].

В апреле 2007 г. радиотелеметрической сетью Камчатского филиала Геофизической службы РАН в районе Мутновского стал регистрироваться высокий уровень непрерывного спазматического вулканического дрожания. Его значения превышали фон в несколько раз. 16 апреля спутник NOAA-17 зафиксировал к юго-востоку от вулкана пепловое облако размером 22×34 км, которое в дальнейшем стало смещаться в сторону Тихого океана. Кроме того, 10—17 апреля спутник AURA I в атмосфере над Мутновским зарегистрировал мощную эмиссию сернистого газа (SO_2), наблюдавшуюся несколько дней. По данным сотрудника NASA Симона Карна (Simon Carn), абсолютное содержание SO_2 в «облаке» составляло: 10 апреля — 74, 11-го — 103, 12-го — 201, 13-го — 212, 14-го — 111 и 15-го — 116 т с максимальными значениями

16 и 17 апреля — 611 и 488 т соответственно. Эти значения одновременно зафиксированы во время пролета спутника над вулканом и показывают общую массу SO_2 в данном районе. Кроме того, на снимках наблюдалась эмиссия SO_2 от вулкана Чикурачики (о.Парамушир, Курильские о-ва), которая исключалась при расчете эмиссии газа на Мутновском. Все изложенные данные косвенно свидетельствовали о том, что на вулкане Мутновском, возможно, произошло извержение.

Для проверки этого предположения в двадцатых числах мая 2007 г. на вулкане были проведены полевые работы сотрудниками Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН. В результате исследований было установлено, что в самом активном кратере вулкана — Активной Воронке — действительно произошло извержение, причем взрыв в апреле 2007 г., в отличие от фреатического извержения в марте 2000 г., был преимущественно «сухим» за счет выброса в атмосферу скопившегося над близповерхностными магматическими массами сернистого газа.

Образовавшийся взрывной кратер размерами 180×215 м и глубиной около 30 м оказался врезаным в юго-западную стенку Активной Воронки. На дне и стенках самой Воронки лежали обломки пород материнской постройки вулкана, а на внешних склонах Мутновского был обнаружен свежий пепел серого цвета. Предварительное макро- и микроскопическое его изучение показало, что это мелкий резургентный материал с преобладающей фракцией частиц <0.1 мм, которые главным образом представлены раздробленными пироксеновыми андезитами с небольшой приме-



Воронка взрыва в кратере Активная Воронка. 22 июля 2007 г.

Фото Д.В.Мельникова

сь пемзы. Обломки измененных пород не превышали 10% от общей массы пепла (описание выполнено М.Ю.Пузанковым).

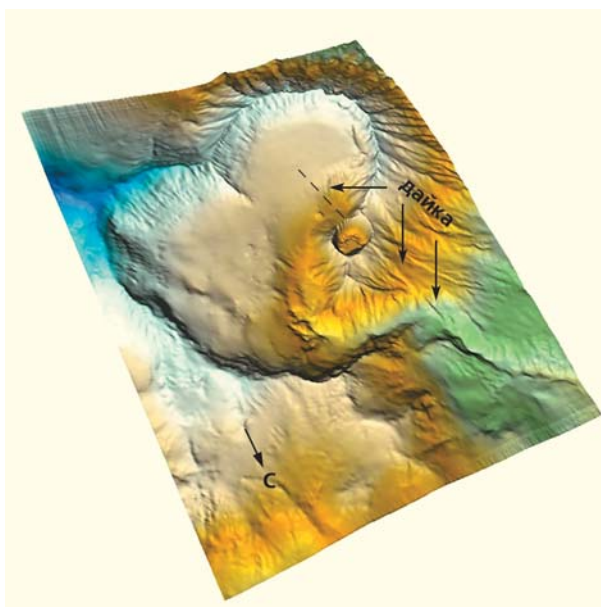
В Юго-Западном и Северо-Восточном кратерах вулкана Мутновского каких-либо изменений в морфологии выявлено не было.

Вулканические события на Мутновском произошли после 40 лет спокойного периода фумарольно-гидротермальной деятельности, которая, однако, характеризовалась аномально высоким



Аэрофотоснимок Мутновского вулкана (16 августа 2003 г.). Красным обведен контур взрывной воронки апрельского извержения в Активной Воронке 2007 г. Стрелки показывают положение дайки [9, 10], отчетливо «читающейся» в рельефе вулканической постройки: на северо-западе по трещине в многолетнем леднике, на юго-востоке — на склоне вулкана.

Фото Н.И.Селиверстова



Цифровая модель рельефа постройки вулкана Мутновский. Стрелками показано [13] положение дайки (построение выполнено Д.В.Мельниковым).

выносом тепла, главным образом конвективного, с магматическими флюидами (1800–1900 МВт), что практически адекватно непрерывному извержению. Поэтому некоторые исследователи [6] этот относительно спокойный период в жизни вулкана квалифицируют как «пассивное извержение».

Такая длительная и мощная массэнергетическая разгрузка на вулкане может поддерживаться кристаллизацией и конвекцией кипящего расплава в магматическом очаге под вулканом за счет периодического пополнения его более глубокой магмой. А усиление активности Мутновского в последние годы, по мнению О.Б.Селянгина, вероятно инициировано внедрением дайки по раскрывающейся (обновляемой) трещине ССЗ–ЮЮВ простирания [9].

Произошедшие на вулкане события совпали по времени с другими событиями, зафиксированными на нем: сходом многолетнего пульсирующего

ледника на дно Северо-Восточного кратера вулкана — в конце 1996–1998 гг. [10]; обрушением крупного ледника и сходом мощного селя по р. Куропатке с северо-восточного внешнего склона в 1996 г.; началом эксплуатации Мутновского геотермального месторождения — пуском Верхне-Мутновской ГеоЭС в 1999 г. и Мутновской ГеоЭС в 2002 г. [11, 12].

Эти события не были главными причинами, определяющими возобновление вулканической деятельности Мутновского, но они могли послужить своеобразными «катализаторами», спровоцировавшими реализацию на поверхности глубинных процессов.

В конце статьи следует отметить, что сейсмостанцией в районе Мутновского с апреля 2007 г. и до настоящего времени постоянно регистрируется непрерывное повышенное вулканическое дрожание — редкое явление в последние десятилетия. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 06-05-96002) и Дальневосточного отделения РАН (проект 06-III-B-08-368 и 07-III-D-08-092).

Литература

1. Гавриленко Г.М. Вулкан Мутновский проснулся // Природа. 2000. №12. С.41–43.
2. Гавриленко Г.М. // Вулканология и сейсмология. 2004. №6. С.49–64.
3. Гавриленко Г.М., Гавриленко М.Г. Изменение отношений макрокомпонентов в термальных водах вулкана Мутновский, предшествующее его активным фазам (Камчатка) // Подземная гидросфера: Материалы Всероссийского совещания по подземным водам востока России. Иркутск, 2006. С.17–20.
4. Гавриленко Г.М., Мельников Д.В., Зеленский М.Е., Тавиньо Л. // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2003. №2. С.118–121.
5. Мелекесцев И.В., Брайцева О.А., Пономарева В.В. // Вулканология и сейсмология. 1987. №3. С.3–18.
6. Поляк Б.Г. Геотермические особенности области современного вулканизма (на примере Камчатки). М., 1966.
7. Селянгин О.Б. // Вулканология и сейсмология. 1993. №1. С.17–35.
8. Gavrilenko G.M., Bortnikova S.B. 2000–2006 hydrochemical monitoring data obtained from the active crater of Mutnovsky Volcano, Kamchatka, after the 2000 eruption // Proceedings of the 12th Intern. Symp. on Water-Rock Interaction, 13–18 August. Chine. 2007. P.105–109.
9. Селянгин О.Б. Структура, вещество и эволюция магмопроводящих систем вулканов Мутновский и Горелый // Магматические очаги и надочаговые зоны вулканов. Петропавловск-Камчатский, 2008.
10. Гавриленко Г.М., Зеленский М.Е., Муравьев Я.Д. // Вулканология и сейсмология. 2001. №2. С.18–23.
11. Кирюхин А.В., Москалев Л.К., Поляков А.Ю., Чернев И.И. Изменения термогидродинамического и газогидрохимического режима резервуара в процессе эксплуатации Мутновского геотермального месторождения // Подземная гидросфера: Материалы Всероссийского совещания по подземным водам востока России. Иркутск, 2006. С.267–270.
12. Кугаенко Ю.А., Мельников Д.В. // География и природные ресурсы. 2006. №3. С.30–37.
13. Мельников Д.В. Визуализации структурно-геоморфологического строения вулканических построек (на примере Мутновского вулкана, Камчатка) // Вулканизм, сейсмичность и окружающая среда. Петропавловск-Камчатский, 2002. С.16–20.

Гидрография. Биология

Новозеландское судно «Тангароа» работает в Антарктиде

Научно-исследовательское судно Национального института изучения вод и атмосферы (Новая Зеландия) на протяжении восьми лет проводит регулярные комплексные экспедиции в Антарктике. Судно имеет длину 70 м и усиленный корпус, позволяющий плавать во льдах.

Из семи осуществленных рейсов в Антарктику три прошли в море Росса.

В начале 2007 г. в море Росса работала большая комплексная экспедиция, включавшая геофизиков, гидрографов, биологов Новой Зеландии и ряда других стран. Проводились сейсмическая разведка дна и его промер многолучевым эхолотом, гидрографические съемки и картографирование берегов о.Баллени, изучались приливные течения и состояния льдов, велись метеонаблюдения.

В этом рейсе была выполнена первая детальная гидрографическая опись о.Скотта. Оказалось, что его форма, размер и положение существенно отличаются от того, что показано на современной карте и Лоции Антарктики: он на 2.5 км протяженнее к юго-западу и лежит на 2.3 км дальше на север. Эта новая информация о положении острова крайне важна для навигации, поскольку большую часть года здесь господствуют туманы и снежные заряды.

С геофизическими работами судно прошло порядка 3900 линейных километров, покрыв гидрографической съемкой 1 тыс. км². Эти материалы будут использованы при исследованиях региональных геологических структур в море Росса.

Обширная информация, собранная в рейсе по планктону, бентосу, морским млекопитающим и птицам, пополнит уже накопленные знания, что даст

более цельную картину жизненных процессов, протекающих в море Росса. Понимание всей экосистемы этого региона станет базой для оценки возрастающей антропогенной нагрузки на Антарктику.

В феврале—марте 2008 г. планируется экспедиция на «Тангароа» в рамках Международного полярного года.

Hydro International. 2003. V.11. №5. P.19—23 (Нидерланды).

Океанология

Морские планеры

В рамках проекта MERSEA (Marine Environment and Security for the European Area — Морская среда и безопасность европейской территории), разрабатываемого 40 лабораториями 14 стран, сооружается шесть глайдеров (морских планеров), с использованием которых европейские океанологи надеются так же уверенно прогнозировать состояние океана, как метеорологи — состояние атмосферы.

В 2006 г. в Северо-Восточной Атлантике один из морских планеров успешно провел измерения температуры и солености вод по 470 профилям, совершив за 3 мес. маневры, связанные с погружениями на заданные глубины и подъемами на поверхность на протяжении 2700 км. Э.Клостр (H.Claustre; Лаборатория биологической океанографии Вильфранш-сюр-Мер, Франция) считает, что морские планеры окажут большую помощь при изучении биогеохимии океана, распределения в океане фитопланктона и др.

Морской планер Клостра стоимостью в 100 тыс. евро находится в эксплуатации в Средиземном море с конца 2007 г. и на протяжении трех лет (2007—2009) будет совершать челночные океанографические исследования между Корсикой и материком раз в месяц. Осна-

щенный светочувствительными датчиками, планер способен регистрировать флуоресценцию планктона. Ее измерения *in situ* позволят точнее калибровать цветность морской воды, регистрируемую спутниками: цвет зависит от содержания фитопланктона в воде — голубой указывает на его отсутствие, зеленый — на более или менее повышенное его содержание.

По мнению О.Шофилда (O.Schofield; Университет Рутгерса, Нью-Джерси, США), недалеко время, когда глайдеры будут регулярно пересекать Атлантику для сбора океанографической информации.

Sciences et Avenir. 2007. №721. P.56—58 (Франция).

Экология

Вирусы в водной среде

В глобальном плане средняя концентрация вирусов, обитающих в воде, возрастает с продуктивностью среды и варьирует от 10⁴ до 10⁸ частиц на миллилитр воды. В некоторых озерах, в поверхностных водах, удаленных от побережий, на отдельных участках глубоководного океана обилие вирусов составляет от 10⁵ до 10⁷, а в прибрежных зонах достигает 10⁶—10⁸ частиц/мл. В эстуариях и высокопродуктивных озерах их концентрации могут превышать 10⁸ частиц/мл. Это также относится и к такой экстремальной среде, как льды Северного Ледовитого океана: концентрации вирусов могут быть равными или даже превышать 10⁸ частиц/мл.

Однако вопрос о количестве вирусов представляется более важным для пресноводных сред, чем для океанских или морских. Донные осадки тоже очень богаты вирусами, особенно на их поверхности: в 1 г осадков находят от 0.03 до 12·10⁹ вирусных частиц.

La Recherche. 2007. №407. P.51 (Франция).

Полвека антарктической станции Восток

Л.М.Саватюгин,

доктор географических наук

М.А.Преображенская

Арктический и антарктический научно-исследовательский институт
Санкт-Петербург

«**К**огда начинаешь рассказывать об Антарктиде, ловишь себя на том, что без меры злоупотребляешь словами «уникальный», «единственный», «неповторимый». Но как этого избежать? Ведь Антарктида — на самом деле единственный в своем роде, уникальный, поистине неповторимый континент, самый суровый, а для тех, кто его открыл для себя, еще и самый памятный» [1]. Эти слова известного географа В.И.Бардина как нельзя лучше подходят и для станции Восток, затерянной среди безмолвной, покрытой снегом антарктической пустыни.

Это единственная наша внутриконтинентальная станция (остальные — Пионерская, Комсомольская, Советская, Полюс недоступности — прекратили свои наблюдения по прошествии Международного геофизического года, т.е. в конце 1958 г.). Восток — это сочетание огромной удаленности от побережья и большой высоты над уровнем моря (3488 м), сверхнизких температур воздуха со сверхнизким давлением и недостатком кислорода; недаром самым «марсианским из марсианских мест Земли» назвал Восток видный гляциолог И.А.Зотиков. А еще более уникальной станция стала в последние десятилетия, когда под мощным ледником, на котором стоят ее сооружения, обнаружили гигантское реликтовое озеро, тоже названное Востоком.

© Саватюгин Л.М.,
Преображенская М.А., 2008

Не так давно 16 декабря 2007 г. станции исполнилось 50 лет. Исследования, выполненные ее небольшим коллективом, бесценны. Их результаты вполне сравнимы с итогами работы успешного научно-исследовательского института. Незабываемо, что за эти годы зимовщики Востока не раз проявляли беспримерный героизм.

Чемпион по живучести

Планы создать внутриконтинентальную станцию появились после открытия в феврале 1956 г. обсерватории Мирный на берегу моря Дейвиса. Было понятно, что сделать это в глубине континента (1400 км от Мирного) возможно только поэтапно, шаг за шагом. И в 1956—1957 гг. на склоне ледникового купола были организованы станции Пионерская и Комсомольская, и, наконец, был совершен беспрецедентный по своей трудности и длительности санно-тракторный поход к Востоку. В первый раз дойти до намеченной точки не удалось — пришлось создать еще одну временную станцию в 635 км от Мирного и назвать ее в предвидении грядущих событий — Восток-1. Только с наступлением весны 1957 г. поход был продолжен. На этот раз его возглавил начальник 2-й Комплексной Антарктической экспедиции (КАЭ; с 1959 г. экспедиция стала называться Советской антарктической — САЭ, а с 1992 г. — Россий-

ской антарктической — РАЭ), выдающийся полярный исследователь А.Ф.Трешников. Пока добрались из Мирного до станции Восток-1, было все: и поломки тягачей, и вынужденные стоянки из-за сильных метелей, и изнурительная тряска на застругах. 1 декабря 1957 г. временный Восток был полностью демонтирован. Его домики, поставленные на гусеничные тягачи, двинулись на юг по нетронутой целине. Утром 16 декабря тишина ледяной пустыни в точке с координатами 78°27' ю.ш. 106°52' в.д. была нарушена рокотом моторов и человеческими голосами. В тот же день в 21 ч местного времени станция Восток, названная в честь флагманского судна Первой русской антарктической экспедиции — шлюпа «Восток», приступила к научным наблюдениям. Над станцией был поднят Государственный флаг СССР, а рация передала в эфир первую метеосводку. Тем временем, когда на новой станции разворачивались строительные работы, санно-тракторный поезд вышел в обратный путь и в канун нового, 1958 г. вернулся в Мирный. Мы бы с удовольствием назвали имена всех участников беспрецедентного по трудности и дальности 85-дневного внутриконтинентального похода, но их было немного-немало 40 человек.

На внутриконтинентальной станции остались семь человек во главе с начальником станции В.Г.Аверьяновым. В то время Восток представлял собой сдви-

нутые вместе щитовые домики площадью по 12 м² каждый. Пять из них были соединены в единый комплекс крытым тамбуром, в теплом просторном помещении которого разместились электростанция, радиостанция, кают-компания с электрическим камбузом, баня, кинобудка и склад. Помещения отапливались за счет тепла от работающих дизелей электростанции. Это здание, с годами обветшавшее, долгое время продолжали называть «главным зданием» Востока.

3 января 1958 г. на станцию самолетами была доставлена новая смена полярников из состава 3-й КАЭ — 11 человек во главе с В.С.Сидоровым. Это была первая зимовка на внутриконтинентальной станции. Прибывший в конце января санно-гусеничный поезд доставил зимовщикам 123 т различного груза, необходимого для жизни и работы.

Примерно таким по числу людей (около 10) он останется и в последующие годы, затем, в пору увеличения числа и видов научных наблюдений, зимовочный персонал станции резко увеличится, достигнув в 1978 г. даже 37 человек, а в последующие годы, когда многие виды наблюдений будут сняты из-за экономических трудностей, переживаемых страной, число зимовщиков вновь вернется к прежним величинам.

Со временем станция обстраивалась. «Главное здание» окружили научные павильоны и склады, а в 1974 г. (19-я САЭ) на станции появились первые модульные дома из стальных конструкций с навесными алюминиевыми панелями. Еще более осовременили ее облик начавшиеся буровые работы: теперь над домами возвышались буровые вышки высотой до 9 м. Но станция переживала не только хорошие времена.

Одним из самых трагических событий в ее истории был пожар 12 апреля 1982 г., когда на станции сгорела дизель-элект-



Начальник станции Восток-1 В.Г.Аверьянов (слева) и начальник 2-й Комплексной антарктической экспедиции А.В.Трешников.

Из архива ААНИИ



Так начинался Восток.

Из архива ААНИИ

ростанция (ДЭС). Если любую зимовку на Востоке можно считать экстремальной, то зимовка 1982 г. стала для ее участников испытанием на грани человеческих возможностей. Пожар начался ночью в жилой пристройке к электростанции. Почувствовав запах дыма, люди выбежали на семидесятиградусный мороз, едва успев одеться. Но самым страшным для них был ветер, раздувавший пламя и гро-

зивший перекинуть его на емкости с горючим. Пламя гасили снегом, огнетушителями, брезентом, но ДЭС сгорела дотла, остался только черный мрачный остов. В огне погиб начальник электростанции А.И.Карпенко, которому было 42 года. Спустя семь месяцев его похоронили на о.Буромского вблизи Мирного, где захоронены десятки полярников. А оставшиеся в живых 23 полярника в услови-



Начальник Первой зимовки (1958—1960) на станции Восток В.С.Сидоров.

Из архива Л.М.Саватюгина

ях наступающей полярной ночи, мороза в -70°C , в быстро остывающих помещениях, начали борьбу за жизнь. Первой задачей было изготовление соляровых печек-капельниц. Делали их

в основном слесарным путем с минимальным применением сварки (берегли единственный маломощный дизель-генератор), оставляя на холодном металле лоскуты кожи. А затем была длинная полярная ночь с морозами до -85°C , штормовыми ветрами, а главное — темнотой, которую с трудом побеждали нещадно коптящие свечи из парафина. Но тяжелейшая зимовка не сломила людей, «восточники» проявили подлинное мужество, не только обеспечивая «живучесть» станции, но и продолжая научные работы. Метеорологические наблюдения были прерваны всего на один день, геомагнитные восстановлены через месяц. Только в декабре 1982 г. на станцию прибыл санно-гусеничный поезд, доставивший аварийную ДЭС. Через два года (29-я САЭ) на станции была введена в строй новая электростанция, и стали возможны такие энергоемкие работы, как бурение скважины.

Однако последующие годы принесли новые трудности, которые теперь были вызваны наступившим в стране экономиче-

ским кризисом и недостатком финансирования науки. Не стало средства, чтобы содержать Восток. Его судьба висела на волоске (и не только его, рассматривались даже варианты полного свертывания работ в Антарктике), научные программы сокращались, операции по доставке топлива и продовольствия срывались, а станцию трижды приходилось консервировать.

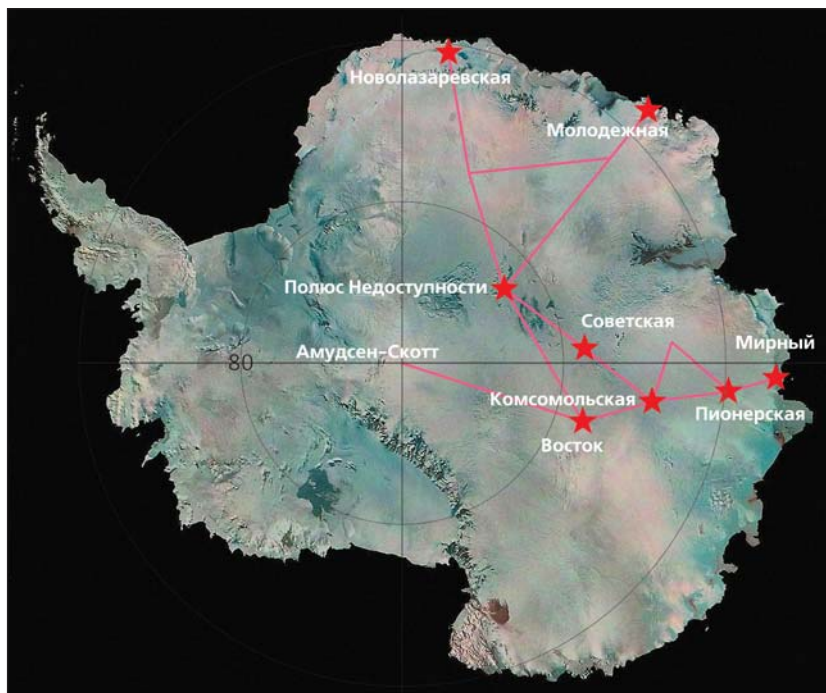
В настоящее время станция Восток — это компактно расположенный комплекс жилых и производственных помещений, размещившихся на площадке размером 130×130 м. Центром станции являются три сооружения, построенные из алюминиевых панелей: каюткомпания, дом радио и ДЭС. Немного в стороне находится гляциобуровой комплекс с тремя вышками, одна из которых — знаменитая скважина 5Г. Большая часть старых сооружений находится под снегом.

Вид внутренних помещений станции оставляет желать лучшего. Почти во всех зданиях — потертый линолеум, трещины в потолке, нуждающиеся в остеклении окна, вышедшая из строя сантехника и пр. Все говорит о необходимости срочного капитального ремонта.

Но главной проблемой для Востока, собственно существовавшей с первых дней работы станции, но особо обострившейся с начала 90-х годов прошлого столетия, остается проблема смены ее персонала и снабжения всем необходимым, а главное — дизельным топливом.

Транспорт до Востока

В первых внутриконтинентальных походах основной транспортной машиной был артиллерийский тяжелый тягач, к которому прикреплялись деревянные сани, загруженные бочками с горючим. Позднее горючее стало доставляться в специальных цистернах, которые



Карта-схема отечественных санно-гусеничных научных походов.



Современный вид станции.
Апрель 2007 г.

Фото Н.И.Фомичева



Остров Буромского на рейде
Мирного — кладбище полярников.

Фото Л.М.Саватюгина

закреплялись на санях попарно. Тягачи двигались колонной, впереди которой шел штурманский тягач, оснащенный навигационным оборудованием. Ведь в однообразной снежной пустыне не было никаких ориентиров. Чтобы выйти из Мирного внутрь континента, машины должны были преодолеть зону трещин шириной около 50 км, которая была опасна не менее, чем минное поле. Нередки были случаи, особенно во время пурги, когда тягачи попадали в тре-

щины. Недаром как сигнал тревоги при выходе из Мирного была установлена металлическая стела — памятник погибшему здесь водителю. Но и после прохождения этой опасной зоны водителей тягачей поджидали бесконечные трудности. Тягачи то проваливались в рыхлый снег, то теряли ориентировку. Механики-водители проводили за рычагами по 12 ч, от грохота работающих дизелей у них закладывало уши. Особенно тяжело приходилось, когда

машины выходили из строя. В жестокие морозы, обжигающий ветер и метель они вынуждены были нередко в течение нескольких часов заниматься заменой сломавшихся деталей, причем часто голыми руками. Один из механиков-водителей 4-й САЭ так отзывался о своем труде: «Основной двигательной силой на этом перегоне была кувалда. Только благодаря ей мы и добрались до Востока» [2].

Начиная с 4-й САЭ в походах стали участвовать более мощ-



Ремонт на трассе при минус 75°С.

Фото С.Н.Горшкова

ные «харьковчанки» — машины, построенные на Харьковском заводе транспортного машиностроения. Их утепленный кузов был площадью с двухкомнатную квартиру [3]. Позже появились двухзвенные тягачи-транспортёры ДТ-30П, многоцелевые тяжелые тягачи. Но в годы финансовой нестабильности в стране изношенная техника перестала заменяться новой, а запчастей стало не хватать. Поэтому в 1993 г. поход, двигавшийся по трассе Мирный—Восток, впервые не дошел до внутриконтинентальной станции. Да и в последующие годы обстановка практически не улучшилась.

Не лучше дело обстояло и с полетами самолетов. В первых, поистине героических полетах на внутриконтинентальную станцию карта, на которой штурман прокладывал маршрут, представляла собой по сути просто лист бумаги, на котором бы-

ли нанесены параллели и меридианы. Со 2-й по 36-ю САЭ Восток снабжали отечественные самолеты ЛИ-2 и ИЛ-12, которые доставляли на станцию людей, научные приборы, боящиеся мороза продовольствие (овощи, фрукты, соки и т.д.). Каких только хитростей не придумывали летчики, чтобы взлететь на внутриконтинентальной станции. Ведь низкие температуры превращали снег в «кварцевый песок» и ухудшали скольжение лыж. Для взлета к ним приходилось прикреплять даже специальные пороховые ускорители, пока не был найден прекрасный материал — фторопласт и придуман способ крепления его к лыже. Вообще самолетовождение в условиях Восточной Антарктиды было связано с множеством трудностей: кислородным голоданием из-за больших высот полета, резкими перепадами погоды, а главное, так называе-

мой «белой мглой». Поскольку свет многократно отражается от облаков и от снежной поверхности, дальний план ландшафта исчезает и летчик чувствует себя как в белой тьме [4]. Самолеты вели, сверяясь со следом, оставленным в снежной пустыне санно-гусеничным поездом. Если же погода ухудшалась, очень просто можно было пролететь мимо станции. А если в течение 20 мин летчик не находил Восток, из-за ограниченности запаса топлива приходилось возвращаться обратно в Мирный. Как полеты, так и санно-гусеничные поезда были дорогим способом доставки груза. Кто-то из полярников подсчитал, что бутылка минеральной воды, доставленной на Восток, по цене становилась равной бутылке коньяка.

Начиная с 8-й САЭ из Мирного летали на Восток на ИЛ-14, обладавшем большей грузоподъемностью (обычно самолет

совершал от 30 до 60 полетов в год). С 1992 г., после выхода из эксплуатации отечественного самолета, на Восток стали летать «Геркулесы-С-130» в рамках вклада США в совместный научный проект по бурению глубокой скважины на Востоке. В 2002 г. американская экспедиция прекратила эти полеты, и тогда перед РАЭ (уже Российской антарктической экспедицией) встала задача замены. Единственным приемлемым вариантом по ряду обстоятельств стал канадский самолет БТ-67 на лыжно-колесном шасси. В сезон 50-й РАЭ экспедиция смогла организовать воздушный транспортный мост между прибрежной станцией Прогресс (здесь создается транспортно-логистический центр РАЭ) и Востоком. Четкая организация полетов позволила в период с 4 по 10 января 2005 г. провести семь рейсов самолета на станцию Восток. Во время заключительного, 8-го рейса, 20 января 2005 г. на станцию была доставлена группа специалистов 50-й РАЭ, грузы буровиков, радиолокаторщиков и сейсмологов, медикаменты, продовольствие, дизеля (всего более 13 т). В ноябре 2005 г. на станцию Восток с самолета ИЛ-76 ТД был произведен парашютный сброс дизельного и авиационного топлива (28 платформ по 6 бочек с ГСМ).

Природные условия

Любые наружные работы на станции очень затруднительны. Даже при кратковременном пребывании на открытом воздухе при низкой температуре сильно охлаждаются легкие, и появляется мучительный кашель и боли в груди. Многие, казалось бы, физически здоровые люди, к тому же имевшие за спиной опыт работы в Арктике, здесь заболели тяжелой формой горной болезни (как называют ее «восточники» — «горняшкой») и их приходилось срочно вывозить в Мирный.



Санно-тракторный поезд после месяца пути прибывает на станцию Восток.

Фото П.Г.Талалая

Ожоги в этом ледяном сердце Антарктиды бывают так же часто, как и обморожения. Большая концентрация ультрафиолетовых и инфракрасных лучей и отражательная способность снега, подобные тем, что подстерегают альпинистов при восхождениях в горы, могут создать серьезную опасность для глаз, вызвать снежную слепоту (офтальмию).

Все вещества и жидкости из-за низких температур и пониженного давления ведут себя на Востоке необычно. Так, дизельное топливо при -75°C превращается в густую массу, антифриз при -85°C кристаллизуется, бензин перестает испаряться, металл при температурах около -87°C становится хрупким. Низкое атмосферное давление сильно сказывается на работе дизелей электростанции. От недостатка кислорода их мощность значительно падает, что приводит к быстрому выходу из строя отдельных частей агрегатов, коксушке поршневых колец и т.д. Метеорологам, чтобы обеспечить бесперебойную работу самописцев, приходилось проводить в первые экспедиции

многочисленные эксперименты с часовыми механизмами: в чернила для повышения их морозостойчивости добавляли спирт и глицерин, с самописцев удаляли смазку, которая густела при температурах ниже минус 60° . У аэрологов были бесконечные проблемы с наполнением радиозондовых оболочек водородом, резина в суровых условиях внутриконтинентальной станции делалась необычайно хрупкой и рвалась при малейшем прикосновении.

Воздух в районе станции отличается почти хрустальной прозрачностью, а годовые суммы радиации примерно как в Ташкенте. Но покрытые снегом поверхности, как огромное зеркало, почти 85% солнечной радиации отправляют обратно в космическое пространство. Да и особенности циркуляции атмосферы также способствуют интенсивному выхолаживанию воздуха. 24 августа 1960 г. стационарный термометр зафиксировал температуру -88.3°C , а 21 июля 1983 г. приземная температура оказалась равной -89.2°C [4]. Вот почему Восток называют полюсом холода не

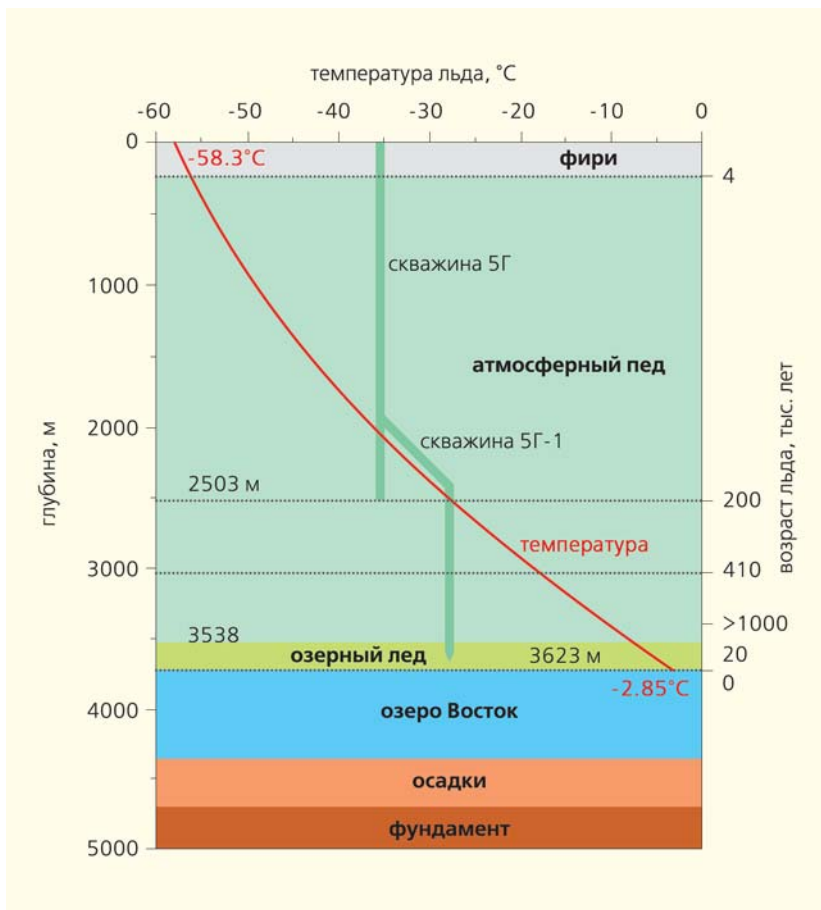
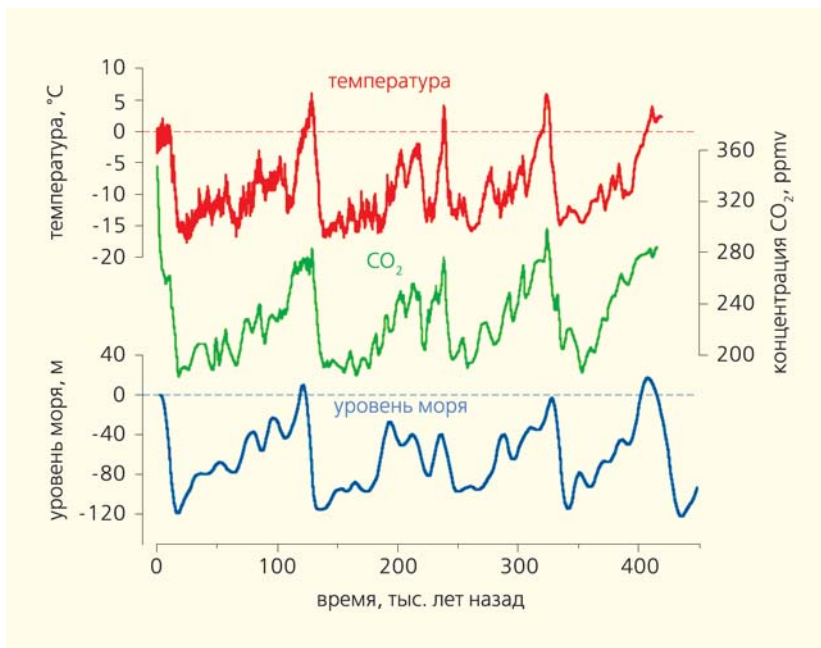


Схема скважины 5Г.



Результаты палеоклиматических исследований льда из скважины 5Г.

только Южного полушария, но и всей планеты.

Осадки в районе Востока вместо привычных для нас шестиугольных снежинок с пушистыми лучами представлены в основном кристаллами столбчатых и призматических форм, полых внутри. Да и снежный покров совсем не похож на привычный для жителей умеренных широт. При сильных ветрах и низких температурах воздуха он становится плотным и твердым, по снегу можно ходить, почти не оставляя следов, а для хозяйственных нужд его приходится пилить на бруски.

В районе станции часты туманы и дымка, образованные «ледяными иглами». Когда Солнце находится низко над горизонтом, его лучи разлагаются в призматических кристаллах на основные цвета спектра, что создает впечатление медленно текущего цветного снега — так называемого «цветного поземка» [5]. В ясные морозные ночи, когда звезды светят особенно ярко, при дыхании слышится легкий шорох, причина которого ядра конденсации — мельчайшие капли влаги, которые при попадании в воздух при выдохе мгновенно замерзают. Поскольку облака верхнего яруса состоят из мельчайших ледяных кристаллов, в атмосфере часта повторяемость различных необычных оптических явлений: гало и венцы вокруг солнца и луны, ложные солнца, кресты [6].

Как это ни странно, на Восток не раз залетали поморники. Скорее всего птиц привлекают отбросы пищи по движению санно-гусеничных поездов по трассе Мирный—Восток. В 28-й САЭ начальник станции А.Б.Будрецкий занес такую совсем уже оголодавшую птицу в кают-компанию. Здесь поморник ожил и с превеликим удовольствием принялся есть все, что ему давали полярники: хлеб, рыбу, мясо. А в декабре поморника, которого прозвали Яшкой, отправили самолетом в Мирный, чтобы выпустить там на волю.

Наука на Востоке

На станции Восток, расположенной в районе Южного геомагнитного полюса, в разные годы изучалось магнитное поле Земли, физические процессы в ионосфере, формы и виды полярных сияний, космические лучи, регистрировался уровень космического радиоизлучения, исследовалось электрическое поле атмосферы. Масштабные геофизические наблюдения были выполнены на станции в период с 9-й по 26-ю САЭ, когда здесь функционировал комплекс, оборудованный измерительной аппаратурой из США и обслуживаемый попеременно русскими и американскими наблюдателями.

Конечно, Восток — это не только геофизическая, но и метеорологическая обсерватория. Первые метеонаблюдения на внутриконтинентальной (каждые три часа) начались сразу же после открытия станции 16 декабря, геомагнитные — 25 декабря 1957 г., а с 26 декабря каждые 6—12 ч здесь выпускались аэрологические зонды. Этому предшествовала долгая и трудоемкая работа по добыче водорода в неотопляемых помещениях. Со временем для улучшения качества работ в практику наблюдений была внедрена современная цифровая измерительная аппаратура (метеорологические станции «Милос-500», ионозонд «Бизон», комплекты приема информации с ИСЗ «Сканекс» и «Лиана» и др.), широко стали использоваться компьютеры.

С первых дней существования Востока огромное внимание стало уделяться изучению снежно-ледникового покрова, т.е. гляциологическим исследованиям. Станция стала основной базой развертывания исследований Центральной Антарктиды, исходным пунктом целого ряда санно-гусеничных походов [7]. Если в первое десятилетие гляциологи, удачно сочетая маршрутные измерения по гля-

циологическим профилям со стационарными наблюдениями, занимались в основном всесторонним изучением снежного покрова, то начиная с 1970 г. (15-я САЭ) приоритет был отдан глубокому бурению почти 4-километровой ледяной толщи под станцией Восток. Мы не будем подробно останавливаться на этих работах, поскольку читатели «Природы» неплохо информированы о них [8].

Напомним только, что к 1998 г. на станции Восток существовало пять глубоких скважин. Последняя по времени — 5Г, сложное многоступенчатое сооружение, достигла глубины 3623 м. Образцы керна из скважины к настоящему времени детально исследованы, что позволило впервые по изотопным и гляциологическим данным установить цикличность изменения климата на Земле, проследить историю климата и атмосферы на протяжении последних четырех ледниковых периодов и пяти межледниковий.

При работе с ледяным керном на станции Восток сотрудники Института микробиологии РАН получили достоверные данные о микроорганизмах в толще ледника Центральной Антарктиды. В отобранных пробах были выявлены различные микроорганизмы: бактерии, актиномицеты, дрожжи, мицелиальные грибы, а также одноклеточные водоросли [9]. Впервые экспериментально была доказана возможность сверхдлительного анабиоза у микроорганизмов, исчисляемого периодами в несколько сотен тысяч лет.

Получению рекордно длительных по времени палеоклиматических рядов, уходящих в прошлое на 420 тыс. лет, сопутствовали такие благоприятные особенности местоположения скважины, как большая мощность ледниковой толщи (3760 м), малая аккумуляция снега в этом районе (2.4 г/см²год), обеспечивающая получение на тех же глубинах наиболее древнего льда по сравнению с други-

ми ледниками и, наконец, сравнительно близкое к ледоразделу положение точки бурения, обеспечивающее уверенную стратиграфию большей части ледника (до 3310 м), не искаженную сдвиговыми деформациями.

В палеоклиматических и структурных исследованиях, в изучении воздушных включений во льду, моделировании процессов тепломассопереноса в ледниковом покрове, а также в датировании льда и температурной калибровке профиля изотопного состава керна принимали участие специалисты из Арктического и антарктического научно-исследовательского института, Института географии РАН, Казанского государственного университета, Петербургского института ядерной физики РАН, Санкт-Петербургского горного института, Полярной морской геолого-разведочной экспедиции.

Была установлена тесная корреляция между колебаниями температуры воздуха в прошлом и концентрацией углекислого газа (СО₂) в атмосфере, которая указывает на связь изменений климата с величинами содержания в атмосфере Земли парниковых газов. Эти данные послужили основой для обсуждения перспектив будущих глобальных изменений климата.

Сразу же после своего открытия станция Восток стала привлекать внимание ученых всего мира: многие страны присылали своих специалистов для проведения исследований. Главным образом это были геофизики и гляциологи. Особый интерес у иностранных специалистов вызвало бурение сверхглубокой скважины. Можно сказать, что успехи этого грандиозного проекта в значительной мере связаны с российско-франко-американским сотрудничеством, сложившемся в 70—80 гг. прошлого века. У истоков этого сотрудничества с советской стороны стоял известный гляциолог В.М.Котляков, а с француз-

ской — геохимик и гляциолог, директор Лаборатории гляциологии в Гренобле — К.Лориус. Несколько позднее к соглашению присоединилась американская сторона. Французами были доставлены и смонтированы на внутриконтинентальной станции кернохранилище, гляциологическая и геофизическая лаборатории, предоставлена современная аналитическая аппаратура для полевых исследований.

США оказывали «восточникам» значительную поддержку, которая заключалась в основном в проведении смены зимовочного персонала станции Восток с помощью американских самолетов С-130 «Геркулес» через Крайстчерч (Новая Зеландия) и американскую научную станцию Мак-Мердо. Необходимо признать, что в период, совпавший со значительными экономическими трудностями в нашей стране и отсутствием достаточного финансирования, без американской помощи сохранить Восток как круглогодично действующую станцию практически было бы невозможно. Однако после того как в феврале 1998 г. скважина 5Г достигла отметки 3623 м, американская сторона официально объявила об «успешном завершении» совместного российско-франко-американского проекта глубокого бурения. Продолжавшаяся еще в течение некоторого времени авиационная поддержка внутриконтинентальной станции уже более не связана с интересом американцев к оз.Восток.

Исследования озера

Изучение открытого подо льдом озера, площадь которого можно сравнить с такими крупными озерами, как Онежское, Чад и Титикака, стало одной из самых масштабных в антарктической науке на рубеже двух столетий. Здесь мы, памятуя об объеме журнальной публикации, еще раз вынуждены адресо-

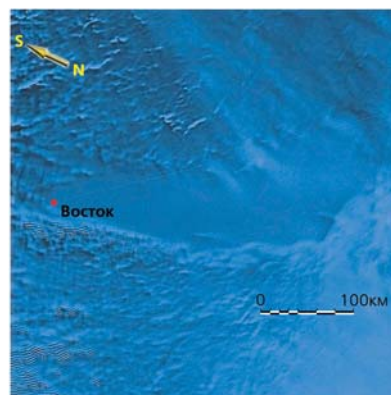
вать читателей к статьям об оз.Восток, уже опубликованным в «Природе» [8, 10, 11].

Напомним только, что на глубине 3538 м глубокая скважина на станции Восток вошла в слой конгеляционного (озерного) льда, образовавшегося в результате намерзания воды озера на нижнюю поверхность ледникового покрова. Было установлено, что возраст ледникового льда атмосферного происхождения над озерным превышает 2 млн лет, а максимальный возраст озерного льда составляет 20 тыс. лет [12]. Бурение в начале 1998 г. было остановлено на глубине 3623 м в 130 м от контакта ледника с озером.

Что касается дистанционных геофизических исследований, то они на первом этапе включали сейсмические исследования методом отраженных волн и радиолокационное зондирование с помощью вновь разработанной импульсной цифровой радиолокационной аппаратуры. В задачи этих исследований входило оконтуривание озера, определение морфологических параметров дна озера и мощности водного слоя, выявление донных осадков, а также определение толщины ледникового покрова, перекрывающего озеро. Общая протяженность наземных геофизических маршрутов, выполненных в 1995—2002 гг., составила более 2500 км.

Были также получены данные, свидетельствующие о том, что депрессия озера Восток представляет собой фрагмент гигантского рифтового пояса Антарктиды, сходного по масштабу проявления деструктивных процессов с рифтовым поясом Восточной Африки.

Если на первом этапе изучения оз.Восток его геофизические исследования были только российскими, то в течение сезона 1998—1999 г. аэrorадиолокационное профилирование по отдельным маршрутам было выполнено итальянскими исследователями, а в течение летнего



Местоположение станции Восток и очертания оз.Восток (снимок из космоса).

сезона 2000—2001 гг. — американскими (эти материалы пока не опубликованы). Ниже приведены основные сведения об оз.Восток, полученные отечественными геофизиками.

Озеро расположено в пределах площади, ограниченной координатами с севера — 76.0° ю.ш., с юга — 78.5° ю.ш., с востока — 107.0° в.д., с запада — 102.0° в.д. Его площадь составляет 16 тыс. км², длина около 300 км, ширина 50 км. Толщина материкового льда над озером изменяется в диапазоне от 3600 до 4350 м, при этом в районе станции Восток она наименьшая. Максимальная толщина водного слоя составляет около 1200 м. В районе станции Восток она равна 680 м. Положение водного зеркала озера относительно уровня моря изменяется от минус 700 м в северной части до минус 100 м в южной части. Повторная интерпретация сейсмических данных, полученных по профилям, проходящим через станцию Восток, не подтвердила наличие в данном районе озера осадочных отложений значительной мощности вопреки первоначальному выводу о том, что осадочный чехол на дне озера составляет около 330 м.

В 2004 г. в центре изотопных исследований ВСЕГЕИ анализировались осадочные минераль-



Российские гляциобуровики после очередной победы. 2007 г. Слева направо: инженер-электронщик А.В.Красилев, инженер-гляциолог А.А.Екайкин, инженер-буровик В.М.Зубков, инженер-буровик А.Н.Дмитриев, руководитель буровых работ профессор Н.И.Васильев.

Фото В.А.Соляника

ные включения в слое льда, образовавшемся в результате замерзания озерной воды, в диапазоне глубин от 3538 до 3608 м. Установлено, что в состав минеральных включений входят сульфидные минералы — продукты геотермальной деятельности, следовательно, они могли оказаться в донных отложениях озера в результате поступления горячих, насыщенных газами растворов из глубинных слоев под озером.

По обломку кристалла циркония в минеральном включении, захваченном льдом, была выполнена уран-свинцовая датировка его возраста, который

составил 1.47 млрд лет. Значит, комплексы пород западного побережья озера сформировались в ходе однократного тектонического события, произошедшего в конце раннего протерозоя. По результатам анализа минеральных включений в кернах озерного льда построена предварительная схема геологического строения озера, были реконструированы основные характеристики изотопного, газового и химического составов озерной воды. Установлено, что концентрация растворенного в озере кислорода находится в пределах 27—1300 мг·л⁻¹, т.е. в 2—90 раз превышает концент-

рацию O₂ в воде при нормальных условиях.

Озерный лед чрезвычайно беден в биологическом отношении. Несмотря на это, в ходе молекулярно-биологических исследований керна озерного льда все же удалось обнаружить и идентифицировать три вида термофильных бактерий, которые могут жить в горячих источниках и окислять водород и тиосульфат [13]. Одна из этих популяций была ранее изучена в горячих источниках Японии. Она обитает при температурах выше 40—50°C в среде, насыщенной водородом и углекислым газом.

О своих намерениях продолжить бурение начиная с отметки 3623 м Россия заявила в 2004 г. на XXVII Консультативном совещании по Договору об Антарктике (Кейптаун, ЮАР). В декабре 2005 г. российские буровики возобновили работы в глубокой скважине на станции Восток, и 31 декабря получили новый керн. Сезон 2007—2008 гг. предполагал осуществ-

ление проникновения в воды озера. И хотя из-за обрыва кабель-троса операцию пришлось приостановить и ликвидировать последствия аварии, в 2007 г. был поднят керн с глубины 3668 м. В сезон 2008—2009 гг. планируется пробурить еще 60 м.

Продолжение исследований подледникового озера путем проникновения в его воды от-

крывает захватывающие перспективы новых открытий в области биологии, палеоклиматологии, истории оледенения и геологии Антарктиды. Вопреки прогнозам некоторых иностранных специалистов, у станции Восток есть будущее и полувекровая легенда об упорных и мужественных людях, работавших на этой станции, будет иметь достойное продолжение. ■

Литература

1. Бардин В. В горах и на ледниках Антарктиды. М., 1989.
2. Игнатов В.С. Год на Полюсе холода. М., 1962.
3. Дубровин Л., Козловский А. Советские антарктические. Л., 1991.
4. Слевич С. Ледяной материк сегодня и завтра. Л., 1968.
5. Котляков В.М. Гляциология Антарктиды. Кн.1. М., 2000.
6. Трешников А.Ф. У полюсов Земли. М., 1966.
7. Саватюгин Л.М. Российская наука в Антарктиде. М., 2004.
8. Талалай П.Г. Долгий путь через льды Антарктиды // Природа. 2003. №9. С.36—45.
9. Абызов С.С., Мицкевич И.Н., Поглазова М.Н. // Микробиология. 1998. Т.67. Вып.4. С.24—32.
10. Зотиков И.А. Антарктический феномен — озеро Восток // Природа. 2000. №2. С.61—68.
11. Талалай П.Г. Проникновение в подледниковые озера: планы и реальность // Природа. 2006. №9. С.45—53.
12. Липенков В.Я., Барков Н.И., Саламатин А.Н. // Пробл. Аркт. и Антаркт. 2000. Вып.72.
13. Булат С.А., Васильева Л.П., Липенков В.Я., Алехина И.А. // Пробл. Аркт. и Антаркт. 2003. Вып.2(36).

Археология

Латунь и золото ценились одинаково

Группа английских и кубинских археологов провела анализы металлов, которые высоко ценились туземным населением Кубы. Так, для индейцев тайно, живших на Кубе с VI в., в равной мере были значимы как латунь, так и золото.

Чтобы понять, как сильно повлияла испанская колонизация на коренных жителей, археологи исследовали все металлы, найденные на Кубе со времен ее покорения в 1492 г. Поскольку элита тайно считала золото, медь и серебро священными металлами, она отнесла к ним и латунь, попадавшую в их руки с одежд первых европейцев, высаживавшихся на острове.

Sciences et Avenir. 2007. №721. P.23 (Франция).

Вулканология. Климатология

Вулканическая сера и климат Земли

Влияние вулканического извержения на климат Земли зависит от высоты, достигнутой облаком пепла, аэрозолями и диоксидом серы. Если выбросы не выходят за пределы тропосферы, воздействие извержения невелико; если же они достигают стратосферы, их облако рассеивается медленнее и дольше закрывает Землю от солнечных лучей, что влечет за собой заметное похолодание.

До сих пор информацию о высоте выброса вулканических продуктов по извержениям прошлого получить было невозможно, но недавно М.Барони и Ж.Саварино (M.Baroni, J.Savarino; Лаборатория гляциологии и геофизики окружаю-

щей среды, Гренобль, Франция) предложили методику решения проблемы: анализ серы, выброшенной в атмосферу и затем осевшей на землю. Дело в том, что в стратосфере сера подвергается бомбардировке солнечными нейтронами, из-за чего ее изотопный состав отличается от состава серы, поднявшейся лишь до тропосферы.

Изучив следы, оставшиеся во льдах Антарктиды от извержения двух вулканов — индонезийского Агунг (1963) и филиппинского Пинатубо (1991), исследователи доказали, что выброшенная ими сера достигла стратосферы (т.е. высоты более 17 км).

Таким образом, теперь стала возможной оценка роли катастрофических извержений прошлого.

Science et Vie. 2007. №1074. P.28 (Франция).

Налеги в бассейне реки Адычи

Ю.А.Мурзин

Институт мерзлотоведения СО РАН
Якутск

В период проведения Международного полярного года 2007—2008 внимание исследователей привлекают природные объекты, существование которых связано с изменением климата и ледниковой шапки планеты. К ним, в частности, относятся и широко распространенные на земном шаре налеги — слоистые ледяные массивы, образующиеся при замерзании периодически изливающихся на поверхность земли природных или техногенных вод. Формируются налеги в районах с суровым климатом (низкие температуры воздуха, маломощный снежный покров и т.д.) и сильно расчлененным рельефом, осложненным новейшими тектоническими движениями земной коры [1]. Такие условия наиболее ярко выражены на северо-востоке Якутии, в бассейне р.Адычи. В ее низовьях, где планировалось строительство Адычанской ГЭС, в 1980—1989 гг. Институтом мерзлотоведения СО РАН проводились геокриологические исследования, частью которых было изучение наледей.

Хотя они и не влияют на величину объема стока воды в реке, но перераспределяют его по сезонам года, в зимний период значительно снижая его величину или приводя к полному прекращению стока, и увеличивая его летом. Это важнейшее следствие наледеобразовательных процессов необходимо учитывать при создании водохранилищ.

В середине июня 1982 г. рейсом из Батагая вертолет МИ-4 высадил нас на притоке Адычи,

в верховьях р.Чаркы. Эта типичная горная река Якутии протяженностью 276 км свое начало берет из озера (отметка уреза воды в нем — 1326 м), которое располагается на перевальной седловине и служит водоразделом бассейнов рек Яны и Индигирки.

В бассейне р.Чаркы находится восемь наледей общей площадью свыше 32 км². В верхнем течении эта река течет в обширной впадине. При ширине 8—10 км впадина вытянута с юго-востока на северо-запад на 40 км и заканчивается мощным валом конечной морены, на поверхности которой выделяются термокарстовые озера. Притоки р.Чаркы в пределах впадины (Урильгин, Сюрюге и др.) имеют хорошо выраженные троговые долины, в верховьях которых находится несколько небольших висячих ледников. На бортах впадины отмечаются валы боковых и конечных морен. Днище впадины сложено мощным чехлом водноледниковых наносов, в толще которых развиты гидрогенные талики, выраженные на поверхности древесной растительностью (тополь, чозения, ива). В летний период в этих отложениях накапливается большой объем воды.

При выходе из впадины река резко поворачивает на север и прорезает Онецкий хребет, образуя узкую долину. В конце зимнего периода на этом участке долины р.Чаркы протяженностью около 12 км и шириной 0.2—0.5 км формируется гигантская наледь, площадь которой превышает 3 км², а объем льда составляет не менее 15 млн м³. Максимальная мощность льда 6—8 м отмечается в местах сужения долины; на расширенных

участках она не превышает 3—5 м. Для образования наледи благоприятны близкое залегание коренных пород, небольшая мощность аллювия и значительный объем воды, поступающей сюда в зимний период из Чаркынской впадины [2].

Во время весенне-летних паводков потоки воды, растекаясь по поверхности наледи, образуют во льду глубокие и протяженные термоэрозионные каналы. Сотни кубометров рыхлых отложений, захватываемых водой с нижних частей склонов, перекладываются в этих каналах и формируют валы и холмы щебнисто-глыбового материала. После стаивания наледи эти валы и холмы на дне долины Чаркы еще долго сохраняются. В местах сужений, где отмечается максимальная мощность льда, наледь сохраняется все лето. Расширенные участки долины к началу августа почти полностью освобождаются ото льда и представляют собой хорошо выраженные наледные поляны.

При обследовании наледных полян по их окраинам встречаются разбитые трещинами валуны. На наш взгляд, они разрушаются в зимний период, когда вода, растекаясь по поляне, соприкасается с охлажденными камнями. Такое смачивание горных пород вызывает эффект, похожий на растрескивание стакана при наполнении его горячей водой.

Характерная черта для наледных полян — инъекционные пластовые льды, мощность которых достигает 0.5 м, а площадь часто превышает 100 м². Обычно они тяготеют к устьям небольших ручьев, залегая под дерниной на глубине 0.4—0.5 м



Наледь в долине р.Чаркы.



Мощная наледь в верховьях р.Чаркы.



Щебнисто-глыбовый материал в термоэрозийных каналах наледи.



Наледная поляна.



Иньекционный лед.



Наледь в долине р.Адычи.



Наледный бугор пучения в долине р.Адычи.



Наледь Булуус.

и вытянувшись вдоль русел ручьев. Для льда характерна горизонтальная слоистость, поскольку его образование происходит в начале зимнего периода. При промерзании подруслового талика возникает большое гидродинамическое давление, благодаря которому вода проникает под почвенно-растительный горизонт и, замерзая, формирует лед. Процесс длится до полного промерзания подруслового талика. Чем дольше он длится, тем больше по площади и толщине пластовые инъекционные льды. Чаще всего в течение летнего сезона они разрушаются, но в отдельных случаях могут сохраняться длительное время.

Несколько иначе происходит формирование наледей в нижнем течении р.Адычи, где она прорезает хребет Кисилых. Долина реки здесь сужается до 1 км, а мощность руслового аллювия в отдельных случаях не превышает 8–10 м.

В зимний период р.Адыча на перекатах перемерзает и расчленяется на отдельные водоемы, связь между которыми осуществляется по подрусловому талику толщиной от 6 до 35 м, а ширина в плане чаще всего соответствует ширине русла реки в межень. Водовмещающими породами в талике служат аллювиальные четвертичные отложения и подстилающие их трещиноватые ко-

ренные породы. Водоупором служит верхняя граница многолетнемерзлых пород.

В конце зимнего периода (февраль, март) в подрусловом талике развивается гидростатический напор, благодаря которому вода по трещинам поднимается на поверхность речного льда. Это приводит к образованию наледей, мощность которых достигает 2 м, при длине до 1 км и ширине до 100 м. В отдельных случаях, соединяясь друг с другом, они образуют протяженные (до 10 км) наледные участки.

На мелководных протоках Адычи были отмечены многочисленные наледные бугры пучения, образование которых обусловлено промерзанием отдельных глубоких ям при очень большом давлении (до 52 атм).

В целом на территории северо-востока Якутии в 80-х годах ежегодно формировалось не менее 2729 наледей, площадью 5409 км² и объемом 17.397 км³ [3]. Широко распространены наледи и в Южной Якутии, где в сравнении с северо-востоком климат значительно мягче. Мерзлые породы имеют прерывистое распространение. Количество наледей возрастает, но их площади уменьшаются. Так, если на северо-востоке Якутии на каждые 100 км² приходится от 0.3 до 0.6 наледей, на юге Якутии — 3.7. В целом же

в Южной Якутии каждый год образуется 827 наледей, площадь которых 131.6 км².

В Центральной Якутии на дневную поверхность выходят восемь источников подземных вод, которые формируют довольно большие по площади наледи. Одна из таких наледей носит название Булуус, что в переводе с якутского означает ледяной подвал. Эта наледь образуется в зимний период благодаря разгрузке подземных вод на дневную поверхность у основания крутого склона Бестяхской террасы. Несколько источников дают начало ручью Булуус-Юрях. Температура воды в течение года в них постоянная и равна 0.1–0.2°С. Вода источника «Булуус» обладает высоким качеством и содержит необходимые для организма человека микроэлементы [4].

Практически отсутствуют наледи в Западной Якутии. Эта часть республики по геологическому строению представляет собой один из древнейших жестких участков земной коры и составляет восточную половину Сибирской платформы.

К сожалению, деградация оледенения в связи с глобальным потеплением во многих местах делает проблематичным существование наледей. Поэтому необходимы новые исследования этих любопытных объектов природы. ■

Литература

1. Говорушко С.М. Взаимодействие человека с окружающей средой. М.; Киров, 2007.
2. Мурзин Ю.А. // Наука и техника в Якутии. 2006. №2(11). С.100–104.
3. Алексеев В.Р. Наледи. Новосибирск, 1987.
4. Шепелев В.В. Родниковые воды Якутии. Якутск, 1987.

Загадка семьи Дарвина: генетический аспект

М.Д.Голубовский,
доктор биологических наук
Санкт-Петербург

Бесплодные браки

Согласно статистике, около 10–15% браков остаются бесплодными. Нарушением в репродуктивной функции считают ситуацию, когда при регулярной половой жизни и желаний иметь детей беременность не наступает в течение года. В норме у 30% супружеских пар она случается в первые три месяца совместной жизни, у 60% — в течение семи, а у остальных 10% — через 11–12 мес после вступления в брак. Различают три группы бесплодия — женское, мужское и комбинированное, обусловленное несовместимостью в работе репродуктивных систем супругов.

На долю женского бесплодия в браках приходится около 50% случаев, а доля мужского составляет ~40%. Диагноз и поиски «виновников» такого нарушения ведут с трех сторон: анатомических аномалий в строении репродуктивных органов (например, непроходимость маточных труб, дефекты строения мужского полового аппарата и т.д.); сбоев в эндокринной регуляции репродуктивной системы; нарушения гаметогенеза и аномалий женских или мужских гамет (олигоспермия, малая подвижность спермиев, отсутствие овуляции, хромосомные мутации и т.д.).

И все же примерно в 30% случаев причины бесплодия в браке до сих пор остаются невыяс-

ненными или неясными. В репродуктивной медицине это так и называют: необъяснимое бесплодие (unexplained infertility). Некоторые специалисты возражают против такого термина, указывая, что «необъяснимое» — это лишь плохо диагностированное, ибо современные методы позволяют поставить точный диагноз. Однако, на мой взгляд, доводы за сохранение термина «необъяснимое бесплодие», несмотря на его размытость, весьма убедительны. Ибо современное знание и применяемые методы еще далеко не охватывают все сложности функционирования системы воспроизведения [1].

Гаметогенез, мейоз и оплодотворение (включая образование и первое деление зиготы) — это три сложных многоступенчатых и связанных между собой процесса репродукции. Есть обратная корреляция между точностью анализа и его правильностью, т.е. пониманием феномена в целом. Стремление к большой точности вовсе не всегда совпадает с правильностью. Поэтому несколько размытый термин (каковым, к примеру, был и остается основной термин генетики «ген») позволяет держать дверь открытой для неожиданных сценариев. Так, в статье «Отцы и близнецы», напечатанной более 20 лет в «Природе» [2], приводились доводы в пользу передачи в ряду поколений и действия в некоторых семьях доминантного фактора, который, активировавшись в мужских га-

метах в ходе оплодотворения, может приводить к диспермии, т.е. к ситуации, когда не один, а два спермия проникают в ядро яйцеклетки. Это в свою очередь приводит к образованию аномальных триплоидных зигот с искаженным ходом эмбриогенеза, которые abortируются на разных стадиях беременности.

Триплоидия — одна из наиболее частых причин крупных хромосомных нарушений, вызывающих спонтанные выкидыши. Ведущая роль диспермии в возникновении зигот и эмбрионов с тройным набором хромосом установлена точными методами молекулярной генетики [3]. Парадокс здесь состоит в том, что аномалии репродукции вызваны не отсутствием спермиев или их малоподвижностью, а напротив, их сверхактивностью при оплодотворении. Оказывается, своеобразный *ménage à trois* (брак втроем) на уровне гамет ни к чему хорошему не приводит.

Другой парадокс состоит в том, что в семьях с передачей фактора, действующего на уровне мужских гамет и способствующего диспермии, могут наблюдаться удивительные аномалии: сочетание долгого бесплодия с редким счастливым исходом — рождением близнецов. В этих же семьях возможно появление необычных типов близнецов и особей-химер, нередко бесплодных [2]. Именно подобное сочетание описано в Библии в родословной Авраама и его потомков [4]. Вместе

с моим коллегой Дж.Сент-Кларом из Эдинбурга мы исследовали одну родословную из Шотландии, где на протяжении 200 лет по отцовской линии передавался фактор, приводящий к рождению близнецов и в то же время ассоциированный с бесплодием [5].

Почему Джордж Вашингтон, «отец США», сам никогда не был отцом?

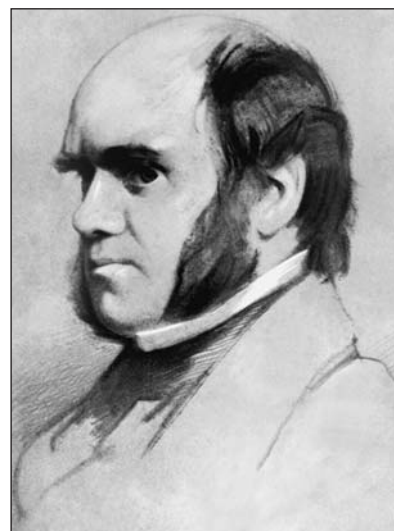
Статья под таким названием вышла в 2004 г. из стен центра репродукции человека в Вашингтонском университете в Сиэтле [6]. Джордж Вашингтон (1732—1799), пожалуй, самая почитаемая политическая фигура в США. Он возглавлял Континентальную армию в семилетней революционной войне 1775—1783 гг., одержав после ряда поражений трудную победу над британцами и обеспечив создание нового государства. Затем Вашингтон стал во главе Конституционного конвента, провозгласившего независимость США; был избран первым президентом США на два срока 1789—1797 гг.

Все детали жизненного пути Вашингтона и особенности его личности хорошо прослежены биографами. Этот выдающийся военный и государственный деятель, человек атлетического сложения, большого мужества и благородства в личной жизни страдал от бесплодия в браке. В 1759 г. он женился на 27-летней вдове Марте Кэртис (1731—1802), которая в первом браке родила четырех детей (двое из них выжили). К сожалению, брак с Мартой оставался бездетным на протяжении 16 лет, после чего Вашингтон окунулся с головой в политическую жизнь, когда началась война за независимость.

Причина бесплодия в их браке была явно с мужской стороны, хотя сам Вашингтон так не считал (как и большинство мужчин в аналогичной си-

туации). На основе современных представлений Дж.Эмори провел ретроспективный дифференциальный диагноз непонятной стерильности Вашингтона. По его мнению, роль таких факторов мужской стерильности, как ХХУ-синдром (лишняя X-хромосома), делеция части Y-хромосомы, эндокринные нарушения и сексуальная дисфункция, анатомические дефекты, в данном случае маловероятна. Скорее здесь могло проявиться побочное действие на функции гонад такого токсичного агента, как хлорид ртути (или каломель), широко использовавшегося в то время для лечения желудочных заболеваний, которыми смолodu страдал Вашингтон. С другой стороны, хлорид ртути хотя и подавляет сперматогенез, но его влияние преходяще и не может объяснить длительную стерильность.

Наличие лишней X-хромосомы вызывает отклонения от нормы, называемые синдромом Клайнфельтера, который встречается среди лиц мужского пола с частотой 1:1000. Носители этого синдрома отличаются высоким ростом, относительной худобой, нарушением гормонального баланса, недоразвитием половой системы и обычно стерильны. Они обладают также некоей женственностью, увеличением грудных желез и пониженными познавательными и лингвистическими способностями. Хотя Вашингтон был высокого роста (около 190 см), но отличался хорошим сложением, сильной мускулатурой, был отличным всадником, прекрасно владел языком и речью. Все это не вяжется с признаками синдрома ХХУ. Эмори склонен считать наиболее вероятной причиной бесплодия Вашингтона перенесенный им в тяжелой форме в 1757 г. легочный туберкулез. Эта болезнь примерно в 20% случаев дает осложнения на придатки яичка, где происходит созревание зрелой спермы, и ведет к бесплодию.



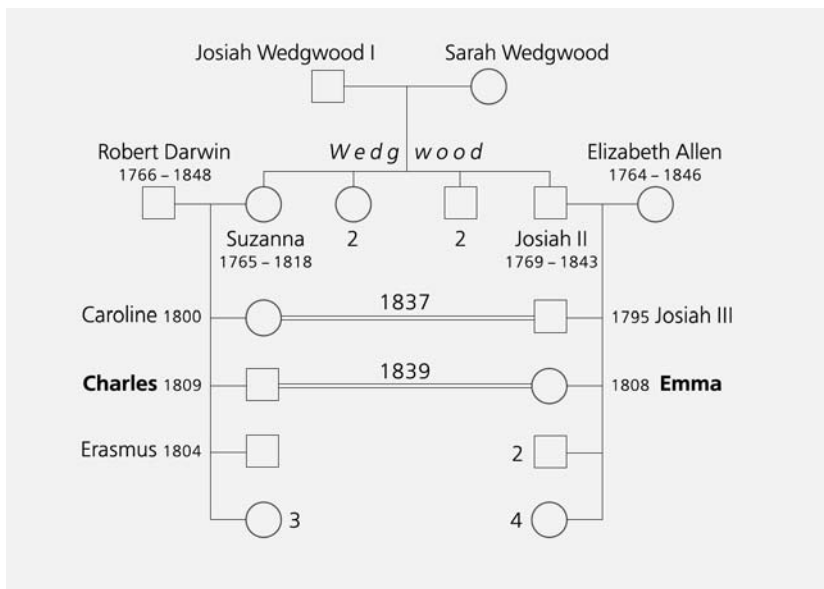
Дарвин в 1853 г. Рисунок С.Лоуренса. Здесь и далее фото из архива «Природы»

Бесплодие в семье Дарвина

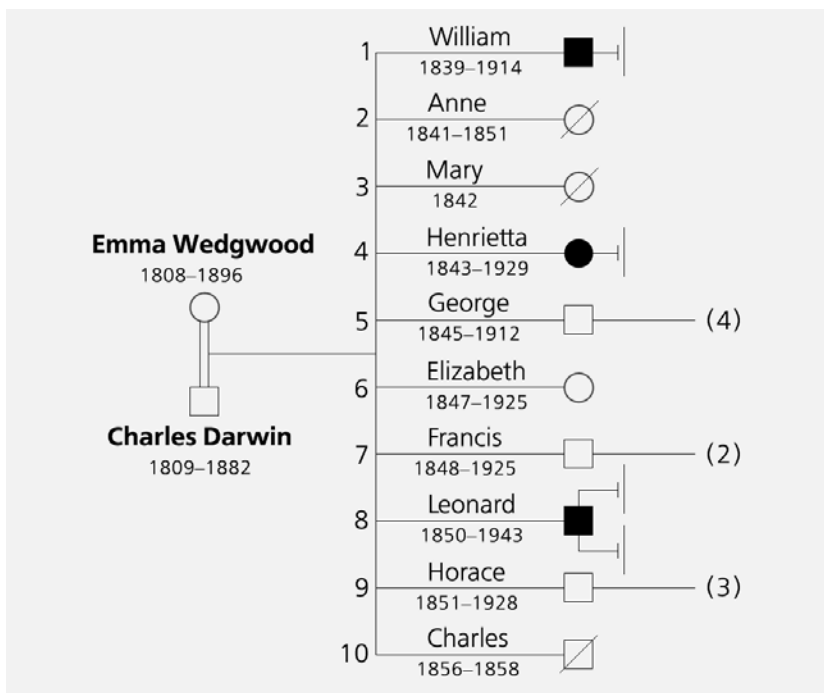
Совершенно поразительный и загадочный случай бесплодия представляет семья Дарвина. Оно носит здесь семейный характер и поражает оба пола. Попробуем рассмотреть генетический аспект этой загадки, привлекая данные генеалогии. По мужской линии, начиная с Эразма Дарвина (врача, ботаника, натурфилософа, изобретателя и эротического поэта), этот род подарил человечеству двух гениев — Чарльза Дарвина и Фрэнсиса Гальтона. Курьезно, но основатель учения об улучшении человеческого рода (евгеники) Гальтон не оставил свои ценные гены потомству. Бесплодие затронуло и потомков Дарвина — троих его взрослых детей.

Сведения о родословной Дарвина можно найти в двух его детальных биографиях [7, 8]. В 1958 г. под редакцией Норы Барлоу* впервые вышел полный, без купюр текст автобиографических записок Дарвина [9]. В родословной, приведенной там, есть интересные сведения

* Эмма Нора Барлоу (1885—1989), дочь Горация, последнего сына Дарвина, прожила 104 года.



Фрагмент родословной, показывающей близкородственные кузенные браки в семьях Дарвин-Вэдждвуд. В двух кузенных браках: Чарльз Дарвин и Эмма Вэдждвуд, и Каролина Дарвин и Джо Вэдждвуд-3 были общие прародители Джо Вэдждвуд и Сара Вэдждвуд. Мужчины обозначены квадратами, женщины — кружками; двойными линиями — кузенные браки. Числа соответствуют количеству детей мужского или женского пола в данном браке.



Схема, обозначающая потомство Чарльза Дарвина и Эммы Вэдждвуд. В их браке было 10 детей, из них семь дожило до взрослого состояния. Умершие дети показаны перекрестной линией в квадрате или кружке. Бесплодие в браках Уильяма, Генриетты и Леонарда обозначено черным цветом и двойной перпендикулярной линией. Число детей в браках у Джорджа, Фрэнсиса и Горация указано в скобках.

о брачной демографии семьи Дарвина.

В середине 1838 г. 30-летний Чарльз Дарвин решил жениться и остановил выбор на своей кузине Эмме Вэдждвуд. Семейства Дарвинов и Вэдждвудов* связывали давние экономические интересы и брачные узы, в том числе кузенные. 24 января 1839 г. Дарвина избрали членом Британского Королевского общества, а пять дней спустя, 29 января, он обвенчался с Эммой Вэдждвуд в маленькой церкви поместья ее родителей. Молодожены сняли жилье в районе Блумсбери, в Лондоне. Их первый сын Уильям появился на свет уже через 11 мес после венчания. Последующие восемь детей родились один за другим в достаточно короткий период в 11,5 лет. Затем, после пятилетнего перерыва, 48-летняя Эмма родила последнего ребенка, который умер спустя два года.

Две дочери и пять сыновей Дарвина дожили до взрослого возраста. Дочь Элизабет, прожившая 78 лет, никогда не вступала в брак. Из остальных шести детей, которые прожили долгую семейную жизнь, трое — старший сын Уильям, дочь Генриетта и сын Леонард — были бесплодными. Причем мужское бесплодие Леонарда особенно показательно, ибо он был женат дважды и в обоих случаях брак был бездетным (первый брак длился 16 лет). Каковы же возможные

* Интересно, что Вэдждвуды прославились своими керамическим и фаянсовым производством. Джо Вэдждвуд-первый, продолжая семейную традицию, также занялся производством высококачественной керамики. Он изобрел фаянсовые массы и собственный стиль росписи посуды: на бежевую или голубую поверхность изделия наносился рисунок в античном стиле. Такой материал назывался глазированным фаянсом. Вэдждвуд открыл фабрику в деревне с домами для своих рабочих и назвал ее древним именем Этрурия. В 1775 г. мастер создал знаменитый «яшмовый» фаянс. Изделия из такого фаянса — матовые, нежно-голубого цвета «голубой вэдждвуд», украшенные контрастно-белым орнаментом, стали популярными и выпускаются до сих пор.



Дарвин со своим старшим сыном Уильямом. 1842 г.



Дом Дарвина в Дауне, к которому семейство переехало в 1843 г.

причины этого удивительного семейного бесплодия? Есть полное основание полагать, что бесплодие трех детей Дарвина связано с его близкородственным кузенным браком, что обычно повышает вероятность выщепления в потомстве рецессивных мутаций, полученных от предков и скрытых в гетерозиготе. Одна из этих мутаций и могла привести к бесплодию.

В семье Дарвина мы сталкиваемся с довольно редкой ситуацией, когда мутация стерильности затрагивает одновременно и мужской, и женский пол. При этом важно, что нарушение функции воспроизведения у таких гомозигот не влияет на общую жизнеспособность. Так, все трое бесплодных детей Дарвина

имели нормальную жизненную активность и прожили соответственно 75, 86 и 93 года. Уильям стал активным банкиром. Леонард проявил себя как талантливый военный инженер, политик и экономист, а с 1911 по 1928 г. возглавил Британское евгеническое общество сразу после смерти его создателя Фрэнсиса Гальтона. Любопытно, что трое других, «плодовитых», сыновей Дарвина — Джордж, Фрэнсис и Гораций — сделали блестящую академическую карьеру и так же, как их отец, были удостоены избрания в Британское королевское общество.

Каков возможный механизм действия мутации, которая будучи в гомозиготном состоянии, вызывала бы и мужское,

и женское бесплодие? Первый кандидат — мутация, повреждающая один из гонадотропных (т.е. специфических к органам половой системы) гормонов. Молекулярная структура этих гормонов, сфера их действия и принципы регуляции достаточно хорошо известны. Гипоталамус—гипофиз—гонады образуют трехчленный осевой стержень секреции в кровяное русло регулирующих пол гормонов. Их тканеспецифичное действие координируется во времени и пространстве на основе прямых и обратных связей. Два основных фигуранта здесь — лютеинизирующий гормон (ЛГ) и фолликулостимулирующий (ФСГ). Они секретируются в кровь передней долей ги-

пофиза и по определенному расписанию регулируют работу гонад у обоих полов, прежде всего секрецию гонадами весьма сходных по своей структуре, но специфичных для каждого пола стероидных гормонов — эстрогена и тестостерона. У женского пола лютеинизирующий гормон стимулирует овуляцию, образование желтого тела на месте выхода яйцеклетки из яичника и секрецию эстрогена. У мужского пола этот гормон стимулирует в семенниках секрецию мужского полового гормона тестостерона, а у юношей — образование вторичных половых признаков и половое созревание. Фолликулостимулирующий гормон также активен у обоих полов. У женщин он, связываясь с особыми рецепторами, стимулирует конечную фазу развития яйцеклетки в фолликуле, а также индуцирует секрецию эстрогена в яичниках. У мужчин — влияет на подготовку клеток семенника к секреции мужских гормонов и на ход сперматогенеза.

По своей молекулярной структуре лютеинизирующий и фолликулостимулирующий гормоны относятся к классу белково-гликопротеинов, у которых к аминокислотной цепи присоединены молекулы того или иного моносахарида. Оба гормона работают как белки-димеры, составленные из двух цепей, связанных сульфидными мостиками. При этом α -цепь, состоящая из 92 аминокислот, у них общая и кодируется геном, локализованным в коротком плече хромосомы 6. А вот β -цепи — разные и кодируются у лютеинизирующего гормона геном в хромосоме 19, а у фолликулостимулирующего — в хромосоме 11. Можно ожидать, что мутации, инактивирующие любой из этих гормонов, непременно приведут к аномалиям полового развития и проявятся мужским и женским бесплодием.

Поиск таких мутаций особенно перспективен в близкородственных браках. Так, в 2002 г.

международная группа исследователей из Бразилии и США нашла большую бразильскую семью, где среди потомков от близкородственного брака наблюдалось женское и мужское бесплодие, сопровождавшееся мутацией в β -цепи фолликулостимулирующего гормона. В 2007 г. детально исследовали другую бразильскую семью, где в потомстве близкородственного брака бесплодные два брата и одна сестра (как и в семье Дарвина!) имели аномалии в строении гонад и полового развития и оказались гомозиготными носителями мутации в β -цепи лютеинизирующего гормона. Гетерозиготные носители этой мутации были нормальными. Здесь очевидно явное сходство с проявлением бесплодия среди детей Чарльза Дарвина и Эммы Вэджвуд. Но есть и важное различие! В бразильской семье мужчины-носители дефекта в лютеинизирующем гормоне отличались недоразвитием гонад (гипогонадизмом), евнухоидным обликом, юношеским голосом и отсутствием волос в области подбородка. Все эти черты совершенно не соответствуют внешнему облику сыновей Дарвина — Уильяма и Леонарда.

Однако возможны мутации, вызывающие стерильность у обоих полов, но не затрагивающие прямо эндокринную регуляцию, строение гонад и развитие вторичных половых признаков. Это мутации, влияющие на ход мейоза — клеточного деления, при котором в мужских и женских гаметах число хромосом уменьшается вдвое. К середине 1970-х годов выяснилась вовлеченность сотен генов в генетический контроль мейоза, и была сформулирована концепция его генетического контроля применительно к таким модельным объектам, как дрозофила и кукуруза [10, 11]. Из природных популяций дрозофил впервые выделили серию мутаций, влияющих на ход мейоза и связанных со стерильностью либо одного, либо двух полов.

Обоеполая стерильность характерна и для ряда мей-мутаций у кукурузы. Их систематическое выделение и анализ действия начались в середине 1970-х годов [11]. С тех пор стало очевидным, что гены, контролирующие мейоз, одни из самых эволюционно консервативных и во многом сходны у дрожжей, растений и животных. Прямые исследования ДНК генома помогают обнаружить мей-мутации. У человека систематический поиск мей-мутаций в норме и выявление их связи с разными неясными случаями бесплодия начали в лаборатории французского генетика М.Феллу. Исследователи нашли и случаи гетерозиготного носительства таких мутаций, и их связь с неясным до того нарушением плодовитости [12].

Кроме того, с помощью классических цитогенетических методов, опять же в близкородственных браках, обнаружены первые случаи семейного выщепления аутосомных рецессивных мутаций, блокирующих первое деление мейоза. Подобные мутации приводили и к женскому и к мужскому бесплодию, но не сказывались на остальном фенотипе [13].

Итак, эти генетические исследования дают основание полагать, что выщепление одной из рецессивных мутаций, затрагивающей мейоз, — наиболее вероятная причина бесплодия детей в близкородственном браке Чарльза Дарвина и Эммы Вэджвуд. Такую гипотетическую мей-мутацию супруги могли унаследовать по материнской линии со стороны их общих прародителей, Вэджвудов. А что же в другом кузенном браке родной сестры Дарвина Каролины и Джо Вэджвуда-третьего? Для Каролины это был поздний брак (в возрасте 37 лет), тем не менее она успешно родила одну за другой четырех дочек, последнюю, как и Эмма, в возрасте 48 лет. К сожалению, репродуктивная история дочерей этого брака мне неизвестна. Выщеп-

лялась ли и здесь гипотетическая мей-мутация из рода Вэдждудов? Гетерозиготное носительство мей-мутации, приведшей к загадочному бесплодию

детей в семье Дарвина, в будущем может быть обнаружено современными методами.

В заключение стоит заметить, что выяснение биологиче-

ских причин нарушения репродукции известных политических фигур или деятелей науки и культуры нисколько не умаляет их исторического величия. ■

Литература

1. *Siristadisis C., Bhattacharya S.* // Human Reprod. 2007. V.22. P.2084—2087.
2. *Голубовский М.Д.* Отцы и близнецы // Природа. 1986. №3. С.23—34.
3. *Zaragoza M.V., Surti U., Redline R.W. et al.* // Am. J. Hum.Genetics. V.66. P.1907—1820.
4. *Голубовский М.Д.* // Звезда. 2001. №12.
5. *StClair J., Golubovsky M.D.* // Twin Research. 2002.
6. *Amory J.K.* // Fertil. Sterility. 2004. V.81. P.495—499.
7. *Desmond A., Moore J.* // Darwin. N.Y., 1991.
8. *Browne J.* // Charles Darwin: A biography. Princeton, 1995.
9. *Barlow N.* // The Autobiography of Charles Darwin (preface) / Ed. N.Barlow. N.Y.; L., 1958.
10. *Baker B.S., Carpenter A.T., Esposito M.T., Sandler R.* // Annu. Rev. Genet. 1976. V.10. P.53—134.
11. *Голубовская И.Н.* Гены и мейоз // Природа. 1997. №10. С.65—72.
12. *Mandon-Pepin B., Derboius C., Matsuda F. et al.* // Gynecol. Obstet. Fertilil. 2002. V.30. P.817—821.
13. *Schmiady H. and Neitzel H.* // Hum. Reprod. 2002. V.22. P.2084—2087.

Зоология

Искусственное осеменение животных

В начале 2007 г. в зоопарке Будапешта после 500 дней беременности у Лулу — самки белого южного носорога (*Ceratotherium simum simum*) с помощью техники искусственного осеменения благополучно родился детеныш весом 58 кг. Род *Ceratotherium* включает единственный вид с двумя подвидами — северный и южный белый носорог; состояние обоих подвидов ныне неудовлетворительное.

С целью совершенствования техники, специально разработанной для животных Р.Гермесом (R.Hermes) и его коллегами из Института им.Лейбница по изучению животных в зоопарках и дикой природе, потребовалось семь лет. В 2005 г. первая попытка осеменения 25-летней Лулу была безрезультатной. Эта же техника оказалась полезной для спасения почти исчезнув-

шего белого северного носорога; в мире сейчас сохранилось не более 14 особей этого подвида, причем 10 из них живут в неволе, и среди них только две самки способны к воспроизводству. Белый же носорог южного подвида, исчезнувший почти повсеместно несколько десятилетий назад, теперь возрождается благодаря должным мерам охраны мест его обитания.

В 1998 г. благодаря искусственному осеменению появился первый в мире слоненок.

Science et Vie. 2007. №1074. P.15 (Франция).

Охрана окружающей среды

В борьбе с браконьерами pomocí генетики

Группа американских исследователей во главе с С.Вассером (S.Wasser; Вашингтонский университет) сравнила ДНК слоновьих бивней, конфискованных в 2002 г. в Сингапу-

ре, с генетическим материалом слонов из разных частей Африки (каждой популяции соответствует своя частота повторяемости генов). Анализ показал, что бивни были добыты главным образом в Замбии.

В последние годы незаконная охота в Африке приобрела угрожающие масштабы (возможно, одной из причин бедственного положения стали «благие намерения»: с тех пор как в 1989 г. Вашингтонская конвенция запретила торговлю слоновой костью, цена на нее выросла с 76 до 570 евро). Так, в 2005—2006 гг. было арестовано 24 т слоновой кости, что свидетельствует о гибели 23 тыс. животных. В то же время некоторые страны (в том числе и Замбия) занижают статистику браконьерства. Теперь генетики имеют возможность определить происхождение изъятых образцов. Вассер надеется, что этот метод поможет в борьбе с охотниками на слонов.

Sciences et Avenir. 2007. №722. P.32 (Франция).

Вашингтонская

Новости науки

Космические исследования

Началась экспедиция к астероидам

Пояс астероидов между Марсом и Юпитером — своеобразный чердак Солнечной системы. Пыльные забытые обломки, вестники из прошлого, и у каждого — своя история. Подобраться поближе к этим обломкам — заветная мечта планетологов. По современным представлениям, именно из этих глыб (планетезималей) в конечном итоге образовались планеты. Но как именно это происходило и почему планеты такие разные? Найти ответы на эти вопросы поможет межпланетный зонд «Dawn» (NASA), полет которого начался 27 сентября 2007 г. В программу экспедиции входит исследование с небольшого расстояния двух гигантских астероидов.

Первую остановку «Dawn» сделает у Весты. Телескопические наблюдения Весты, а также изучение метеоритов — ее возможных фрагментов — свидетельствуют, что в начале своего существования этот астероид был частично расплавлен. Это позволило тяжелым элементам, наподобие железа, опуститься в недра, разделив Весту на плотное ядро и более легкую кору. Некоторые ученые полагают, что источником тепла для плавления Весты служили радиоактивные изотопы железа ^{60}Fe и алюминия ^{26}Al , которыми она была загрязнена в результате близких вспышек двух сверхновых, примерно совпавших со временем зарождения Солнечной системы. Когда распад изотопов закончился, астероид остыл и затвердел в своем теперешнем состоянии.

Если все пойдет по графику, «Dawn» достигнет Весты в 2011 г.

Подробные снимки поверхности астероида позволят определить, действительно ли на нем имеются потоки древней базальтовой лавы и океаны магмы, на что указали предварительные наблюдения. С помощью спектрометров «Dawn» планетологи определят, из каких минералов состоит поверхность Весты. По особенностям орбитального движения аппарата вокруг астероида будет установлено гравитационное поле Весты. Это, в частности, позволит уточнить, действительно ли Веста имеет железное ядро.

После семи месяцев изучения Весты «Dawn» совершит маневр, никогда ранее не предпринимавшийся, — покинет орбиту одного удаленного объекта и направится к другому. Перелет с астероида на астероид был бы невозможен, если бы «Dawn» работал на обычном ракетном топливе. Но на этом зонде установлены ионные двигатели, которым требуется в 10 раз меньше топлива (газа ксенона), чем обычным.

«Dawn» достигнет Цереры в 2015 г. Имея диаметр в 950 км, Церера, несомненно, — самый крупный объект в поясе астероидов. Удивительно, но это не каменное тело, как Веста. Церера покрыта слоем водяного льда толщиной от 60 до 120 км и потому невозможно заглянуть в самую раннюю эпоху образования планет. Зато она расскажет ученым о роли, которую в эволюции планетезималей играла вода. Программа исследований, в принципе, та же, что и для Весты — спектроскопия и картирование поверхности, измерения гравитационного поля.

С самого момента запуска группа управления полетом «Dawn» проводит проверку систем аппарата, кульминацией которой стало

пробное включение одного из трех ионных двигателей, которое началось 7 октября и длилось около 27 ч. На всех режимах двигатель «Dawn» отработал безупречно. Экономичность ионных двигателей иллюстрируется тем, что за время испытаний было израсходовано менее 280 г ксенона. Всего же на аппарат загружено 425 кг топлива. За время полета три ионных двигателя «Dawn» проработают около 50 тыс. ч (порядка пяти лет) — рекорд для космического аппарата.

<http://www.nasa.gov/dawn>

Астрономия

Таинственная радиовспышка

Среди различных астрономических явлений наиболее сложны в изучении так называемые транзиенты — кратковременные и, как правило, неповторяющиеся импульсы излучения в различных диапазонах. Для их обнаружения необходимы патрульные наблюдения с высоким временным разрешением, организовать которые пока удается только для жесткого (гамма- и рентгеновского) излучения. Между тем яркие кратковременные вспышки происходят и в других диапазонах, в радио-, например. Д.Лоример (D.Logimer; Национальная радиоастрономическая обсерватория, США) и его коллеги решили проверить, не скрывается ли информация о радиовсплесках в архивных данных обзора Магеллановых Облаков, выполненного на 64-метровом радиотелескопе в Парксе (Австралия). Этот обзор проводился с целью обнаружения новых пульсаров, и потому при первоначальной обработке основное внима-

ние уделялось поиску переменных источников. Теперь ученые решили заново просмотреть данные — на этот раз в поисках вспышек, которые, в отличие от пульсаров, не обладают периодичностью.

Поиски увенчались успехом. В архивах австралийской радионаблюдательной станции Паркс астрономы нашли запись мощной кратковременной вспышки радиоволн, которая была зафиксирована 24 августа 2001 г. примерно в 3° к югу от центра Малого Магелланова Облака. По астрономическим меркам импульс был очень мощным и длился менее 5 мс, причем был «размазан» по частоте из-за дисперсии, вызванной прохождением сигнала через ионизованный газ в межзвездном или межгалактическом пространстве: высокочастотная составляющая попала на телескоп раньше низкочастотного сигнала. По величине дисперсии астрономы определили, что источник сигнала находится на расстоянии многих сотен миллионов световых лет от Земли.

Ни в архивных данных, ни при специальных дополнительных наблюдениях, проведенных в апреле 2007 г., обнаружить повторное излучение из той же самой точки пространства не удалось, так что это, вероятно, был действительно «одноразовый» импульс. До сих пор космические радиовспышки с такими параметрами не обнаруживались. Точнее, астрономам известны похожие транзиентные радиоисточники, связанные с пульсарами, но они слишком слабы и на таком расстоянии не могли быть видны.

Не исключено, что речь идет о совершенно новом астрономическом явлении. Сопоставив продолжительность обзора и охваченную им площадь, авторы открытия оценили, что ежедневно на небе должно происходить около 400 подобных событий. Зафиксировать их не удавалось лишь потому, что до сих пор проводилось не так много радиобзоров с достаточной чувствительностью и временным разрешением.

Естественно, имея информацию только об одном событии,

слишком рано высказывать предположения о его природе. У авторов, впрочем, есть две гипотезы. Во-первых, в радиодиапазоне могла излучиться часть энергии, высвободившейся при слиянии двух нейтронных звезд. По мнению ряда ученых, такое слияние может порождать одну из разновидностей гамма-всплесков. Пока в радиодиапазоне детектировалось только «послесвечение» гамма-всплесков, но вполне возможно, что сопутствующие им радиоимпульсы до сих пор просто не обнаруживались. Другое, более экзотическое объяснение состоит в том, что в ходе Парксовского обзора ученым удалось наблюдать вспышку энергии испаряющейся черной дыры. Черные дыры способны терять массу и энергию благодаря механизму, предложенному известным британским физиком С.Хокингом.

Сейчас авторы открытия пытаются найти подобные мощные и краткие вспышки в других обзорных пульсаров и разрешить тем самым загадку их происхождения. К тому же, если удастся связать эти явления с галактиками, расстояния до которых известны, то дисперсию их излучения можно будет использовать для определения количества вещества в межгалактическом пространстве.

Science. 2007. V.318. P.779 (США).

Астрономия

Планетная пыль в звездных атмосферах

Вскоре после открытия первой внесолнечной планеты выяснилось, что такие планеты чаще обнаруживаются у звезд, богатых металлами, в частности железом. Иначе говоря, звезды, имеющие планетные системы, почти в два раза богаче металлами, чем точно такие же светила, но без планетных систем. Естественно, в отношении этой корреляции сразу же возник классический вопрос о курице и яйце: то ли обилие металлов способствует формированию планет, то ли планеты как-то обогащают звезду металлами. У обоих

вариантов есть свои обоснования. Скажем, если система изначально богата тяжелыми элементами, в ней более эффективно образуются каменные ядра, которые затем могут служить затравками для формирования планет-гигантов. Но с другой стороны, звезда может загрязняться металлами при падении на нее планет. Разница очевидна: в первом случае масса звезды обогащена металлами вплоть до самого центра, во втором случае загрязнены только внешние слои.

Но как выбрать один из двух сценариев, если астрономы, наблюдая звезды и получая их спектры, всегда видят только внешние слои и не могут быть уверены, что такой же состав имеет вся звезда? Возможно, свет на эту проблему прольют наблюдения, проведенные сотрудниками Европейской южной обсерватории — Л.Паскви́ни и его коллегами из Германии, Испании, Италии и Бразилии¹. Корреляция между планетным окружением и наличием металлов установлена пока только для звезд главной последовательности. Ученые решили проверить, сохраняется ли она на более поздних эволюционных стадиях. С этой целью они исследовали 14 красных гигантов с планетными системами.

Красный гигант — огромная и относительно холодная звезда, исчерпавшая запасы водорода в своей центральной части. Примерно так будет выглядеть через несколько миллиардов лет наше Солнце. Одно из отличий красных гигантов от звезд главной последовательности состоит в том, что в гигантах гораздо эффективнее происходит конвективное перемешивание. На Солнце конвективная зона охватывает всего 2% полной массы светила. У красных гигантов ее доля возрастает до 70%. Иными словами, конвективными потоками гигант пронизан практически целиком, поэтому любое поверхностное загрязнение вещества в нем «разбавляется» в 35 раз сильнее, чем в звезде главной последовательности.

¹ Pasquini L. et al. // Astron. Astroph. 2007. V.473. P.979.

Изучив распределение металлов в этих 14 красных гигантах, Пасквини и его коллеги обнаружили, что в них распределение металлов отличается от аналогичного распределения у нормальных звезд, тоже имеющих планеты. Точнее говоря, оказалось, что проэволюционировавшие звезды не обогащены металлами даже при наличии планет. Следовательно, аномалии химического состава, обнаруженные у звезд с планетами, исчезают, когда они становятся старше.

Авторы работы предупреждают, что их вывод основан на довольно небольшой выборке звезд, однако на данный момент самое простое объяснение имеющихся наблюдений состоит в следующем: звезды солнечного типа обогащаются металлами в результате внешнего загрязнения их атмосфер; общее же содержание металлов в звезде и протопланетном диске никак не влияет на вероятность образования планет.

Сейчас имеются две основные модели образования планетных систем — модель гравитационной неустойчивости и модель аккреции вещества на ядро. В первом случае планета-гигант образуется сразу в «готовом» виде, во втором — сначала формируется каменное ядро, которое затем собирает на себя массивную газовую атмосферу. Если отсутствие корреляции между полным содержанием металлов в звезде и наличием у нее планетной системы подтвердится, это станет сильным аргументом в пользу первой модели.

© Вибе Д.З.,

доктор физико-математических наук
Москва

Физика

Структура твердого водорода

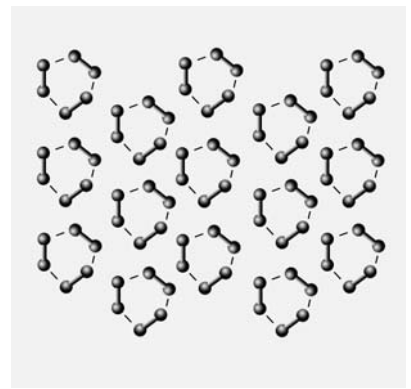
При сильном сжатии газообразный водород переходит в твердое состояние, а при дальнейшем повышении давления P он теоретически должен стать металлом, возможно даже, высокотемпературным сверхпроводником. Экспе-

риментально при $P < 320$ ГПа обнаружены три разные фазы твердого водорода — I, II и III (в порядке увеличения P). Все они представляют собой молекулярные кристаллы. Данные о структуре фаз II и III остаются пока неоднозначными и противоречивыми, поскольку рентгеновская дифракция не позволяет определить ориентацию молекул H_2 в твердой фазе, а нейтронографические методики по ряду причин не применяются при давлениях >60 ГПа. Приходится использовать лишь косвенную информацию о частотах колебаний, которую дают рамановская и инфракрасная спектроскопии. Эти частоты затем сравниваются с теоретическими расчетами для различных атомных конфигураций. При таком подходе велика вероятность «пропустить» правильную структуру, особенно если она необычна или достаточно сложна.

Английские теоретики К.Пикард и Р.Нидс предложили стратегию «автоматического» численного поиска устойчивых структур твердого водорода в фазовом пространстве координат атомов¹. Выбирая случайным образом начальные координаты атомов (числом от 8 до 48), заключенных в «ящик» с периодическими граничными условиями, они путем последовательных итераций приводили систему к минимуму энтальпии. Полная энергия рассчитывалась на каждом шаге методами теории функционала плотности. Стартуя с разных исходных конфигураций, исследователи получили большой набор структур — кандидатов в фазы твердого водорода, а затем рассчитали для каждой из них зависимость энтальпии от P вплоть до 400 ГПа.

Главный результат — определение структуры фазы III. Она моноклинная (пространственная группа $C2/c$) и представляет собой набор слоев, в каждом из которых имеются три неэквивалентных положения молекул H_2 . Оси молекул почти параллельны плоскости слоя, а их центры формируют искаженную гексагональную решет-

¹ *Pickard C.J., Needs R.J. // Nature Physics. 2007. V.3. P.473—476.*



Один из слоев моноклинной структуры $C2/c$ твердого водорода.

ку. В элементарной ячейке 24 атома. Ранее такая структура твердого водорода никем не исследовалась и даже не обсуждалась. Она термодинамически устойчива при $P = 105—270$ ГПа и обладает свойствами диэлектрика (все предыдущие структуры, претендующие на фазу III, были металлическими).

Пикард и Нидс также предсказали структуру твердого водорода при давлениях 400—500 ГПа, до которых экспериментаторы пока не добрались.

<http://perst.issp.ras.ru> (2007. Т.14. Вып.14/15).

Физика

«Бозонный клей» высокотемпературным сверхпроводникам не нужен

П.У.Андерсон, теоретик-твёрдотельщик из Принстонского университета (США), поделился своими соображениями о причинах безрадостного положения дел в теории высокотемпературной сверхпроводимости². Он раскритиковал тех (а фактически — всех) своих коллег, которые занимаются поисками «бозонного клея», обеспечивающего образование электронных пар в высокотемпературных сверхпроводниках, и дискутируют о физической природе этого «клея», будь то фононы, магноны или какие-то другие квазичастицы.

² *Anderson P.W. // Science. 2007. V.317. P.1705—1707.*

По мнению Андерсона, эта идея порочна, поскольку характерная энергия межэлектронного кулоновского взаимодействия (например, энергия хаббардовского отталкивания электронов $U > 2 \text{ эВ}$) у высокотемпературных сверхпроводников превышает ширину разрешенной зоны. Наблюдаемая в экспериментах по фотоэмиссии с угловым разрешением большая ширина функции распределения электронов по энергии, считает исследователь, обусловлена именно кулоновским взаимодействием электронов между собой, а не с бозонным полем.

Одно из важных следствий большой величины U — сильное антиферромагнитное взаимодействие, характерная энергия J которого также довольно велика ($\approx 0.12 \text{ эВ}$) и которое, вопреки расхожему мнению, не имеет никакого отношения к низкочастотным спиновым взаимодействиям между зонными электронами, поскольку характер этого взаимодействия строго ферромагнитный.

Итак, резюмирует Андерсон, в высокотемпературных сверхпроводниках есть два типа межэлектронных взаимодействий кулоновской природы: сильное (J) и очень сильное (U). Их наличие позволяет объяснить и антиферромагнетизм, и d -волновую симметрию параметра порядка, и многие другие специфические особенности высокотемпературных сверхпроводников. И если какой-то дополнительный «бозонный клей» действительно существует, это уже не суть важно — ведь когда в холодильнике сидят мамонт и слон, какое нам дело до того, есть ли там еще и мышка?

<http://perst.ispp.ras.ru> (2007. Т.14. Вып.12/13).

Физика. Техника

Лампа накаливания на углеродных нанотрубках

Несмотря на большую экономичность люминесцентных источников света, наиболее рас-

пространенными в быту остаются лампы накаливания — их световые характеристики лучше соответствуют восприятию человеческого глаза. Однако столь привычные нам осветительные приборы можно усовершенствовать, заменив вольфрамовую нить на жгут углеродных нанотрубок, которые обладают высокой механической, термической и химической стабильностью в сочетании с хорошими электрическими свойствами.

Китайские специалисты детально сравнили световые характеристики новых и традиционных вольфрамовых ламп¹. Нить накаливания подвешивали между двумя металлическими контактами в колбе, которую затем запаивали, предварительно откачав из нее воздух. Для модифицированных источников света нити (диаметром 0.06, 0.1 и 0.15 мм и длиной около 20 мм) получали, скручивая пленки из двухслойных нанотрубок.

Исследователи измеряли светимость ламп E при различных величинах приложенного постоянного напряжения и мощности питания P , а затем вычисляли светотдачу K по формуле $K = E/P$. Оказалось, что светотдача лампы на основе нанотрубок примерно вдвое выше, чем у традиционной. Еще одна важная особенность новых осветительных приборов — сравнительно низкое напряжение питания, позволяющее использовать их в автомобиле или на борту летательного аппарата. Стабильность параметров лампы накаливания с нитью из нанотрубок сохранялась в течение 3 тыс. ч.

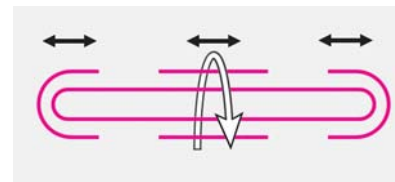
<http://perst.ispp.ras.ru> (2007. Т.14. Вып.14/15).

Техника

Серийное производство наноподшипников

В настоящее время внимание исследователей в области нанотехнологий привлечено к разработке наноэлектромеханических систем. Эти устройства наномет-

¹ *Shu Q.K. et al. // J. Appl. Phys. 2007. V.101. P084306.*



Возможные типы движения внешних слоев нанотрубки относительно фиксированных внутренних.

ровых размеров, преобразующие механическую нагрузку в электрический сигнал и обратно, рассматриваются в качестве основы будущих нанороботов, а также систем записи, преобразования и передачи информации с объемом памяти и удельной скоростью обработки данных на порядки более высокой по сравнению с современными устройствами.

Один из элементов наноэлектромеханических систем — наноподшипник на основе многослойной углеродной нанотрубки, у которой внутренний слой закреплен на неподвижной оси, а внешние слои благодаря слабому взаимодействию между ними могут вращаться относительно этой оси в результате воздействия электрического поля на прикрепленную к ним металлическую пластинку. Такую конструкцию создали еще в 2000 г., однако массового распространения она до сих пор не получила из-за серьезных технических трудностей.

Определенного прогресса на пути создания серийного производства наноподшипников удалось недавно достичь швейцарским специалистам². Важнейшая процедура при изготовлении этих устройств — удаление некоторой части внешних слоев в области наконечника многослойной нанотрубки, т.е. ее заострение. Нанотрубка принимает форму телескопической антенны или удочки. Методом электронно-лучевой литографии исследователи наносили на кремниевую подложку наноэлектроды шириной 300 нм, отстоящие друг от друга на расстоянии 350 нм. Наноэлектроды, со-

² *Subramanian A. et al. // Nanotechnology. 2007. V.18. P075703—075711.*

стоящие из слоя хрома толщиной 15 нм и слоя золота толщиной 45 нм, покрывали изолирующим слоем оксида толщиной 500 нм; затем на них наносили полученные стандартным электродуговым методом многослойные нанотрубки в виде суспензии в этаноле; после этого наноэлектроды покрывали слоем хрома толщиной 15 нм и слоем золота толщиной 45 нм. Полученную наноструктуру обрабатывали методом электрического пробоя в воздухе, и в результате испарения внешних слоев трубок получалась желаемая решетка наноподшипников.

Важно было подобрать величину тока таким образом, чтобы, с одной стороны, удалить нужное число слоев нанотрубки, а с другой стороны – предотвратить ее полное термическое разрушение. Многочисленные эксперименты показали, что при напряжении 2.5 В оптимальная величина тока через нанотрубку составляет около 1 мА.

<http://perst.issp.ras.ru> (2007. Т.14. Вып.10).

Химия

Углеродная нанотрубка как химический реактор

Наличие внутри углеродной нанотрубки полости, в которой может уместиться многоатомная молекула, дает возможность использовать нанотрубку как сверхминиатюрный химический реактор. В нем можно концентрировать реагенты и катализатор, а также изолировать реагенты от внешнего воздействия.

Эффективность такого метода продемонстрировала недавно на синтезе этилового спирта группа китайских исследователей¹. Катализатором служили наночастицы Rh и Mn с добавлением Li и Fe (в весовом отношении 1:1:0.075:0.05). В полость многослойных нанотрубок с внутренним диаметром 4–8 нм и длиной 250–500 нм катализатор вводили за счет капиллярных сил, возникающих во вре-

¹ Pan X. et al. // Nature Materials. 2007. V.6. P507–511.

мя ультразвуковой обработки и перемешивания. В результате около 80% наночастиц оказались внутри каналов нанотрубок, а остальные – на внешней их поверхности. За 180 ч работы реактора катализатор не потерял активности.

Чтобы установить, как влияет на скорость образования и выход этанола положение катализатора, исследователи в одном случае помещали смесь 5% Rh и 5% Mn внутри трубок, а в другом – на поверхности. Вначале свыше 75% частиц катализатора имели размеры 1–2 нм, однако в процессе реакции они слипались, и через 28 ч поперечник агрегатов достиг 3–4 нм. Это привело к снижению активности катализатора и, следовательно, скорости реакции (за 60 ч работы – с 39 до 30 моль/ч). За 112 ч эксперимента размер частиц внутри нанотрубок увеличился до 4–5 нм (т.е. до величины внутреннего диаметра трубок), а располагавшихся снаружи – до ≈8 нм. Таким образом, внутри нанотрубок ограничивалось слипание частиц катализатора, и их активность сохранялась в течение длительного времени.

Аналогичный реактор исследователи изготовили на основе SiO₂, но в этом случае выход этанола оказался примерно вдвое ниже по сравнению с нанотрубочным реактором.

<http://perst.issp.ras.ru> (2007. Т.14. Вып.14/15).

Химия

Химический сенсор на основе углеродных нанотрубок

Углеродные нанотрубки весьма чувствительны к сорбированым на их поверхности молекулам. Это позволяет рассматривать нанотрубки в качестве основы миниатюрного сенсора, способного определять состав и концентрацию различных примесей в атмосфере. И такие устройства сейчас активно разрабатываются.

Сотрудники Сеульского университета (Южная Корея) изготовили сенсор для исследования га-

за, пропускаемого через внутреннюю полость нанотрубки (обычно в подобных приборах активна ее внешняя поверхность)². Массив вертикально упорядоченных многослойных нанотрубок (с площадью сечения 1 мм²) скрепили связующим полимером, обработали с двух сторон абразивным инструментом (чтобы обеспечить пропускание газов сквозь внутренние полости трубок) и поместили в стеклянную трубку с токоподводами. Для изучения сенсорных свойств устройства через трубку в течение 30 мин пропускали аргон с примесью NH₃ или NO₂ со скоростью 400 см³/мин при атмосферном давлении и комнатной температуре.

Эксперимент показал, что о присутствии примесей можно судить по изменению электрического сопротивления нанотрубок (его измеряли при постоянном напряжении 1 В). Когда через прибор проходил аргон с примесью NH₃ (10⁻²%), сопротивление увеличивалось примерно на 30% (время срабатывания сенсора около 1 мин); в случае же примеси NO₂ (10⁻⁵%) оно снижалось на 40% (время срабатывания 20–30 с). В исходное состояние прибор возвращался при пропускании через него в течение 10 мин потока чистого аргона и наложении постоянного напряжения 10 В. Такие характеристики делают сенсор приемлемым для практических применений.

<http://perst.issp.ras.ru> (2007. Т.14. Вып.14/15).

Морская геология

Открытия российских геологов в Атлантике

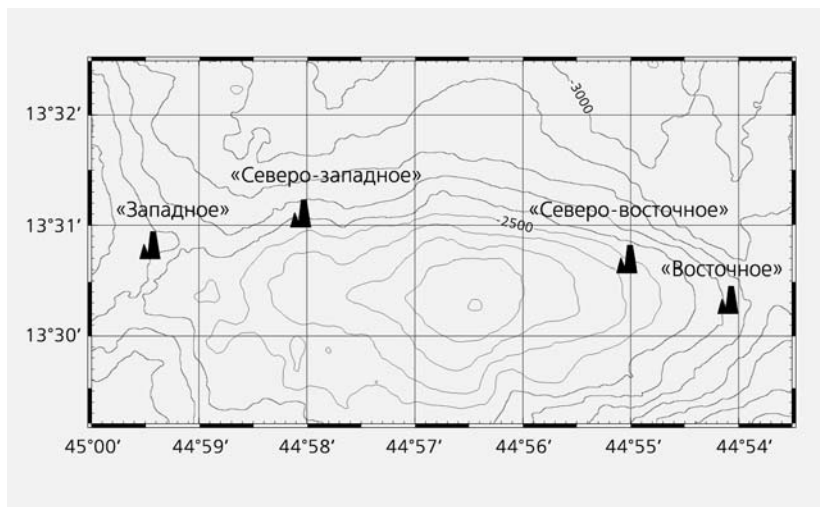
9 июля 2007 г. из длительного плавания возвратилось в Санкт-Петербург научно-исследовательское судно «Профессор Логачев», на котором геологи и геофизики Полярной морской геологоразведочной экспедиции (ПМГРЭ, г.Ломоносов) осуществляли поиск глубоководных полиметаллических руд.
² Jung H.Y. et al. // Appl. Phys. Lett. 2007. V.90. P153114.

ких сульфидов в Атлантическом океане.

Работы по изучению глубоко-водных полиметаллических сульфидов в Атлантике отечественные геологи ведут уже 21 год, и за прошедшее время наша страна стала признанным лидером этого направления исследований. Из пяти крупнейших гидротермальных рудных полей, выявленных к нынешнему году в осевой зоне Срединно-Атлантического хребта, трем принадлежит бесспорный российский приоритет открытия — это рудные узлы «Логачев», «Ашадзе» и рудное поле «Краснов» (названия даны в память об ушедших из жизни коллег-геологах). Суммарные прогнозные ресурсы этих объектов оцениваются не менее чем в 23–24 млн т рудной массы.

В арсенале морских геологов, занимающихся поиском и изучением сульфидных построек на дне океана, имеется современная геолого-геофизическая аппаратура. Помимо разнообразных средств донного пробоотбора, к их услугам аппарат для подводных телефотосъемок, позволяющий наблюдать морское дно почти как в обычном геологическом маршруте. Гидролокатор бокового обзора «МАК-1М» дает наглядный образ морского дна в полосе шириной в несколько сотен метров, а электроразведочный комплекс «Рифт-3» позволяет обнаруживать аномалии естественного электрического поля, связанные с сульфидными постройками. Важную роль играют также гидрофизические и гидрохимические исследования: рудные тела на морском дне часто «выдают себя» различными аномалиями в водной толще, например по температуре и прозрачности воды или же по содержанию различных микроэлементов.

Особенно удачными для геологов ПМГРЭ были последние годы: начиная с 2003-го открытия новых рудных объектов происходят ежегодно. Не стал исключением и 2007-й — в апреле был открыт новый, четвертый по счету, рудный узел, получивший пока услов-



Местоположение гидротермальных рудопоявлений, открытых в 30-м рейсе научно-исследовательского судна «Профессор Логачев».

ное обозначение «13°31'с.ш.» — именно на такой географической широте он находится. За несколько недель исследований данного района гидротермальные рудопоявления обнаружены на четырех участках, получивших предварительные названия «Западное», «Северо-Западное», «Северо-Восточное» и «Восточное».

Структура, с которой связаны открытые гидротермальные рудопоявления, представляет собой гряду, вытянутую в широтном направлении примерно на 10 км при ширине около 4,5 км. Гряда имеет сложное геологическое строение. Здесь присутствуют серпентинизированные перидотиты, габброиды, базальты, метабазальты, плагиограниты; часто породы различных комплексов встречаются на одной и той же станции опробования, что свидетельствует об активности тектонических процессов.

На нынешней стадии изученности рудного узла «13°31'с.ш.» наши знания о нем носят самый предварительный характер. Но уже сейчас совершенно очевидно, что это очень крупное рудное образование (некоторые рудные тела прослежены с помощью подводного телевидения на сотни метров), и возможно, что оно окажется самым крупным объектом глубокоководных полиметалли-

ческих сульфидов из всех известных к настоящему времени в Атлантике.

© Бельтнев В.Е.
Санкт-Петербург

Геотектоника

Хребт Книповича продолжает расти

Изучая современную кинематику хребта Книповича, расположенного на северо-востоке Норвежско-Гренландского бассейна, А.А.Пейве и Н.П.Чамов (Геологический институт РАН) пришли к заключению, что определяющую роль в новейшей тектонике здесь играют правосдвиговые движения по разломной зоне Моллой. На эту систему напряжений накладывается другая система, связанная с широтным раскрытием рифтовых структур собственно хребта Книповича. Напряжения, вызываемые региональным правым сдвигом, приводят к появлению многочисленных сбросов и сбросо-сдвигов, которые расчлениют на сегменты разных размеров структуры рифтовой долины и ее борта. Их северо-восточное простирание соответствует системе вторичных левых сдвигов. Движения по ним — в совокупности с широтным растяжением в рифтовой долине — ведет к формированию

косых впадин и разделяющих их структур сжатия в виде линейных хребтов, косо пересекающих рифтовую долину.

Севернее 78° с.ш. признаков вулканизма не наблюдается. Южнее рифтовую долину и ее борта слагают базальты и палеогеновые осадочные породы (песчаники, алевролиты и аргиллиты). Исходя из этих данных, авторы заключают, что северная часть хребта Книповича находится на стадии рифтинга – растяжения утоненной континентальной коры и локального развития океанического толеитового вулканизма.

Особый интерес представляет система впадин шириной 10–15 км, расположенная в 40 км к западу от оси рифтовой долины. Они протягиваются в меридиональном направлении на север до 78°05' с.ш., а затем заворачивают к северо-западу, приобретая простирание, характерное для структур регионального правого сдвига. Эти впадины авторы считают палеорифтовой зоной. Поскольку спрединг в этом районе находится в зачаточной стадии, судить о времени скачкообразного перемещения оси рифтовой долины в ее современное положение сложно; по-видимому, оно произошло около 2 млн лет назад.

Как в современных, так и в древних структурах отмечены пики тектонической активности, фиксируемые по наличию линз оползневых отложений. Тектонически активные этапы были очень коротки (по геологическим масштабам времени), а продолжительность спокойных, характеризующихся накоплением тонкослойных осадков, составляла 50–60 тыс. лет.

Для современного этапа тоже характерны активные тектонические движения – это многочисленные сбросы, реже – взбросы разной амплитуды (от 1 м до десятков и сотен метров), которые рассекают все, включая самые молодые отложения. Процессы сжатия и растяжения, прослеживаемые ныне как в пределах рифтовой долины Книповича, так и далеко на запад, подновляют более древние

структуры такого же простирания. Большинство новейших структур фиксируются в осадках вблизи подножий поднятий, что говорит о продолжающемся их росте.

Геология морей и океанов. Материалы XVII Международной конференции (Школы) по морской геологии. М., 12–16 ноября 2007. С.69–70.

Организация науки. Климатология

Научная добавка к Премии мира

В «Природе» обычно публикуются материалы о Нобелевских премиях по физике, химии, медицине или физиологии. Однако Нобелевская премия мира 2007 г. тоже имеет отношение к естественной науке – климатологии. Премия «за усилия по сбору и распространению данных о происходящих под влиянием человека климатических изменениях и закладку фундамента тех мер, которые необходимы для борьбы с ними» присуждена А.Гору и Межправительственной группе экспертов по изменению климата (МГЭИК). Не касаясь заслуг бывшего вице-президента США Гора, остановимся на усилиях МГЭИК, тем более что среди экспертов (около 100 авторитетных ученых-климатологов из разных стран мира), оценивавших научные аспекты климатической системы и изменения климата, есть российские специалисты.

Межправительственная группа экспертов по изменению климата (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) была создана в 1988 г. Всемирной метеорологической организацией и Программой ООН по окружающей среде. Каждые пять-шесть лет МГЭИК публикует оценочные доклады в области исследований глобальной климатической системы, основанные на результатах всестороннего анализа данных наблюдений и прогнозов будущих изменений. Первый оценочный доклад МГЭИК (1990) сыграл решающую роль в подготовке Рамочной конвенции ООН по изменению климата; Четвертый оценочный доклад опубликован

в феврале 2007 г. Представить, какие именно данные и положения вошли в этот солидный труд (11 глав, 1 тыс. стр.), позволяет статья «Глобальное потепление продолжается», написанная российскими экспертами¹.

Один из важнейших и достаточно известных выводов этого оценочного доклада – существенный рост в атмосфере концентрации климатически активных (парниковых) газов: их современное содержание намного выше, чем когда-либо за последние 10 тыс. лет. В течение 250 лет индустриальной эпохи концентрации CO₂ возросли с 280 до 379 ppm; увеличилось и содержание метана – с 715 до 1774 ppb. Наиболее сильный рост парниковых газов наблюдается за последние 20 лет (концентрация CO₂ возросла на 20 ppm – это 20% увеличения за 250 лет).

Рост концентрации этих газов существенно повышает температуру атмосферы. Нагревающее воздействие CO₂ не компенсируется ее охлаждением за счет аэрозолей (метана, оксидов азота и др.), стратосферного озона, изменения поверхностного альбедо. Колебания интенсивности солнечной радиации, произошедшие за последние 250 лет из-за орбитальных изменений и других гелиогеофизических явлений, не могут в масштабе столетий считаться существенным фактором климатических подвижек.

Существенно выросла средняя глобальная температура воздуха у поверхности Земли (0.74°C за последнее столетие), максимально – в средних и субполярных широтах Северного полушария над континентами (от 0.7 до 2°C в столетие). Одновременно растет влагосодержание атмосферы, при этом количество осадков над континентами значимо увеличилось лишь севернее 30° с.ш. Однако практически повсеместно участились экстремальные осадки.

Выросла повторяемость экстремальных штормов в океане, ат-

¹ Гулев С.К., Катцов В.М., Соломина О.Н. // Вестник Российской академии наук. 2008. №1. С.25–34.

мосферных циклонов, увеличилась средняя высота значительных ветровых волн на севере Атлантического и Тихого океанов. Уровень Мирового океана поднялся за минувшее столетие примерно на 17 см и в последние 15 лет повышается примерно на 3 мм/год (из-за термического расширения морской воды и таяния ледников). За счет сокращения горных ледников по всему земному шару уровень океана поднимался в 1961—2003 гг. в среднем на 0.5 мм/год, в 1993—2003 гг. — на 0.77 мм. Начиная с 1978 г. среднегодовая площадь морского льда уменьшалась примерно на 2.7% за десятилетие, а в летний сезон — на 7.4%. Одновременно сокращается толщина морского льда и размеры самых больших ледниковых покровов на Земле. Баланс массы Гренландии за 1993—2003 гг. был отрицательным (от -50 до -100 гт); Антарктида тоже теряет массу льда, но не столь значительно из-за накопления снега и льда в ее восточной части. В целом за 1993—2003 гг. вклад Антарктиды и Гренландии в подъем уровня океана составлял 0.4 мм/год. Изменений в количестве морского льда в Антарктике не обнаружено.

Максимальная площадь вечной мерзлоты в Северном полушарии сократилась за последнее столетие на 7%. Мощность деятельного слоя (посезонно замерзающего и оттаивающего) увеличилась в Российской Арктике в среднем на 21 см, а максимальная глубина промерзания уменьшилась на 35 см.

Согласно палеоклиматическим реконструкциям, дальнейшее увеличение температуры воздуха может привести к существенным последствиям (125 тыс. лет назад, когда летняя температура в Арктике была выше современной и большая часть ледников растаяла, уровень Мирового океана превышал современный на 4—6 м. Потепление в XX в. было наиболее значительным за последние 500 лет (а вероятно, и за 1300 лет). Современное потепление идет в 10 раз быстрее, чем в период перехода от ледниковья к межледниковью 20—10 тыс. лет назад.

Шестнадцать ведущих исследовательских групп, в том числе из Института вычислительной математики РАН, промоделировали изменения климата в XX и XXI вв. по «жесткому», «умеренному» и «мягкому» сценариям. Общий объем модельных данных составил 31 Тбт, в их анализе приняли участие около тысячи ученых из 11 стран. С вероятностью более 90% в Четвертом докладе утверждается, что с середины XX в. за большую часть глобального потепления ответствен рост концентраций антропогенных парниковых газов. При этом антропогенное воздействие на климат проявляется на всех континентах. В ближайшие два десятилетия, независимо от сценария выбросов парниковых газов, потепление продолжится со скоростью 0.2°C в десятилетие. Увеличение эмиссий приведет к дальнейшему потеплению и сопутствующим изменениям климатической системы. К концу XXI в. глобальное потепление составит в среднем 1.8—4.6°C, а уровень моря повысится на 0.19—0.58 м; особенно сильно температура вырастет в Арктике и над континентами. Изменения осадков имеют противоположные тенденции в разных регионах. Высока вероятность усиления частоты и интенсивности экстремальных явлений. В Северной Атлантике при росте температуры воздуха ослабнет меридиональная циркуляция, но до конца века резких изменений общей циркуляции океана не произойдет. Ожидается сокращение ледяного покрова Мирового океана, причем, по некоторым оценкам, возможно полное освобождение Северного Ледовитого океана ото льда в конце лета.

Четвертый доклад МГЭИК вызвал большой международный резонанс и привлек внимание Нобелевского комитета. Однако участие российской науки могло бы быть более значительным. Развитию высокотехнологичных методов исследования климата в нашей стране уделяется недостаточное внимание, большая часть работ направлена на анализ текущих региональных изменений, их интер-

претацию и оценку некоторых видов климатических воздействий. Характерно, что в составе Первой рабочей группы было три ведущих автора из России (С.К.Гулев, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией взаимодействия океана и атмосферы и мониторинга климата Института океанологии им.П.П.Ширшова РАН, В.М.Катцов, доктор физико-математических наук, директор Главной геофизической обсерватории им.В.М.Воейкова Росгидромета, О.Н.Соломина, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник Института географии РАН), два — из Румынии, шесть — из Индии, восемь — из Германии, по девять — из Китая, Канады и Японии, 14 — из Франции, 18 — из Великобритании, 40 — из США, 53 специалиста — из других стран. А среди правительственных экспертов, принимавших Четвертый оценочный доклад, был всего один представитель России.

© Зубрева М.Ю.

Москва

Археология

Петроглифы Канозера

Более тысячи древних изображений, высеченных на немногочисленных скалах Канозера, открыты за последние 10 лет Кольской археологической экспедицией под руководством В.Я.Шумкина (Институт истории материальной культуры, Санкт-Петербург) и сотрудниками Краеведческого музея пос.Ревда. Значительная часть этих петроглифов была создана еще в эпохи неолита и раннего металла (4—2 тыс. лет до н.э.).

Что же увековечили в своих гравировках, выполненных с замечательной тщательностью, люди каменного века? Прежде всего, морскую охоту на китов. На канозерских петроглифах мы видим большие лодки с высокими форштевнями, увенчанными лосиными головами. В одной лодке помещается до 12 человек; один из них держит линь, на конце которого загарпуненный кит. Иногда весьма подробно изображается и сам гар-

Золотой век астрономии

А.Г.Тоточава,
кандидат физико-математических наук
Москва

В сентябре 2007 г. вышла в свет новая научно-популярная книга, названная без особых затей, — «Астрономия: век XXI». Ее коллективный автор — это 16 российских астрономов и физиков, которых, кроме общей обложки, объединяет и то, что все они трудятся в Государственном астрономическом институте им.П.К.Штернберга (ГАИШ) при МГУ. Недавно ГАИШ отметил свое 175-летие; это и стало поводом для известных ученых и популяризаторов науки сделать подарок себе, своим коллегам и всем любителям астрономии — коллективно написать эту книгу и рассказать в ней о своей работе по изучению космоса. Начало истории ГАИШ, ныне одного из крупнейших астрономических центров России, восходит к первой трети XIX в. — к основанию Астрономической обсерватории Московского университета, на базе которой и был в 1931 г. создан Институт. Главное здание ГАИШ располагается на территории МГУ, и фактически ГАИШ является подразделением Московского университета. Многие сотрудники ГАИШ занимаются обучением студентов-астрономов физического факультета МГУ. Вероятно, поэтому большая часть научно-популярных книг по астрономии создана в нашей стране именно сотрудниками ГАИШ. Достаточно напомнить такие имена как Б.А.Воронцов-Вельяминов и И.С.Шкловский. Нынешнее поколение сотрудников ГАИШ так же активно служит делу просвещения, как когда-то их учителя, создавая основной объем качественной учебной и

популярной литературы (не только бумажной, но и мультимедийной), читая популярные лекции и повышая квалификацию школьных учителей. В последние годы астрономы МГУ в сотрудничестве с издательством «Век-2» создали несколько интересных книг о Вселенной*. «Астрономия: век XXI» — последняя и самая солидная из них.

Замечу сразу — это не сборник статей, а основательно отредактированная, ровная по стилю и уровню изложения коллективная работа. Она посвящена астрономии в ее разнообразных воплощениях: от изучения Луны и планет до поисков гравитационных волн, темного вещества и темной энергии. Подробно и вполне доступно для старших школьников рассказано о важнейших событиях, произошедших в астрономии на рубеже нового тысячелетия. История науки дает нам повод заметить, что рубежи столетий часто становятся вехами в развитии нового знания. Не подкачал и нынешний исторический рубеж: он был отмечен несколькими важнейшими открытиями в изучении Вселенной, как на ее ближних рубежах, так и на самых дальних. Многие считают, что последние годы без преувеличения можно назвать Великим десятилетием астрономии, и ожидают, что это только начало ее нового «золотого века». Даже от краткого перечисления наиболее фундаментальных открытий в астрономии, сделанных за последнее время, у читателя дух захватывает:

* Тоточава А.Г. Маленькие книжки о большой Вселенной // Природа. 2007. №9. С.85—89.



АСТРОНОМИЯ: ВЕК XXI. Ред.-сост. В.Г.Сурдин.

Фрагмент: Век-2, 2007, 608 с.

1992 г. Открыты пространственные флуктуации реликтового излучения (Нобелевская премия по физике за 2006 г.), чем окончательно доказана теория Большого взрыва и поставлена на твердую основу теория происхождения галактик и звезд.

1992–1995 гг. Открыты многочисленные малые планеты на периферии Солнечной системы, в области, получившей название пояс Койпера. С 1930 г. за орбитой Нептуна был известен лишь один объект — маленькая планета Плутон; в 1978 г. был открыт его спутник Харон. Казалось, что это граница нашей планетной системы. Но с 1992 г. в окрестности орбиты Плутона и за ней начали обнаруживаться новые объекты. К 1995 г. стало ясно, что эта область населена множеством тел с характерным размером в сотни и тысячи километров, причем некоторые из них больше Плутона и имеют собственные спутники. Границы Солнечной системы раздвинулись в несколько раз.

1993–1995 гг. Радиоастрономическими методами обнаружена планетная система у нейтронной звезды-радиопульсара (1993). Методами оптической спектроскопии обнаружено присутствие планет-гигантов рядом с нормальными звездами (1995). К концу 2007 г. в околосолнечной окрестности Галактики уже найдено около 200 планетных систем, содержащих в сумме около 240 планет.

1996–1997 гг. Открыт новый класс небесных объектов — коричневые карлики, занимающие промежуточное положение между звездами и планетами. Их массы (от 0.0013 до 0.08 M_{\odot}) слишком малы, и поэтому температура в недрах слишком низка для термоядерных реакций с участием основного, легкого, изотопа водорода, хотя и достаточна для сгорания редкого изотопа — дейтерия, не дающего, однако, существенного вклада в энергию. Единственным долговременным источником энергии коричневых кар-

ликов служит их гравитационное сжатие.

1997–1999 гг. Приоткрыта тайна космических гамма-всплесков, часть из которых отождествлена с фантастически мощными взрывами массивных звезд, вероятно, сопровождающими рождение черных дыр.

1998 г. Обнаружено, что расширение Вселенной в последние миллиарды лет происходит с ускорением, что свидетельствует о существовании некоей «темной энергии» (пока это условное название) со свойством антигравитации.

1998–2002 гг. На подземных нейтринных детекторах открыты осцилляции нейтрино, в частности, превращение солнечного электронного нейтрино в другие его сорта — мюонное и тау. Тем самым доказано, что у нейтрино есть масса покоя, что теория внутреннего строения звезд верна, и что необходимо разрабатывать новую теорию элементарных частиц (или, во всяком случае, существенно модернизировать существующую).

2004–2006 гг. Начали работать первые полномасштабные детекторы гравитационных волн. Хотя сами волны пока не зарегистрированы, новое «окно» во Вселенную можно считать распахнутым. Остается ждать, когда в это «окно» влетят первые гравитационно-волновые импульсы.

Здесь перечислены только самые «сливки», а сколько за это же время было сделано, если можно так выразиться, рядовых открытий! В конце 1995 г. впервые удалось «дотронуться» до планеты-гиганта: атмосферный зонд межпланетной станции «Галилео» вошел в атмосферу Юпитера и исследовал ее состав. Сам «Галилео» впервые стал спутником Юпитера и восемь лет исследовал гигантскую планету и ее спутники. С 2004 г. на Марсе работают две подвижных лаборатории — «Спирит» и «Оппортьюнити», открывшие эпоху детального геологического изучения Красной планеты. А с обреты за

Марсом постоянно «шпионят» несколько спутников и регулярно обнаруживают на его поверхности (и даже под ней!) удивительные структуры. В 2004 г. свой искусственный спутник появился и у второй гигантской планеты — Сатурна. Зонд «Кассини» доставил в систему Сатурна и спускаемый аппарат «Гюйгенс», который успешно опустился и работал на поверхности Титана — самого удивительного из всех спутников планет. Его холодная азотная атмосфера чрезвычайно интересует исследователей предбиологической эволюции Земли.

После долгого перерыва создатели космической техники вернулись к исследованию околосолнечных планет. На орбите вокруг Венеры уже около двух лет работает европейский зонд «Венера Экспресс», а к Меркурию держит путь «Мессенджер» (НАСА). Даже Луна, на которой уже успели остыть следы астронавтов, вдруг стала опять популярной. Выяснилось, что мы почти ничего не знаем о ней, нет даже детальных фотографий ее поверхности. В то время как с околосолнечной орбиты спутники наблюдают за движением марсоходов размером с чемодан, на лунной поверхности мы не можем сфотографировать следы посадки астронавтом и оставленные ими ракеты размером с грузовик. В 1960-е и 70-е годы исследованиями Луны из космоса занимались только СССР и США. Кстати, первые карты обратной стороны Луны и глобус Луны были созданы в ГАИШ. А ныне Луна стала почти такой же доступной, как Антарктида: к ней устремились Япония, Индия, Китай. Пока это научные исследования, но уже ясно, что речь идет о разделе ресурсов.

А для ученых Луна по-прежнему загадочный объект. В книге «Астрономия: век XXI» ей посвящено сравнительно немного места, но проблем обозначено немало:

— имеет ли Луна металлическое ядро?

— существуют ли на Луне запасы воды?

— насколько велика тектоническая активность Луны; могут ли на ней действовать вулканы?

— почему своим строением и составом Луна так сильно отличается от четырех других тел земной группы (Меркурий, Венера, Земля, Марс)?

— как сформировалась Луна?

— где сформировалась Луна?

— как Луна повлияла на эволюцию Земли?

— что за странные «временные» явления порой наблюдаются на Луне?

— где остатки вещества комет, которые время от времени должны разбиваться о лунную поверхность? Если это те белые «свирлы», которые видны на фотографиях Луны, то можно считать, что долгожданное вещество из ядер комет уже почти у нас в кармане.

Поскольку обсуждаемая нами книга выдержана в классическом стиле, структура ее также традиционная: планеты — звезды — галактики. Раздел о звездах охватывает все этапы их эволюции: рождение, жизнь, смерть и даже жизнь после смерти (имеются в виду белые карлики, нейтронные звезды и черные дыры). Уверен, что именно эти главы окажутся наиболее интересными для физиков, поскольку в них кратко изложена теория внутреннего строения и эволюции звезд, и они содержат много фактического материала.

Например, весьма полезна таблица «Стандартная модель Солнца», позволяющая проследить с высокой точностью распределение основных физических параметров в недрах нашего светила. Не менее интересна таблица, суммирующая основные наблюдательные параметры звезд разной массы, а также длительность их эволюции на разных этапах термоядерного горения.

Увлекательно рассказано в книге об исследовании пере-

менных звезд. По мере роста точности фотометрических измерений выясняется, что переменность светимости звезды — не исключение, а правило. Выявлены многие десятки типов переменности, связанные как с внутренними процессами в звездах, так и с их взаимодействием друг с другом или с менее крупными телами, например, с окружающими их планетами. Самое приятное в изучении переменных звезд то, что в эту работу до сих пор (а точнее — во все большей степени) вносят вклад любители астрономии. Если в недалеком прошлом любитель ограничивался биноклем, то ныне любительский телескоп с электронным контролем и ПЗС-камерой мало чем, а порою и ничем, не уступает оборудованию профессионалов. Поэтому полученные любителями результаты часто становятся полезными для науки. Без помощи энтузиастов профессиональные астрономы просто не смогли бы держать под контролем жизнь огромного количества интересных звезд.

Сильные флуктуации блеска звезды, как правило, свидетельствуют о приближении конца термоядерной фазы ее жизни. Но порою самое захватывающее начинается уже после этого. Превратившись в компактные объекты, ядра звезд нередко демонстрируют потрясающие явления, причем потрясающие (в прямом смысле) целую галактику. «Зоопарк» нейтронных звезд и черных дыр нынче столь разнообразен, что в астрономии появляются такие новые направления, как астрофизика нейтронных звезд и даже демография черных дыр. Благодаря новой технике, удастся наблюдать процессы в непосредственной близости от границ черных дыр, где в полной мере проявляются законы релятивистской теории гравитации. Эксперименты с такими полями никогда не смогут быть поставлены ни на Земле, ни даже в пределах Солнечной системы.

Еще более ценную «физическую лабораторию» предоставляют современные космологические исследования. Химический состав наиболее старых объектов Вселенной, характеристики реликтового излучения и невидимые компоненты космического материи (темное вещество) уже позволяют заглянуть в невероятно далекое прошлое — в первые мгновения жизни Вселенной. Открытие ускоренного расширения Метагалактики вообще ставит вопрос о признании существования новой силы — антигравитации. Этим темам посвящены космологические главы обсуждаемой нами книги. Еще недавно физикам трудно было удержаться от улыбки при слове «антигравитация», а сегодня оно вошло в научный лексикон. Еще недавно лишь фантасты могли рассуждать о других вселенных, а теперь космологи спокойно оперируют понятиями «ансамбль вселенных» и «Сверхвселенная». То, что выясняют астрономы о фундаментальной структуре материи и пространства-времени, не удалось бы никогда узнать в земных лабораториях.

Много лет назад, имея в виду, что космос бесплатно предоставляет нам частицы сверхвысоких энергий (в космических лучах встречаются частицы с энергией до 10^{20} эВ), а космологические исследования позволяют анализировать процессы, происходившие в ранней Вселенной при еще более фантастических энергиях, академик Я.Б.Зельдович пошутил, что «Вселенная — это ускоритель для бедных». Сегодня уже можно сказать, что не только для бедных, но и для самых богатых физиков Вселенная стала уникальным прибором, открывающим дорогу к самому сердцу природы.

Чтобы прочитать все, что написано на небесах», астрофизики создают новые классы приборов, удивительных своим совершенством. Рутинной стало то, что еще недавно казалось недости-

жимым. В космосе летают телескопы всех диапазонов, — от радио до гамма, — обладающие в тысячи раз лучшими характеристиками, чем их наземные собратья. Выясняется, что Земля — не лучшее место для научных исследований, во всяком случае, для исследований космоса. Поэтому некоторые новые направления астрофизики, еще не успев развернуться на Земле, стараются «выйти на орбиту». В данном случае речь идет о гравитационно-волновой астрономии. Ее рождение еще не состоялось, но ей уже посвящены тысячи научных работ и отдельная глава в книге «Астрономия: век XXI». Поистине захватывающая перспектива — первыми взглянуть на Вселенную в новое «окно».

Гравитационные волны наверняка несут нам не меньше захватывающих открытий, чем полвека назад принесли радиоволны. Но наблюдать волны пространства-времени не удастся с помощью любительских приборов, как это когда-то удалось с радиоволнами.

Изучать волны гравитации смогут лишь те, кто овладел самыми высокими технологиями.

Астрономы ГАИШ стараются не отстать и в этом направлении.

Понятно, что охватить все направления исследований Вселенной в одной книге невозможно. Авторы этой книги выбрали, на наш взгляд — важнейшие. Они рассказали и об исследованиях Солнечной системы, и о загадках эволюции звезд, и об изучении галактик, и об открытии антигравитации — «темной энергии», — и о поиске гравитационных волн, и даже о работе ученых по поиску внеземных цивилизаций... Своим читателем они представляли старших школьников, студентов, учителей и коллег-естествоиспытателей. Собственно, эта книга и была задумана с тем, чтобы рассказать о достижениях и перспективах астрономии своим коллегам-ученым и всем, кто интересуется изучением природы.

Завершают книгу весьма полезные разделы. Хотя большинство специальных терминов объясняется по ходу изложения, в конце книги помещен Словарь терминов, который будет полезен при чтении не только этой, но и других астрономических книг. Кроме того, в Приложениях собраны обширные справочные таблицы с самыми современными данными о важнейших астрономических объек-

тах — Солнце, планетах и их спутниках, ярчайших и ближайших звездах, созвездиях, ярких галактиках. Приведены современные значения физических и астрономических постоянных, а также часто используемые в астрономии обозначения. В полном виде даны каталоги Мессье и Колдуэлла, представляющие особый интерес для наблюдающих любителей астрономии.

Завершая рецензию, отмечу, что полиграфическое исполнение книги весьма высокое — ее приятно держать в руках. Впрочем, качество книги в первую очередь определяется ее автором, поэтому полностью привожу его «коллективное имя»: В.А.Батулин, Л.М.Гиндилис, Ю.Н.Ефремов, А.В.Засов, И.В.Миронова, С.Б.Попов, М.Е.Прохоров, Ж.Ф.Родионова, В.Н.Руденко, М.В.Сажин, Н.Н.Самусь, В.Г.Сурдин, О.С.Хованская, А.М.Черпащук, А.Д.Чернин, В.В.Шевченко. Для тех, кто интересуется астрономией, этого списка достаточно, чтобы понять — создана действительно хорошая книга. Рекомендую ее найти, прочитать и поставить на полку как справочник по астрономии начала XXI в. ■

Биология

О.П.Полтаруха. АТЛАС-ОПРЕДЕЛИТЕЛЬ УСОНОГИХ РАКОВ (CIRRIPEDIA THORACICA) НАДСЕМЕЙСТВА CHTHAMALOIDEA МИРОВОГО ОКЕАНА. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2007. 198 с.

Усоногие раки надсемейства Chthamaloidea — обычные обитатели литорали океанов и морей тропических и уме-

ренных широт обоих полушарий — играют важную роль в экологии океана и представляют интерес при его мониторинге.

Хотя изучение этой массовой и доступной для сбора и наблюдения животных группы вида Chthamaloidea началось еще в начале XVIII в., систематика и филогения надсемейства до сих пор изучены довольно слабо. Достаточно

сказать, что с 1916 г. не было опубликовано ни одного определителя, охватывающего все или хотя бы большую часть видов данной группы, а ее система — предмет споров ведущих систематиков.

Монография подводит итог 10-летнего изучения усоногих раков надсемейства Chthamaloidea. Первоначальной целью проводимых исследований было уточнение системы и фило-

гении обсуждаемой группы, разработка удобного, точного и полного определителя видов, входящих в ее состав, уточнение их диагнозов и ареалов. Однако поскольку морфология животных, на которой в основном и базируется система данной группы, тесно связана с их экологией, в работе потребовалось затронуть и эти аспекты.

Экология. Охрана природы

С.М.Говорушко. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЧЕЛОВЕКА С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ. ВЛИЯНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ, ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ, МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ЧЕЛОВЕЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ. М.: Академический проект; Киров: Константа, 2007. 660 с.

Автором книги рассмотрено около 70 природных процессов с точки зрения их влияния на строительство и эксплуатацию инженерных сооружений. Последовательно описываются масштабы распространения геологических, геоморфологических, метеорологических и гидрологических процессов на земном шаре, необходимые условия возникновения, краткая характеристика механизма осуществления, характер воздействия на инженерные сооружения и людей, реальные примеры протекания процесса, возможности прогноза, меры по смягчению последствий. Дана сравнительная оценка степени изученности различных природных процессов и способы защиты от них. Текст сопровождается картами, показывающими очаги их распространения.

Публикация по жанру является иллюстрированным справочным пособием. Замысел книги в том, чтобы любой человек, интересующийся данной

проблематикой, мог быстро найти интересующие его сведения. Это может быть студент, которому необходимо подготовить курсовую работу, или научный сотрудник, нуждающийся в какой-либо информации для своей статьи.

В приложениях приведены сводные таблицы, систематизирующие изложенный материал и имеющие следующую рубрику: основные объекты, характер воздействия, последствия и меры их смягчения, а также 256 фотографий, сделанных в 57 странах мира.

Гидробиология

ЭКОСИСТЕМА МАЛОЙ РЕКИ В ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ СРЕДЫ. Под ред. А.В.Крылова, А.А.Боброва. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2007. 372 с.

Латка — очень малая и незаметная на большинстве топографических карт речка. Причины популярности этого водотока несколько. Первая и главная — подтверждает предположение о том, что многие процессы можно изучать и в ближайшем болотце. И Латка оказалась именно тем «болотцем», на гидрологический, химический и биологический режим которого оказывают влияние ключевые факторы среды, характерные для большинства водных объектов и малых рек в частности. Это масштабная мелиорация, нагрузка на водосбор, точечное загрязнение стоками небольших предприятий, а также активное освоение рек бобрами.

Вторая причина — Латка находится под боком Института биологии внутренних вод им.И.Д.Папанова РАН, что позволяет проводить исследования в любой сезон при относительно небольших материальных затратах. Третья причина заключается в том, что по классификации малых рек Латка

относится к категории «очень малых рек», которые как в Ярославской области, так и на территории стран СНГ являются самой распространенной после ручьев категорией водотоков.

Таким образом, Латку можно признать модельным водотоком, а проанализированный и представленный в книге материал — отражающим влияние наиболее значимых в жизни большинства малых рек факторов среды, изменяющих гидрологический, химический и биологический режимы.

В данной работе рассмотрены основные характеристики реки, в том числе гидрологический режим, изменения химического состава и токсичности воды, структурной организации морфофункциональных групп гидробионтов, их отдельных таксонов. Большая часть исследований была проведена на реке до зоны контакта с водохранилищем. Однако некоторые данные были получены и в зоне выклинивания речных вод. Результаты исследований макрофитов и макрозообентоса указывают, что данная зона должна стать перспективным объектом для более подробных и комплексных исследований.

В книге на примере основных биоресурсов р.Латка (макрофитов, планктона, бентоса, а также отдельных таксономических групп гидробионтов) показано влияние ключевых факторов среды (изменения скорости течения, точечных источников загрязнения, жизнедеятельности бобров) на малые водотоки.

В целом настоящее исследование позволило представить равнинную малую реку как комплекс мозаично расположенных биотопов, образовавшихся в результате влияния ландшафта, естественно-гидрологических, антропогенных и зоогенных нарушений.

В конце истории Звездная слава английских монархов

А.В.Кузьмин,

кандидат физико-математических наук

Институт истории естествознания и техники им.С.И.Вавилова РАН
Москва

Незадолго до выхода в свет «Уранографии» Я.Гевелия в польском Гданьске, на звездных картах, созданных астрономами туманного Альбиона, появились два новых созвездия, авторами которых были выдающиеся английские астрономы — Джон Флемстид (1646—1719) и его ученик и сподвижник Эдмунд Галлей (1656—1742).

Оба созвездия были выделены около 1679 г. в честь английского короля Карла II (1630—1685), оказывавшего покровительство многим научным проектам. В царствование Карла (с 1660 г.) была заложена Гринвичская обсерватория, кстати в точно рассчитанный Д.Флемстидом астрологическими методами момент — в 3 ч 14 мин после полудня 10 августа 1675 г. Джон Флемстид не был чужд астрологии, впрочем как и многие его английские коллеги. Первые научные исследования знаменитого Стоунхенджа также начались под высочайшим покровительством Карла в 1663 г.

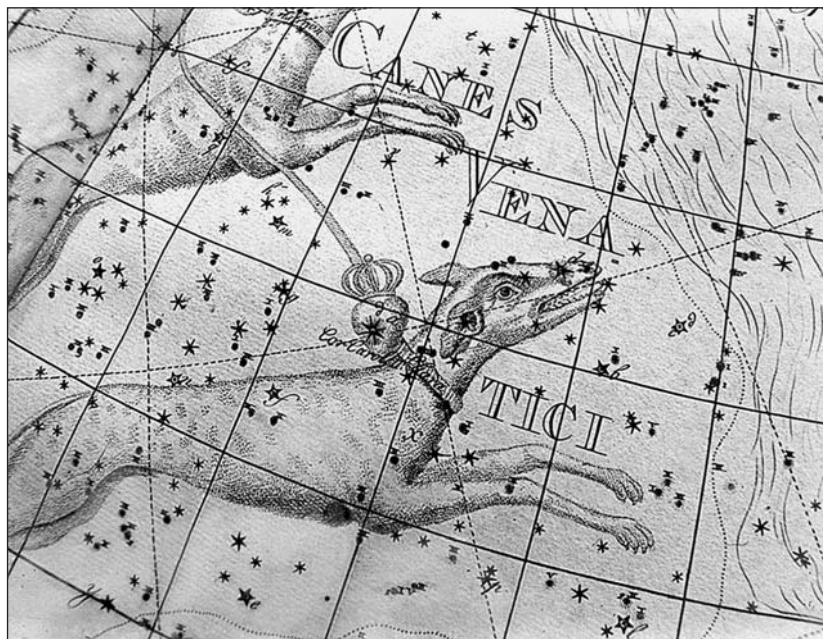
В честь своего венценосного покровителя первый Королевский астроном и директор Гринвичской обсерватории выделил созвездие, в которое включил лишь одну звезду, самую яркую, находящуюся между созвездиями Волопаса и Большой Медведицы, — это созвездие *Сердце Карла*. Сейчас это α Гончих Псов, но напомним, что современные Гончие Псы были опубликованы на картах гданьской «Уранографии» только в 1687 г. [2].

Впрочем, это не единственная версия происхождения этого небесного образа. Звезда, известная сейчас как α Гончих Псов, могла символизировать и *сердце* (а как вариант — и *душу*) казненного Карла I. В такой версии образ дополняется идеей мученичества — на небо возносится Сердце христианского монарха-мученика. Таков был замысел английского поэта-роялиста (королевского поэта) и ученого Эдварда Шербурна. Вероятно, именно эта идея была воплощена Филипом Ли. В форме сердца, увенчанного короной, это созвездие украшает его карту северного неба 1686 г.

Между тем в самом полном каталоге всех, в том числе и

вновь появившихся, созвездий, созданном Иоганном Элертом Боде, это созвездие названо *Сердце Карла II*, и в ссылке на автора значатся имя Джона Флемстида и его главный труд «Британская история неба», изданный в 1725 г., через шесть лет после смерти своего автора. Вероятнее всего, во время царствования Карла II приблизительно одновременно родилась не единственная легенда, связанная с замыслом этого чрезвычайно романтического (и одновременно монаршего и политического) образа небесной карты [1, 3, 4].

Галлей также весьма оригинально увековечил память Карла II. Им было выделено созвез-

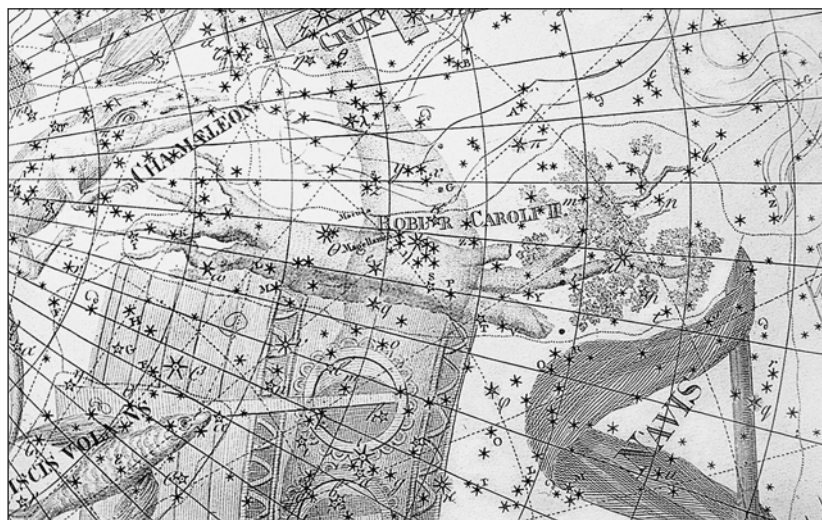


Дуб Карла II. Боде, 1801.

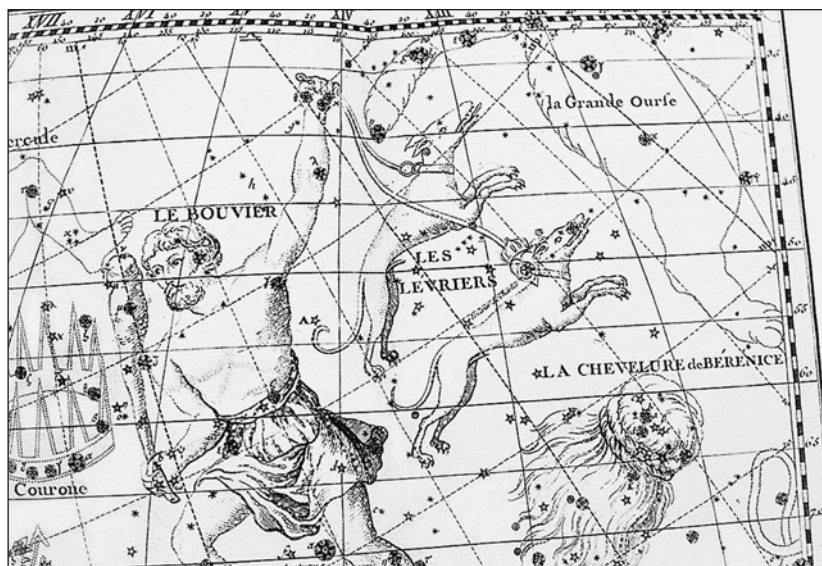
дие *Дуб Карла*, в память о его чудесном спасении в дупле дуба, во время преследования армией Кромвеля. После казни своего отца Карла I в 1649 г. будущий монарх был вынужден бежать из Англии. До своего возвращения он жил во Франции и Нидерландах. Если принять версию Шербурна о Сердце Карла как о символе светлой кончины короля-мученика, то в дупле Дуба Карла (своеобразной английской версии пещеры, грота) легко увидеть символ убежища, спасшего его сына — будущего монарха, и в его лице саму благословенную монархическую власть.

Позднее — в немецких атласах эти созвездия именовались *Сердце Карла II* и *Дуб Карла II*. *Дуб Карла* есть на картах атласа Гевелия, но на его же картах нет *Сердца Карла*. Эта звезда у Гевелия — всего лишь *кольцо в ошейнике «южной собаки»* — *Чары* в созвездии Гончих Псов.

Дуб Карла II на небе примыкает к *Кораблю Арго* со стороны созвездия Кентавра. Подобное положение позволяет наблюдать это созвездие на европейских широтах лишь у самого горизонта. Такое непосредственное касание земли вполне соответствует свойству этого образа быть частью ландшафта, иногда почти незаметной. А *Душа* или *Сердце*, напротив, оказывается в самой вышине, в числе никогда не заходящих в Северном полушарии созвездий. ■



Сердце Карла II. Бодэ, 1801.



В ошейнике Южной собаки.

Карта популярного издания Ф.Байли по Д. Флемстиду. 1935 г.

Литература

1. Рейсциг К. Созвездия... СПб., 1829.
2. Гевелий Я. Атлас звездного неба. Ташкент, 1970.
3. Bode J.E. Uranographia sive astrorum descriptio viginti tabulis ceneis incisa ex recentissimis et absolutissimis Astronomorum observationibus. Berolini: Apud Autorem. MDCCCI.
4. Bode J.E. Allgemeine Beschreibung und Nachweisung der Gestirne nebst Verzeichnis der geraden Aufsteigung und Abweichung von 17240 Sternen, Doppelsternen, Nebelflecken und Steruhaufen / Von J. E. Bode (zu dessen «Uranographie» gehorid). Berlin: beim Verfasser. MDCCCI.

Правила для авторов

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

ся и проходят редакционную подготовку.

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

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

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

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

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

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

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
М.В.КУТКИНА

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 15.01.2008
Формат 60×88 1/8
Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 946
Набрано и сверстано в редакции

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