

ПРИРОДА

11 05



В НОМЕРЕ:**3 Ковальзон В.М.****Раскрыта природа нарколепсии**

Благодаря молекулярно-генетическим методам в мозгу людей, страдающих неизлечимым неврологическим недугом, удалось обнаружить неизвестные ранее вещества пептидной природы, которые ответственны за это заболевание.

9 Еремин В.В.**Управление фотохимическими реакциями: квантовые методы**

Со времен алхимиков развивались различные методы воздействия на химические реакции: изменение температуры, давления, концентраций реагентов, использование катализаторов. В наши дни для управления реакциями используют сверхкороткие (фемтосекундные) лазерные импульсы.

14 Хижняк Т.В.**Бактерии против радиоактивности**

При изучении миграции радионуклидов в естественных условиях выяснилось, что илы пресноводных озер активно поглощают изотопы технеция, нептуния, плутония и юрия, причем наиболее эффективны в этом процессе гетеротрофные микроорганизмы.

21 Никонов А.А.**«Ужасное потрясение» Европы
Лиссабонское землетрясение 1 ноября
1755 г.****Научные сообщения****30 Сурдин В.Г.****Сколько весит самая маленькая
звезда?****Вести из экспедиций****32 Талалай П.Г.****Первые итоги бурения самой
глубокой скважины во льдах
Гренландии****40 Трофимов Е.А., Бендера Т.А.****Диаграммы состояния
для металлургии алюминия**

Фазовые диаграммы для анализа систем на основе расплавленного алюминия, который образуется при выплавке, стали строить совсем недавно, и пока у исследователей больше вопросов, чем ответов.

45**Калейдоскоп**

Бюджет исследований океана и атмосферы (45). Как долговечен земной пейзаж? (46). Цунами поставили Индии титановую руду (46). Спасти кораллы от траулеров (46). Автономный буй LEO (46).

47**По страницам «Полюсного дневника»
П.П.Ширшова**

К 100-летию со дня рождения

57 Сорокина М.Ю.**Где свои, а где чужие?**

К истории расследования нацистских преступлений в СССР

Заметки и наблюдения**65 Островский А.Н.****Почетный хищник или корова
Альпийских гор?**

Булавинцев В.И.

Таежная гостья кедровка (72)

74**Новости науки**

Звезда с наименьшим содержанием металлов. **Вибе Д.З.** (74). СТМ разрывает молекулы (74). Новый метод очистки однослойных нанотрубок (75). Где жили предки змей? (75). Поведение слонов при цунами (75). История Генриетты. **Семенов Д.В.** (76). РНКазы бактерий — против опухолевых клеток. **Липина Т.В.** (76). Судьба индоокеанских «Галапагосов» (77). Индонезия теряет леса (77). Радиоуглеродные «часы» станут точнее (78). Приближается III Международный полярный год (79). Льяйма обнажается (80). Над Южной Атлантикой растет озоновый слой (81). Какая может быть «польза» от катастрофы? (82). Первые американцы — кто они? (82). **Коротко (73)**

Рецензии**83 Ашмарин И.П.****Генетическая летопись населения
Северной Евразии**

Веймарн А.Б.

Шангины —
семейство первопроходцев (87)

90**Новые книги****В конце номера****91 Пономарева В.Л.****Освоение космического
пространства в СССР**

CONTENTS:

- 3 Kovalzon V.M.**
The Nature of Narcolepsy Is Revealed
Methods of molecular genetics allow to discover unknown before peptides in brain tissue of patients with incurable neurologic disease.

- 9 Eryomin V.V.**
Control of Photochemical Reactions: Quantum Methods
Since epoch of alchemists various methods to change the course of chemical reactions were developed: modification of temperature, pressure, concentrations of reagents, using of catalysts. Now reactions are controlled by ultrashort (femtosecond) laser pulses.

- 14 Khizhnyak T.V.**
Bacteria Against Radioactivity
Study of radionuclide migration in natural conditions revealed that silts of freshwater lakes are active absorbers of isotopes of technetium, neptunium, plutonium and curium, and that the most effective agents in these processes are heterotrophic microorganisms.

- 21 Nikonov A.A.**
«Terrible Upheaval» of Europe
 Lissabon Earthquake, 1 November 1755

Scientific Communications

- 30 Surdin V.G.**
What Is the Mass of the Smallest Star?

News From Expeditions

- 32 Talalay P.G.**
The First Results of Drilling the Deepest Borehole in Greenland Glacier

- 40 Trofimov E.A., Bendera T.A.**
State Diagrams for Aluminium Metallurgy
Phase diagrams for analysis of systems based on melted aluminium produced by smelting were drawn for the first time only recently, and for the time being the researchers have more questions than answers.

45 Kaleidoscope

Budget of Ocean and Atmosphere Studies (45). What Is Longevity of the Earth Landscape? (46). Tsunami Have Supplied Titanium Ore to India (46). Save Corals from Trawlers (46). Autonomous Buoy LEO (46).

- 47**
Listing the «Polar Diary» of P.P. Shirshov
 To Centenary of Reasercher

- 57 Sorokina M.Yu.**
Where Are Friends, and Where Are Enemies?
 To the History of Investigation of Nazi Crimes in USSR

Notes and Observations

- 65 Ostrovsky A.N.**
Honorary Predator or a Cow of the Alps?

- Bulavintsev V.I.**
Nutcracker – Visitor from Taiga (72)

74 Scientific News

Star with the Least Content of Metals. **Vibe D.Z.** (74). STM Tears Molecules Apart (74). New Method of Single-Layer Nanotubes Purification. (75). Where Did Serpents Progenitors Lived? (75). Elephants Behavior During Tsunami (75). Henrietta's Story. **Semyonov D.V.** (76). Bacterial RNA-ase Against Tumor Cells. **Lipina T.V.** (76). Destiny of Indian Ocean's «Galapagos Islands». (77). Indonesia Is Losing Forests (77). Accuracy of Radiocarbon «Clocks» Will Improve (78). Approach of the III International Polar Year (78). Glacier on Lyayma Mountain Shrinks (80). Ozone Layer over South Atlantic Grows (81). What «Benefit» Can Be Produced by a Catastrophe? (82). First Americans – Who They Were? (82). In Brief (73)

Book Reviews

- 83 Ashmarin I.P.**
Genetic Chronicle of North Eurasia Population

- Veimarn A.B.**
Shangins – a Family of Pathfinders (87)

90 New Books**End of Issue**

- 91 Ponomareva V.I.**
Space Exploration in USSR

Раскрыта природа нарколепсии

В.М.Ковальзон

В 1880 г. французский врач Эдуард Желино впервые описал тяжелое и неизлечимое неврологическое заболевание и назвал его нарколепсией. Для этой болезни характерны внезапные приступы катаплексии — полного расслабления скелетных мышц, когда человек не может ни пошевелиться, ни заговорить, хотя способность к произвольному дыханию сохраняется. Такой приступ продолжается обычно несколько минут (редко — до получаса) и провоцируется сильными раздражителями: возбуждением, смущением, страхом, гневом, физическими упражнениями, половыми сношениями, но особенно часто — хохотом, когда и у здорового-то человека, как говорится, «коленки подгибаются».

В нашей стране это весьма редкое заболевание (возможно, просто потому, что его не умеют диагностировать); в Америке таких больных больше — около 125 тыс. человек, или 0.5—1 на 1000 жителей (лишь в четыре раза меньше, чем «паркинсоников»); больше всего их в Японии — 1 на 600 человек, а меньше — в Израиле: несколько человек на всю страну, или 1 на 500 тыс. жителей, т.е. в 100 раз меньше, чем в Японии! Первые



Владимир Матвеевич Ковальзон, нейрофизиолог, специалист по экспериментальному изучению сна, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Института проблем экологии и эволюции им.А.Н.Северцова РАН, член правления и председатель научного комитета Международного научно-практического общества сомнологов, автор более 100 научных и 30 научно-популярных статей. Неоднократно публиковался в «Природе».

симптомы болезни появляются в подростковом или юношеском возрасте, нарастают в течение года или двух и затем стабилизируются.

Вот уже лет сорок как нарколепсия привлекает особое внимание сомнологов — не только клиницистов, но и ученых. В одной из наших предыдущих публикаций мы рассказывали о результатах прямого изучения нейронов головного мозга, вовлеченных в регуляцию сна — бодрствования [1]. Тогда было обнаружено, что нормальная работа коры больших полушарий (а точнее, таламо-кортикальной системы мозга), обеспечивающих весь спектр сознательной деятельности человека, возможна только при наличии постоянных (тонических) мощных воз-

действий со стороны определенных подкорковых структур, называемых активирующими. Благодаря этим воздействиям мембрана большинства кортикальных нейронов во время бодрствования деполяризована на 5—15 мВ по сравнению с потенциалом покоя (–65/–70 мВ). Только в таком состоянии *тонической деполяризации* нейроны способны обрабатывать информацию и отвечать на сигналы, приходящие к ним от других нервных клеток, как рецепторных, так и внутримозговых.

Сегодня известно, что систем тонической деполяризации, или активации коры мозга (их можно условно назвать «центрами бодрствования»), несколько — вероятно, около десятка. Располагаются они на всех

© Ковальзон В.М., 2005

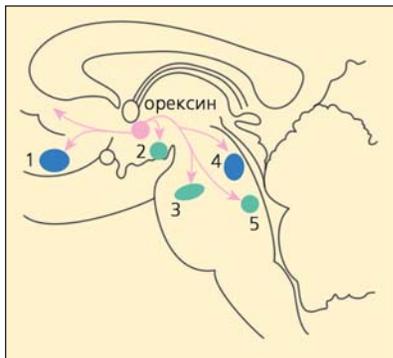


Рис.1. Схема расположения «центров бодрствования» в головном мозге человека и влияния на них орексиновых нейронов (показано красным). 1 — базальные ядра переднего мозга (выделяют ацетилхолин), 2 — ядра заднего гипоталамуса (выделяют гистамин), 3 — дорзальные ядра шва (выделяют серотонин), 4 — область покрышки моста (выделяет ацетилхолин), 5 — синее пятно (выделяет норадреналин).

уровнях мозговой оси: в продолговатом мозге, в ретикулярной формации моста, среднего и межточного мозга, в области синего пятна и дорзальных ядер шва, в заднем гипоталамусе и базальных ядрах переднего мозга. В качестве медиаторов нейроны этих отделов мозга выделяют глутаминовую кислоту, ацетилхолин, норадреналин, серотонин и гистамин (рис.1). Активность их модулируют многочисленные пептиды, находящиеся в тех же самых синаптических пузырьках — везикулах. У человека нарушение деятельности любой из этих систем не компенсируется за счет других, что несовместимо с сознанием и приводит к коме.

Если есть «центры бодрствования», то должны быть и «центры сна», споры о которых велись еще со времен И.П.Павлова. В конце 80-х годов XX в. был, наконец, найден центр обычного (медленного) сна (рис.2). Выяснилось, что нейроны, актив-

ность которых незначительна в бодрствовании, но резко возрастает в период обычного сна и прекращается во время парадоксального, расположены в переднем гипоталамусе, в так называемом вентро-латеральном преоптическом ядре, а их медиатор — гамма-аминомасляная кислота (ГАМК) — главный тормозный медиатор головного мозга. Интересно, что мучительная бессонница, возникавшая у больных вирусным энцефалитом, эпидемия которого возникла во время Первой мировой войны, связана с поражением именно этого ядра. Этот синдром описал знаменитый австрийский невролог фон Экономо, который первый предположил существование «центра сна» в переднем гипоталамусе.

Как уже отмечалось в предыдущей статье, практически с момента открытия парадоксального (быстрого) сна стала ясна его ярко выраженная активная природа. Запускается он из четко очерченного центра, расположенного в эволюционно древней, задней части мозга, в области так называемого варолиева моста. Химическим передатчиком сигналов этих клеток служит в первую очередь ацетилхолин, а также глутамат. Хотя во время парадоксального сна клетки мозга чрезвычайно активны, но информация от «входов» (органов чувств) к ним не поступает и на «выходы» (мышечную систему) не подается. В этом и заключается парадоксальность такого состояния, отраженная в его названии. Видимо, в период быстрого сна интенсивно перерабатывается информация, полученная в предшествующем бодрствовании и хранящаяся в памяти. Подтверждением тому служат эмоционально окрашенные сновидения, появляющиеся у человека в парадоксальном сне.

Нарушения работы «центров сна» наблюдаются при некоторых довольно редких видах патологии, в том числе и при нарколепсии. У разных нарколеп-

тиков приступы отличаются некоторым своеобразием: одни сохраняют полный контакт с окружающей средой — все слышат, все чувствуют, все помнят, но не могут реагировать до окончания приступа; у других происходит «отключение» от внешнего мира и возникают так называемые гипнагогические галлюцинации — состояние, которое здоровые люди переживают во время засыпания и дремоты; третьи переживают яркие эмоциональные сновидения... Большинство нарколептиков плохо спит ночью; ночной сон у них раздроблен, фрагментарен, а дельта-сон (глубокие стадии медленного сна) и парадоксальный сон представлены недостаточно. Соответственно, такие больные испытывают постоянную очень сильную сонливость днем. Естественно, что им категорически запрещается водить машину; есть и другие ограничения в их профессиональ-

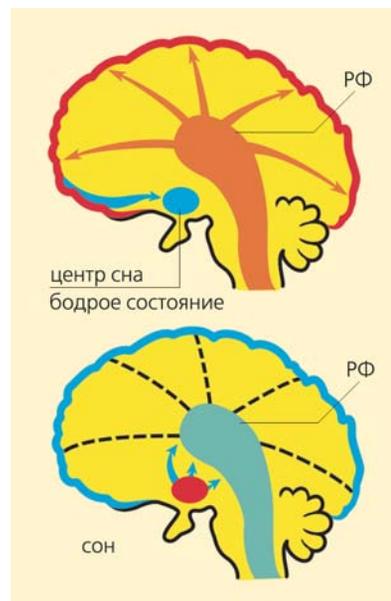


Рис.2. Схема расположения центра медленного сна. Вверху — бодрствование, когда центр сна заторможен и ретикулярная формация РФ (центр бодрствования) активирует кору; внизу — центр сна возбужден, РФ заторможена и кора не активируется.

ной деятельности. От нарколепсии не умирают, но жизнь превращается в сплошное мучение...

До конца минувшего века нарколепсия оставалась загадочным заболеванием. Какие только факторы не предлагались врачами в качестве ее причины! Одни неврологи относили ее к психосоматическим заболеваниям; другие считали одним из проявлений шизофрении; третьи полагали, что она есть следствие нарушения нейрохимического равновесия в головном мозге; четвертые выдвигали гипотезу о ее вирусном происхождении; а один немецкий психоневролог даже предположил, что нарколепсию вызывает чрезмерная мастурбация в подростковом возрасте! Очевидно было одно — в формировании нарколепсии играют роль как некие врожденные факторы, так и какие-то внешние воздействия.

Предположили, что болезнь *специфически* связана с «поломкой» системы, запускающей парадоксальную фазу сна. В экспериментах на кошках ряд исследователей, в том числе крупнейший сомнолог Мишель Жуве с сотрудниками, показали, что *отдельные* проявления парадоксального сна (мышечное расслабление и подергивание, быстрые движения глаз, характерные изменения электрической активности мозга и пр.) вызваны активностью *отдельных*, пространственно разделенных групп нервных клеток в «центре парадоксального сна». Напомним, что они находятся в древних, задних отделах мозга (латеродорзальной/педункулопонтинной области покрывки моста) и выделяют в качестве медиатора (нейропередатчика) молекулы ацетилхолина. Детальное изучение нарколептических приступов показало, что в большинстве случаев они представляют собой не что иное, как внезапное, совершенно неадекватное включение механизма парадоксального сна прямо из бодрствования! А раз-

нообразии форм приступов отражает преимущественное поражение тех или иных *отдельных* частей этого механизма.

Для понимания сути таких нарушений нужна была экспериментальная модель нарколепсии. Обнаружили ее случайно: однажды в середине 60-х годов знаменитый американский сомнолог Вильям Демент, один из первооткрывателей парадоксального (быстрого) сна, ученик легендарного Натаниэля Клейтмана, как-то рассказывал друзьям о пациентах-нарколептиках, с которыми тогда работал в клинике. Вдруг один из знакомых воскликнул: «Позволь, но ведь то, что ты так красочно описываешь, очень похоже на приступы, которые я иногда наблюдаю у своего добермана!».

Действительно, из ветеринарной и кинологической литературы выяснилось, что у домашних животных — собак, коров и лошадей — изредка отмечаются катаплексические приступы, похожие на нарколепсию человека. У собак эти приступы также провоцируются эмоциональным возбуждением, происходящим во время игры или, чаще всего, при виде любимой пищи. Заболевание наследуется по так называемому аутосомно-рецессивному типу; значит, для получения стопроцентно больного потомства необходимо, чтобы «нарколептиками» были оба родителя. Демент и его сотрудники с помощью классических методов селекции (скрещивания и отбора) вывели «чистую линию» собак-нарколептиков — доберман-пинчеров и лабрадоров. Вскоре их была уже целая стая.

Изучение нарколепсии у собак продолжалось около 20 лет и принесло немало интересных результатов. К тому времени было известно, что в самой задней (каудальной) части мозга — продолговатом мозгу — есть особая группа нейронов, посылающих свои длинные отростки, аксоны, в спинной мозг, для осуществления функции *торможения* произвольных движений. Основной

тормозной медиатор этой системы — аминокислота глицин. Когда человек или животное двигается, эти нейроны почти не разряжаются, в покое и во сне усиливают частоту разрядов, а в парадоксальном сне, когда появляются сновидения и мышечная деятельность полностью подавлена, они максимально активны. Если какая-то часть системы разрушена — будь то в эксперименте (у крыс, кошек и собак) или в результате заболевания (у человека), то во время парадоксального сна возникают движения, соответствующие переживаемому сновидению... Так вот, при приступах катаплексии, как и в парадоксальном сне, у собак отмечались мощные всплески активности этих нейронов!

Другая группа нейронов, расположенная несколько выше по мозговой оси и образующая так называемое «синее (или голубое) пятно», знаменита тем, что там синтезируется почти весь норадреналин мозга — один из важнейших «медиаторов бодрствования».

Норадренергических нейронов в мозге мало, но благодаря своим мощным «древовидным» ветвлениям они иннервируют огромное количество других нейронов во всех частях мозга. У нейронов синего пятна обнаружили точно такие же эффекты, хотя и противоположные по знаку. Они, как и другие аминергические нейроны в «центрах бодрствования» (серотонинергические в дорзальных ядрах шва и гистаминергические — в туберомамиллярном ядре заднего гипоталамуса) проявляли максимальную активность во время бодрствования, снижали ее во сне и полностью «замолкали» во время сновидений (парадоксального сна).

У собак во время нарколептических приступов эти нейроны вели себя так же, как при парадоксальном сне, т.е. тормозились. Активность серотонинергических нейронов при этом не прекращалась полностью, но

сильно ослабевала — примерно как при обычном (медленном) сне, а гистаминергических — резко возрастала, почти до уровня активного бодрствования (рис.3)! Стало ясно, что норадренергические и, отчасти, серотонинергические нейроны ответственны за подавление мышечного тонуса, а гистаминергические — за сохранение сознания при катаплексии (собаки в этом состоянии способны следить глазами за перемещениями объектов в поле зрения). Значит, прекращение активности возбуждающих норадренергических нейронов и ее усиление у тормозных глицинергических и ГАМК-ергических — именно тот механизм, который снимает мышечный тонус во время парадоксального сна и приступов нарколепсии.

Так было совершенно определено показано, что приступы нарколепсии со всеми присущими им проявлениями есть, по сути, не что иное, как «пароксизмы», т.е. внезапные неадекватные включения нейронного центра парадоксального сна во время бодрствования. Иначе говоря, в нашем мозгу есть тор-

можной механизм, который не позволяет нам во время бодрствования разом «отключаться» от внешнего мира и видеть сны. Поломка этого механизма по каким-то причинам и приводит к нарколептическим приступам... Однако в чем именно она заключается — оставалось неизвестным.

Со времен Желино патологоанатомы искали изменения в головном мозгу нарколептиков, которые можно было бы связать с развитием этого заболевания. Однако столетние усилия оставались тщетными. В последние 20 лет американские исследователи (Билл Демент, Кристиан Гийемино и Эммануэль Миньё) и французские специалисты из лаборатории Демента в Лос-Анджелесе, а также группа Томаса Килдаффа в Стенфордском университете (Сан-Диего) обнаружили повышенное содержание основных нейротрансмиттеров и их рецепторов в различных отделах головного мозга у собак-нарколептиков. Наконец, в начале 90-х годов подобные же биохимические и морфологические изменения нашли и в мозге больных людей при посмертном вскрытии...

Рецепторные белки представляют собой «молекулярные замочки», расположенные на клеточной поверхности. А ключи к этим замочкам — нейротрансмиттеры (медиаторы), называемые лигандами. Если ключ подходит (т.е. происходит лиганд-рецепторное взаимодействие), то либо резко меняется состояние клеточной мембраны — открываются одни и закрываются другие каналы, регулирующие потоки ионов (Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Cl^-) внутрь и наружу клетки, либо изменяется состояние ее генетического аппарата — усиливается или ослабевает синтез какого-то специфического белка. Соответственно меняется способность нейрона отвечать на сигналы, поступающие от других клеток: они посылают свои импульсы третьим клеткам.

Рис.3. Электроэнцефалограммы головного мозга собаки-нарколептика. Вверху — во время бодрствования; в середине — в приступе катаплексии; внизу — в состоянии обычного (медленного) сна. Розовым показана электрическая активность мозга (ЭЭГ, верхняя кривая), глаз (ЭОГ, средняя кривая) и мышц шеи (ЭМГ, нижняя кривая); внизу — только ЭЭГ и ЭМГ. Справа показано, как работают при этом одиночные нейроны — гистаминергический (зеленым) и норадренергический (синим).

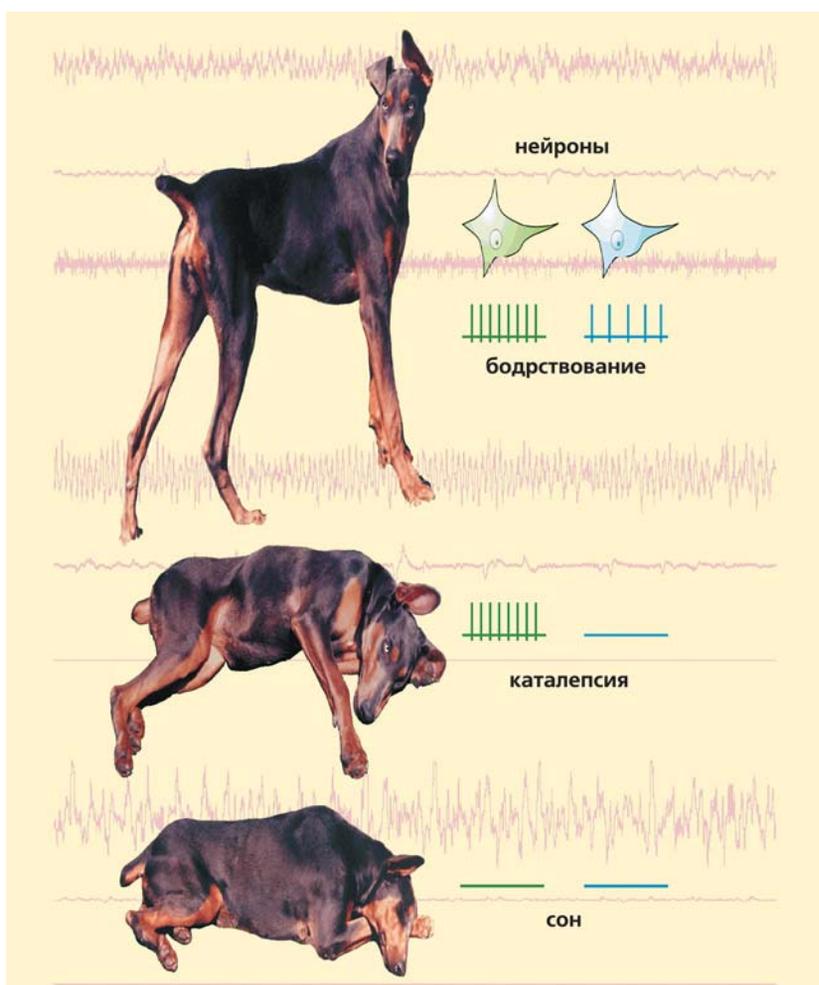


Рис.3. Электроэнцефалограммы головного мозга собаки-нарколептика. Вверху — во время бодрствования; в середине — в приступе катаплексии; внизу — в состоянии обычного (медленного) сна. Розовым показана электрическая активность мозга (ЭЭГ, верхняя кривая), глаз (ЭОГ, средняя кривая) и мышц шеи (ЭМГ, нижняя кривая); внизу — только ЭЭГ и ЭМГ. Справа показано, как работают при этом одиночные нейроны — гистаминергический (зеленым) и норадренергический (синим).

Служат ли выявленные изменения *причиной* или *следствием* заболевания? Невозможно было ответить на эти вопросы, пока в нейробиологии не произошла революция, связанная с появлением молекулярно-генетических методов. После публикации частично раскрытого генома собаки Миньё и его сотрудники сумели найти в одной из хромосом мутацию, предположительно ответственную за нарколепсию [2]. Однако и это еще не раскрывало ее механизм. Разгадка, как всегда, пришла неожиданно и стала последней сенсацией в ряду выдающихся открытий нейробиологии XX в.

В 1998 г. большая группа авторов, первые среди которых Луис Делиси и уже упоминавшийся Том Килдафф, опубликовала статью о присутствии в гипоталамусе матричной РНК (мРНК), кодирующей белок, содержащий два сходных пептида с неизвестными ранее аминокислотными последовательностями [3]. Их назвали гипокретинами (ГИПОталамическими сЕКРЕТИНАМИ), так как поначалу приняли за представителей группы кишечных гормонов секретин (в дальнейшем это сходство опровергли). Одновременно группа японских исследователей из Техасского университета, занимавшаяся поиском лигандов к «сиротским» рецепторам (т.е. «подбором ключей к найденным замкам»), нашла в гипоталамусе два близких по строению пептида и назвала их орексинами А и Б (от греч. *ορεξ* — аппетит). Оказалось, что гипокретины 1 и 2 и орексина А и Б — одни и те же вещества. Были обнаружены два рецептора к орексинам/гипокретинам и кодирующие их гены. Рецептор 1-го типа связывается избирательно с орексином-А, а 2-го — с обоими пептидами. Вначале считали, что эти пептиды играют важную роль в регуляции пищевого поведения, так как тела нейронов, аксоны которых выделяют орексин/гипокретин, располагают-

ся в глубине головного мозга, вблизи так называемого «пищевого центра». Там находятся клетки, участвующие в регуляции голода и насыщения. Однако сейчас эта роль поставлена под сомнение [4].

Орексина-гипокретины представляют собой олигопептиды; в орексине А — 33 аминокислотных остатка, а в орексине Б — 28. У первого (А) свернутая (петлеобразная) пространственная структура, которая удерживается дисульфидными мостиками. Второй (Б) имеет линейную структуру. Оба пептида образуются в организме в результате расщепления одного белка-предшественника, пре-прогипокретина. Подобно аминергическим нейронам (например, клеткам синего пятна), орексинергические нейроны весьма немногочисленны (в полутораграммовом мозге крысы их всего 1700, а в тысячу раз больше по весу мозге человека — около 80 тыс.). Однако их длинные отростки — аксоны — сильно ветвятся, иннервируя множество клеток в самых разных отделах мозга, выделяющих все основные медиаторы: ацетилхолин, глутамат, ГАМК, мозговые амины... Интересно, что с ГАМК-ергическими нейронами «центра медленного сна» в вентролатеральном преоптическом ядре, расположенном в непосредственной близости от орексиновых нейронов латерального и вентро-медиального гипоталамуса, орексиновые нейроны оказались совсем не связаны [5]!

В большинстве нейронов орексин присутствует вместе с другим пептидом — динорфином. Во всех орексиновых клетках гипоталамуса имеется особый секретлируемый нейрональный белок NARP («пентраксин, регулирующий нейронную активность»). Он связан с регуляцией синапсов и кодируется одним из «немедленных ранних генов», которые быстро экспрессируются (активируются) в нейронах при повышении

их метаболической активности. В числе прочих орексинергические нейроны проецируются и на норадренергические клетки синего пятна, вызывая их деполяризацию — активацию, «подбуживание». При недостаточной активации нейроны синего пятна могут внезапно «замолкать» не только во время парадоксального сна (как им положено), но и при бодрствовании, вызывая приступы нарколепсии [6].

Миньё и его команда обнаружили, что у собак из-за мутации гена, кодирующего один из двух рецепторов орексина, молекула белка NARP теряет способность связываться с своим лигандом. В это же время группа исследователей из Медицинского института Говарда Хьюза при Техасском университете в Далласе, используя опубликованную карту генома мышей, сумела вывести линию, у которой с рецепторами орексина было все в порядке, но сам лиганд — орексин — не выделялся. Эти искусственно выведенные мыши также послужили моделью нарколепсии — у них отмечались сходные явления.

Хотя *проявления* нарколепсии у человека и у собаки в целом почти тождественны, в отношении сходства их *механизмов* возникли серьезные сомнения. Достаточно сказать, что «собачья нарколепсия» — чисто генетическое заболевание, а человеческая — отнюдь нет! Она не передается по наследству, ее нельзя назвать семейным или родственным заболеванием. Если один из однояйцовых близнецов страдает нарколепсией, то у второго подобная болезнь наблюдается лишь в 25% случаев! Значит, у человека, в отличие от собаки, наследственность лишь определяет некоторую предрасположенность к болезни, но вовсе ее не гарантирует [7]. Следовательно, имеется еще какой-то ключевой фактор, не связанный с генетическими явлениями, разрушающий орексиновую систему у че-

ловека и таким образом имитирующий вышеописанные мутации у животных.

В 1999 и 2000 гг. появились сообщения о том, что нарколепсия, возможно, аутоиммунное заболевание, подобное хорошо известному паркинсонизму, при котором иммунная система ошибочно атакует некоторые клетки мозга, воспринимая их как чужеродные. Еще в 1984 г. выяснилось, что у 90% нарколептиков имеется особая разновидность группы генов лейкоцитарного антигена человека (HLA), а в целом у населения эта разновидность встречается лишь в 25% случаев. Белки, кодируемые генами этой области, участвуют в предьявлении антигенов клеткам иммунной системы, и многие иммунные заболевания связаны с одной или несколькими разновидностями (гаплотипами) группы HLA.

Посмертное изучение мозга нарколептиков с помощью новейших иммуногистохимических методов антигенного восстановления, проведенное в лаборатории известного сомнолога Джерома Зигеля из Лос-Анджелеса, выявило катастрофическую потерю 90% орекси-

нергических нейронов и их аксонов, особенно в тех областях, где наблюдалась высокая насыщенность рецепторов 2-го типа. Анализ крови нарколептиков также показал, что концентрация орексина у них ниже уровня чувствительности метода (0,5 пг/мл), тогда как у здоровых людей в бодрствовании она составляет 50 пг/мл. Стало ясно, что, в отличие от экспериментальной нарколепсии у собак, вызываемой определенной точечной мутацией гена рецептора орексина 2-го типа, у человека нарколепсия — аутоиммунное заболевание [8]. Но какое вещество служит тем антигеном, против которого «восстает» иммунная система мозга человека, попутно поражая орексиновые клетки — остается неизвестным. Однако эта задача уже не нейрофизиологии, нейрохимии и нейроанатомии, а нейроиммунологии. Представители первых трех наук в ближайшие годы, видимо, продолжат изучение орексиновой системы «по вертикали и горизонтали», т.е. ее формирование в ходе онтогенеза (индивидуального развития) и сравнительное ее изучение у живот-

ных, стоящих на разных уровнях развития, для реконструкции возможного хода эволюции этой системы мозга.

Открытие орексиновой системы — крупнейшее достижение нейробиологии, которым она завершила XX век, столь богатый для нее революционными успехами. Природа нарколепсии, болезни, оставшейся загадкой на протяжении 120 лет, было раскрыта всего за 2,5 года, продемонстрировав всю мощь и гибкость современной науки. Эта история еще раз (уже в который!) доказывает, что самые, казалось бы, далекие от практических задач работы в фундаментальной науке способствуют значительным достижениям в медицине: раскрытию истинных причин тяжелых заболеваний, новым методам диагностики и лечения, принципиально новым лекарственным средствам. И наоборот, «экономия» на фундаментальных исследованиях, которые кажутся невеждам слишком «абстрактными», приводит к полному прекращению всякого прогресса в прикладных исследованиях, к их полной остановке «в бессильи умственного тупика»... ■

Литература

1. Ковальзон В.М. Природа сна // Природа. 1999. №8. С.172—179.
2. Mignot E. // Sleep Medicine. 2000. V.1. №1. P.87—90.
3. Kilduff T.S., Peyron C. //TINS. 2000. V.23. №8. P.359—365.
4. John J. et al. // Neuron. 2004. V.42. №5. P.619—634.
5. Scammell T.E. // Current Biology. 2001. V.11. P.R769—R771.
6. Ferguson A.V., Samson W.K. // Frontiers in Neuroendocrinology. 2003. V.24. №1. P.141—150.
7. Siegel J.M. // Annual Review of Psychology. 2004. V.55. №2. P.125—148.
8. Siegel J.M. et al. // Neuropsychopharmacology. 2001. V.25. №5. P.S14—S20.

Управление фотохимическими реакциями: квантовые методы

В.В.Еремин

Управление химическими реакциями имеет долгую историю. Еще в средние века алхимики в поисках «философского камня» смешивали различные вещества и пытались подобрать такие условия, чтобы направить реакцию в нужном направлении, т.е. увеличить выход основного продукта и подавить побочные реакции. В процессе развития химии сформировались обычные методы химического управления — изменение температуры, давления, концентрации реагирующих веществ и использование катализаторов. В XX в. появилось новое мощное средство воздействия на химические вещества — лазерное излучение. Современная лазерная технология позволяет создавать такие световые импульсы, время действия которых (порядка фемтосекунд, $1 \text{ фс} = 10^{-15} \text{ с}$) намного меньше времени протекания самых быстрых химических реакций. С помощью фемтосекундных импульсов удастся не только инициировать химическую реакцию, но и следить за движением ядер в процессе ее развития в реальном времени [1]. Более того, оказалось возможным вмешиваться в течение реакций и изменять их направление и выход продуктов.

© Еремин В.В., 2005



Вадим Владимирович Еремин, доктор физико-математических наук, доцент химического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Лауреат Премии Президента РФ в области образования. Научные интересы сосредоточены в области фемтохимии и квантовой динамики молекул.

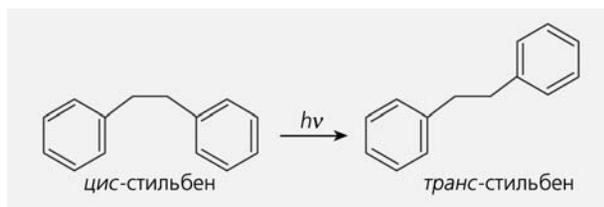
Взаимодействие лазерных импульсов с молекулами происходит по законам квантовой механики, поэтому многие методы лазерного контроля и управления химическими реакциями основаны на квантовых эффектах. В этой статье пойдет речь о некоторых достижениях в теории и практике *квантового управления фотохимическими реакциями* — одного из новейших разделов химической динамики.

Вмешательство света

Реакции, протекающие под действием видимого или ультрафиолетового излучения, называют фотохимическими [2]. Они играют огромную роль в природе: достаточно сказать, что само существование жизни на Земле обеспечивается биологическим фотосинтезом. Кроме того, большую часть информации об окружающем мире мы получаем с помощью зрения, механизм которого включает изомеризацию ретиналя под действием видимого света.

Фотохимические реакции по свойствам заметно отличаются от обычных, темновых: они могут идти по совершенно другим путям за счет того, что свет переводит молекулу в возбужденные электронные состояния, которые недоступны при обычном тепловом воздействии. В возбужденных состояниях молекулы обычно проявляют довольно высокую химическую активность, поэтому с ними могут происходить самые разнообразные превращения.

Рассмотрим в качестве примера реакцию *цис-транс*-изомеризации стильбена — 1,2-дифенилэтилена:



Цис-стильбен служит моделью намного более сложной молекулы — ретиналя, входящего в состав белкового комплекса в сетчатке глаза. В обычных условиях изомеризация стильбена невозможна, так как *цис*- и *транс*-изомеры разделяет довольно высокий энергетический барьер — около 180 кДж/моль.

Используя распределение Больцмана, можно оценить долю молекул с энергией, превышающей высоту барьера. Даже при температуре 500 К она ничтожно мала:

$$\exp\left(-\frac{E}{RT}\right) = \exp\left(-\frac{180 \cdot 10^3}{8.314 \cdot 500}\right) = 1.57 \cdot 10^{-19},$$

поэтому *цис*-стильбен не изомеризуется и при сильном нагревании. Однако эта реакция легко происходит под действием света, в безбарьерном режиме (рис.1).

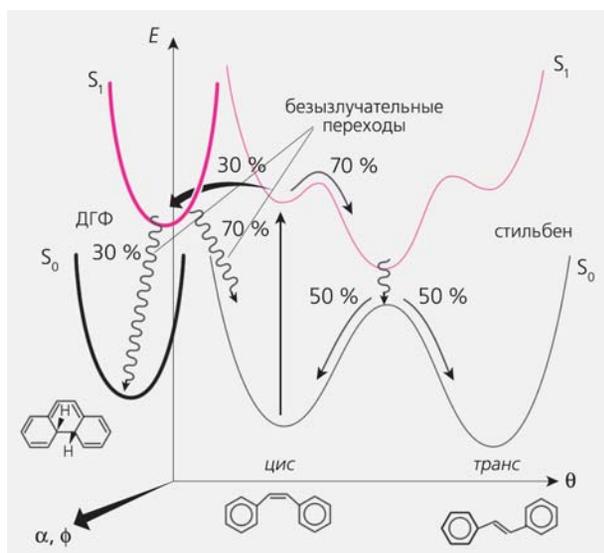


Рис. 1. Схема переходов между электронными состояниями в молекуле стильбена. Прямая стрелка — переход при поглощении УФ-излучения, волнистые стрелки — безызлучательные переходы, изогнутые стрелки — фотофизические и фотохимические процессы в возбужденном и основном состояниях. E — энергия, θ — угол вращения относительно двойной связи, α и ϕ — углы поворота плоскостей бензольных колец относительно друг друга и связи С—С.

При поглощении ультрафиолетового излучения с длиной волны 290 нм *цис*-стильбен переходит из основного электронного состояния S_0 в возбужденное S_1 . После этого часть молекул, около 70%, в результате безызлучательного перехода возвращается в основное состояние *цис*- или *транс*-изомера (с равной вероятностью). Оставшиеся 30% испытывают иное химическое превращение: атомы углерода соседних бензольных колец связываются друг с другом, и образуется новый изомер стильбена — дигидрофенантрен (ДГФ). Суммарный выход основного продукта реакции — *транс*-стильбена — составляет $0.7 \cdot 0.5 = 0.35 = 35\%$.

Этот пример показывает, что фотохимическое воздействие, как правило, неселективно, а выход фотопродуктов далек от 100%. Новые возможности, которые предоставляет световое излучение, приводят и к новым проблемам: если появляется много конкурирующих направлений реакции, то как заставить молекулу выбирать нужное направление?

В последние два десятилетия благодаря бурному развитию лазерной техники, позволяющей создавать сверхкороткие световые импульсы (длительностью до 10^{-15} с), наблюдается резкий всплеск интереса к фотохимическим реакциям. Импульсное воздействие света на молекулы открывает принципиально новые возможности эффективного управления такими реакциями.

Обычный непрерывный свет с длиной волны λ обладает энергией (в расчете на один фотон):

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda},$$

где ν — частота света, h — постоянная Планка, c — скорость света. Поглощая такой свет, молекула переходит во вполне определенное возбужденное состояние с конкретной энергией.

В лазерных световых импульсах энергия может изменяться в некотором диапазоне, зависящем от длительности импульса. Взаимосвязь между длительностью импульса Δt и шириной его энергетического спектра ΔE называется соотношением неопределенности энергия—время [3]:

$$\Delta E \cdot \Delta t \sim \frac{\hbar}{2}.$$

Чем короче световой импульс, тем больший диапазон энергий он охватывает. Так, в импульсе длительностью 10 фс разброс энергий составляет больше 6 кДж/моль. Этого достаточно, чтобы возбудить не одно-единственное энергетическое состояние молекулы, а сразу несколько — тем больше, чем короче импульс. Совокупность возбужденных состояний образует так называемый волновой пакет, который представляет нестационарное состояние молекулы. Изменение пакета во времени, которое принято описывать как движение в простран-

нстве координат реакции, отражает колебания ядер в процессе химической реакции (рис.2).

Основная задача квантового управления фотохимическими реакциями состоит в том, чтобы,

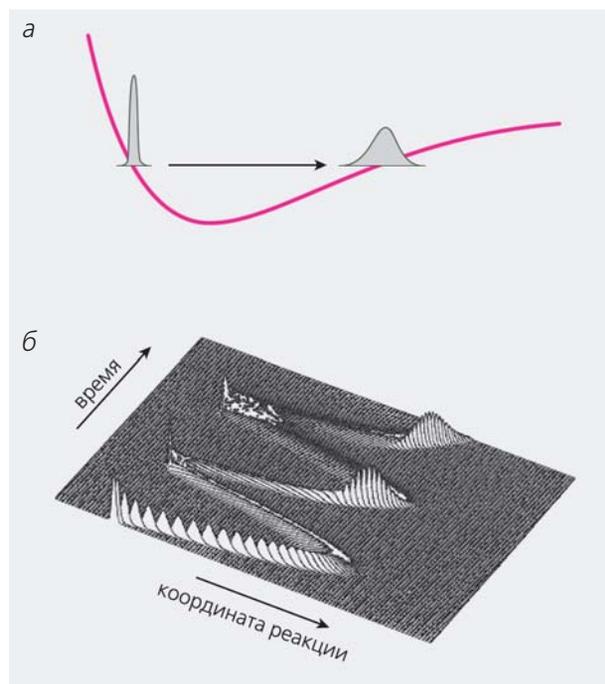


Рис.2. Движение волнового пакета в силовом поле молекулы. Пространственное представление (а). Цветная линия — потенциальная энергия ядер. Пространственно-временное представление (б) — траектория движения пакета, совершающего колебания между двумя конфигурациями.

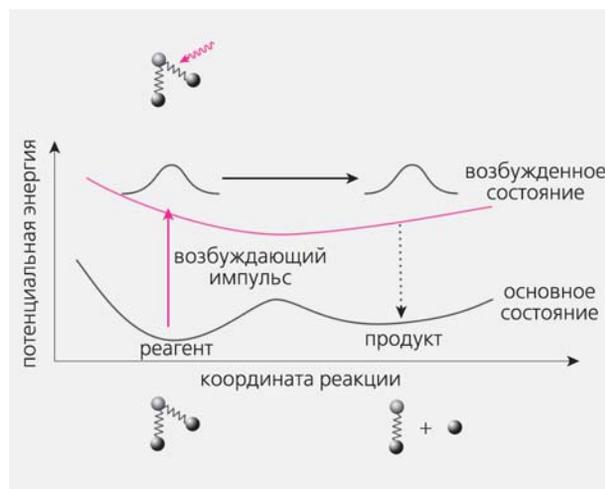


Рис.3. Управление фотохимической реакцией по схеме «нагрузка—разгрузка». Первый лазерный импульс создает волновой пакет в возбужденном состоянии исходного вещества, а второй переводит продукты реакции в основное состояние.

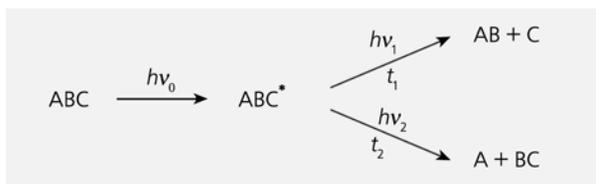
используя лазерные импульсы, перевести ядра атомов по координате реакции из области реагентов через возбужденные состояния в область искоемых продуктов (рис.3).

Пассивное управление — под контролем только время

Первая схема квантового управления была предложена в 1986 г. Она основана на использовании двух лазерных импульсов и называется «pump-dump», что можно перевести как «нагрузка—разгрузка». В этой схеме первый лазерный импульс переводит молекулу в возбужденное электронное состояние, где создается волновой пакет. Он движется по возбужденному состоянию вдоль координаты реакции, и, когда достигается область продуктов, включают второй импульс, который переводит молекулу обратно в основное состояние, соответствующее продуктам реакции (рис.3).

В химической динамике такое управление называют *пассивным* [1], поскольку движение созданного волнового пакета в возбужденном состоянии определяется только свойствами молекулы. Экспериментатор не вмешивается в это движение, а только ждет, когда пакет доберется до заданного участка поверхности; после этого применяется второй импульс. В такой схеме есть один управляющий параметр — время задержки между первым и вторым импульсом.

Меняя время задержки, в случае конкурирующих процессов можно направлять реакцию по тому или иному пути. Пусть, например, трехатомная молекула ABC может диссоциировать по одному из двух направлений:



Применение двухимпульсной схемы «нагрузка—разгрузка» в принципе может позволить осуществить селективный разрыв любой из связей. Первый лазерный импульс создает в возбужденном состоянии волновой пакет, который движется по потенциальной поверхности, в определенные моменты времени проходя над участками поверхности основного состояния, соответствующими разрыву одной или другой связи (рис.4). Если в такой момент подействовать на молекулу вторым импульсом, произойдет переход в основное состояние, в котором молекула распадается заданным образом.

Появление этой идеи ознаменовало начало развития нового направления в химической динамике — *химии отдельных связей (bond-specific chemistry)*. Практическая реализация ее требует

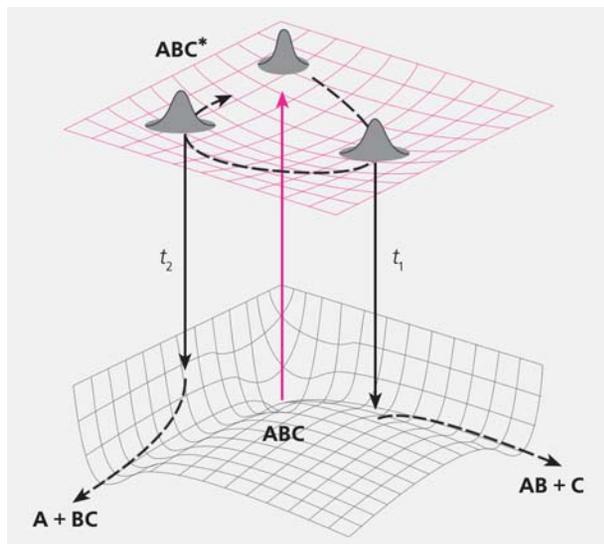


Рис.4. Схема пассивного управления диссоциацией трехатомной молекулы. Первый лазерный импульс возбуждает молекулу ($ABC \rightarrow ABC^*$), а второй, пущенный с задержкой t_1 или t_2 относительно первого, переводит ее в состояние, в котором селективно разрывается связь В—С или А—В.

привлечения и других методов управления, так как обычно движение волнового пакета имеет более сложный характер, чем показано на рис.4.

Теперь меняем поле

Движение волнового пакета в возбужденном состоянии определяется не только потенциальной энергией молекулы, но и формой возбуждающего светового импульса, который создавал этот пакет. Поэтому в поисках новых управляющих параметров химии обратились к электрическому полю лазерного импульса. Зависимость напряженности поля от времени имеет вид

$$E(t) = E_0 f(t) e^{i\omega_0 t}$$

где E_0 — амплитуда поля, ω_0 — центральная частота, $f(t)$ — форма импульса. Функция $f(t)$ и есть основной инструмент управления. Она определяет важнейшие свойства светового импульса — его длительность (т.е. время, за которое $f(t)$ спадает до нуля) и частотный состав, который описывается преобразованием Фурье от функции $E(t)$:

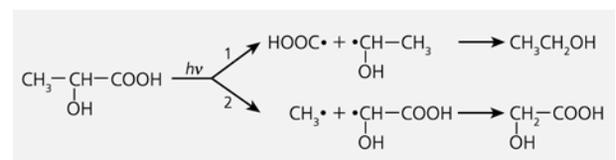
$$E(\omega) = \int E(t) e^{i\omega t} dt.$$

Чтобы направить реакцию по нужному пути, выбирают целевое состояние — определяют, в какое место на потенциальной поверхности и через какое время должен попасть волновой пакет. Затем решают задачу квантового управления: если известна потенциальная поверхность и дано це-

левое состояние, то какой должна быть форма светового импульса $f(t)$, чтобы волновой пакет достиг этого состояния?

Решение, которое находят с помощью численных методов квантовой динамики, обычно приводит к функциям формы довольно сложного вида (рис.5), однако современные экспериментаторы научились получать световые импульсы практически любой формы. Для этого используют специальное устройство, называемое «шэйпером» (от англ. shape — форма). В шэйпере входной импульс простого вида разлагают на отдельные частоты, а затем методами нелинейной оптики одни частоты удаляют, другие усиливают, третьи изменяют и получают заданный импульс. На рис.5 показано, как, управляя формой импульса, можно изменять соотношение различных продуктов диссоциации комплексного соединения железа.

Использование шэйперов во многих случаях позволяет резко увеличить селективность фотохимических реакций. Так, например, с помощью света можно превратить молоко в спирт. Молекула молочной кислоты — основного, после воды, компонента молока — при лазерном облучении распадается по двум направлениям:



Под действием обычного лазерного импульса соотношение конкурирующих продуктов распада $\text{HOOC} / \text{CH}_3 = 24$. При оптимизации формы импульса оно возрастает до 130, т.е. почти вся молочная кислота превращается в этанол.

В самых современных приборах для расчета формы импульса используют обучающие алгоритмы. Общий принцип их действия такой: фотохимическую реакцию проводят с произвольно выбранным лазерным импульсом и сравнивают состояние продуктов с целевым состоянием, за-

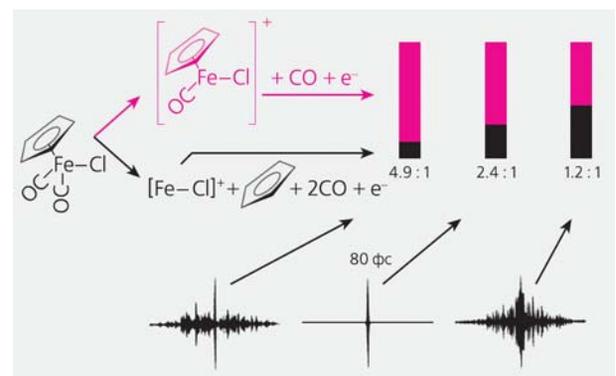


Рис.5. Зависимость выхода продуктов разложения хлорида-дикарбонила циклопентадиенилжелеза от формы лазерного импульса.

тем, используя теорию оптимального управления, в форму импульса вносят поправки, снова проводят реакцию, и так далее до тех пор, пока не будет достигнуто целевое состояние:



Про такую процедуру говорят, что «лазер учится управлять молекулой».

Активное управление с помощью фазы

В схемах *активного* управления используют квантовый принцип интерференции. Молекулу возбуждают не одним, а двумя *одинаковыми* импульсами с небольшой задержкой между ними. В результате двухканального возбуждения молекула оказывается в смешанном состоянии

$$\Psi(x,t) = \Psi_1(x,t) + \Psi_2(x,t),$$

где волновые пакеты $\Psi_1(x,t)$ и $\Psi_2(x,t)$ отвечают возбуждению первым и вторым импульсами соответственно. Суммарная заселенность возбужденного состояния

$$P = |\Psi|^2 = |\Psi_1|^2 + |\Psi_2|^2 + \Psi_1\Psi_2^* + \Psi_1^*\Psi_2 = P_1 + P_2 + \Psi_1\Psi_2^* + \Psi_1^*\Psi_2$$

складывается из заселенностей P_1 и P_2 , создаваемых каждым импульсом по отдельности, и интерференционного члена $\Psi_1\Psi_2^* + \Psi_1^*\Psi_2$ (Ψ^* — комплексно сопряженная величина). Последний определяется разностью фаз между состояниями 1 и 2 и пространственным перекрытием соответствующих волновых пакетов.

Именно интерференционное слагаемое обеспечивает активное управление. В зависимости от времени задержки между двумя импульсами оно может быть положительным или отрицательным, т.е. второй импульс может увеличивать или уменьшать заселенность возбужденного состояния, созданную первым импульсом. Это похоже на то, как при интерференции двух световых лучей с постоянной разностью фаз суммарная интенсивность

света в одних местах увеличивается, а в других уменьшается. Использование интерференционных эффектов дает еще один параметр для управления, а именно разность фаз между волновыми пакетами.

Подобно случаю пассивного управления, результат зависит от времени задержки между лазерными импульсами, но в схеме «нагрузка—разгрузка» первый импульс начинает реакцию, а второй ее заканчивает, тогда как при активном управлении оба импульса — возбуждающие.

Радужные перспективы

Мы рассмотрели три простейшие схемы квантового управления фотохимическими реакциями, протекающими под действием лазерных импульсов. В этих схемах управляющими параметрами служат время задержки между возбуждающим и считывающим импульсами, форма лазерного импульса и разность фаз между волновыми пакетами, созданными двумя возбуждающими импульсами. Существуют и другие управляющие параметры, которые мы не рассматривали, — длительность импульса, интенсивность электрического поля, зависимость несущей частоты от времени (ее называют чирпом), поляризация импульса. Обычно для того, чтобы направить фотохимическую реакцию по выбранному пути, используют многопараметрические методы управления, представляющие собой сочетание простых схем. В некоторых случаях применяют обучающие алгоритмы, которые позволяют оптимизировать управляющие параметры в ходе реакции.

Теория квантового управления фотохимическими процессами хорошо разработана и объединяет методы квантовой динамики, квантовой химии и теории оптимального управления. Практическое состояние работ в этой области таково, что на конкретных примерах показана принципиальная возможность эффективного управления фотохимическими реакциями в газовой, жидкой и твердой фазах. В частности, предложены методы лазерного разделения изотопов, управления стереохимической чистотой продуктов органических реакций и управления потоком энергии в процессе фотосинтеза. В ближайшее десятилетие можно ожидать первых практических приложений квантового управления не только в химии, но и в биологии, медицине, лазерной технологии и телекоммуникациях. ■

Литература

1. Еремин В.В., Уманский И.М. // Соросовский образовательный журнал. 1999. №8. С.48—54.
2. Кузьмин М.Г. Фотохимия // Энциклопедия «Современное естествознание». Т.1. Физическая химия. М., 1999. С.87—93.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. // Квантовая механика. Нерелятивистская теория. М., 1963. С.185—188.
4. Степанов Н.Ф. // Соросовский образовательный журнал. 1996. №10. С.33—41.

Бактерии против радиоактивности

Т.В.Хижняк

И для кого не секрет, что человек своей производственной деятельностью постоянно загрязняет окружающую среду токсичными металлами и радионуклидами. Промышленные и радиоактивные отходы выбрасываются в атмосферу и воду, в почву и подземные горизонты, где нередко их концентрация превышает предельно допустимые нормы, особенно вблизи городских и промышленных центров. Очевидно, что вместе с тем растет потребность в новых биотехнологических методах обезвреживания этих отходов. Отсюда понятен огромный интерес к участию микроорганизмов в трансформации металлов, металлоидов и радионуклидов, таких как уран (U^{+6}), нептуний (Np^{+5}) и технеций (Tc^{+7}).

Радиоактивные отходы образуются при добыче, переработке радиоактивной руды и отработанного ядерного топлива, а также в ходе медицинской диагностики и научных исследований. При добыче радиоактивной руды урану сопутствует радий, молибден, селен и большое количество сульфатов [1]. При переработке ядерного топлива, помимо продуктов ядерного распада актинидов (америция, плутония, кюрия, тория, нептуния



Татьяна Владимировна Хижняк, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории экологии и геохимической деятельности микроорганизмов Института микробиологии им.С.Н.Виноградского РАН. Область научных интересов — взаимодействие микроорганизмов с металлами и радионуклидами.

и урана) и неактинидов (стронция, цезия и технеция), накапливаются и нерадиоактивные вещества — нитраты, сульфаты, карбонаты и др. (табл.1). Эти «сопутствующие» отходы изменяют кислотно-щелочные условия среды, а затем и видовой состав популяции растений и микроорганизмов. А используемые для разделения урана и плутония керосин и трибутилфосфат (табл.2) часто образуют устойчивые комплексы с актинидами, которые и мигрируют в окружающую среду.

Полученные при переработке отходы могут храниться в специальных танках или закачиваться в пласты-коллекторы. При этом образующиеся среднеактивные щелочные растворы взаимодействуют с породами пласта, значительно увеличивая его удельную активность и температуру, а также общее содержание солей. При хранении отходов из-за высокой радиоактивности наибольшую опасность представляют изотопы стронция-90, цезия-137 и плутония-241 (табл.3). Однако через 300 лет их место могут занять америций-241, плутоний-242, нептуний-237 и технеций-99. Так, если через три года хранения β -радиоактивность ^{99}Tc составляет лишь 0.1% от общей, то через 300 лет она может достигнуть 30—50%.

О химии актинидов известно достаточно много. Торий, нептуний и америций стабильны в окружающей среде в трех-, четырех-

© Хижняк Т.В., 2005

Таблица 1
Основные составляющие радиоактивных отходов

Свойства	
Уран	Обнаруживается в растворах выщелачивания, отходах при производстве и переработке ядерного топлива
Селен	Сопутствует урану в растворах выщелачивания
Торий	Продукт распада урана, отходы производства и переработки топлива
Радий	Низкоактивные отходы при добыче топлива, очень трудно перерабатывать
Плутоний	Образуется в реакторе (высокоактивный=ВА), отходы при переработке
Америций	Основной изотоп (ВА) при ядерном распаде ²⁴¹ Pu
Нептуний	Основная проблема ²³⁷ Np, образуется при распаде ²⁴¹ Am
Цезий	Продукт ядерного распада (ВА)
Стронций	Продукт ядерного распада (ВА)
Рутений	Продукт ядерного распада, создает проблемы при захоронении топлива, образует нитрозильный комплекс
Цирконий	Продукт ядерного распада с очень большим периодом полураспада, образуется при растворении покрытия топлива
Технеций	Продукт ядерного распада с очень длинным периодом полураспада, чрезвычайно мобилен в окружающей среде
Кюрий	Образуется в очень небольших количествах
Железо	Присутствует в избыточных количествах при переработке ядерного топлива, добавляется в PUREX процессе
Трибутилфосфат	Используется при переработке отработанного урана, а также при разделении урана и плутония. Используется повторно
Керосин	Растворитель для ТБФ. Часто образует эмульсию с водой
Карбонаты	Используется как моющее средство для удаления ТБФ, образует трудно удаляемые комплексы с актинидами
Сульфаты	Присутствует в больших количествах при добыче урана
Нитраты	Присутствует в огромных количествах при производстве и переработке ядерного топлива. Основной неорганический компонент отходов
EDTA и др.	Специально добавляется при очистке оборудования, образует очень сильные комплексы с актинидами, отвечает за мобильность и миграцию в окружающей среде

и пятивалентном состоянии. Четырехвалентные плутоний, торий, уран исследовать сложно, так как свободные катионы можно обнаружить лишь в кислой среде, а при более высоких значениях pH преобладают гидроксидированные формы. Кроме того, четырехвалентные, а также шестивалентные актиниды образуют устойчивые комплексы с различными лигандами. Так, наиболее стабильная форма урана в растворе — ион уранила (UO₂²⁺), а соответствующий ион плутония — плутоноил (PuO₂²⁺) — менее стабилен и легче восстанавливается.

Взаимодействия микроорганизмов с металлами или радионуклидами изучаются уже достаточно давно, поэтому их механизм во многом известен. Живые бактерии, грибы и актиномицеты способны не только к пассивной адсорбции или комплексообразованию на клеточной поверхности (табл.4, 5), но и к активной трансформации переменновалентных элементов. Например, множество микроор-

Таблица 2
Состав типичных низкоактивных отходов. Объем 1000 м³/день. Кислотность ≈300 мм ННО₃

Элемент/компонент	Концентрация, мг/л	Количество в день, кг	
NO ₃	17000	17000	
SO ₄ ²⁻	500	500	
Трибутилфосфат	30	30	
Керосин	30	30	
Fe	150	150	
Na	400	400	
K	30	30	
Ca	10	10	
Mg	10	10	
U	10	10	
Нуклид	Концентрация, мг/л	Концентрация, мкКи/л	Количество, Ки/день
⁹⁰ Sr	8,3·10 ⁻⁶	1.20	1.20
⁹⁸ Zr	1,0·10 ⁻⁷	2.20	2.20
⁹⁵ Nb	2,3·10 ⁻⁷	8.80	8.80
⁹⁹ Tc	2,9·10 ⁻²	0.50	0.50
¹³⁷ Cs	4,1·10 ⁻⁵	3.60	3.60
¹³⁴ Cs	6,3·10 ⁻⁷	0.84	0.84
²³⁷ Np	8,5·10 ⁻²	0.06	0.06
Pu-альфа	1,4·10 ⁻²	1.70	1.70
²⁴¹ Pu	6,4·10 ⁻⁴	64.00	64.00
²⁴¹ Am	4,8·10 ⁻⁵	0.17	0.17
¹⁰⁶ Ru	3,2·10 ⁻⁶	11.00	11.00
¹⁴⁴ Ce	3,1·10 ⁻⁷	1.00	1.00
⁶⁰ Co	3,9·10 ⁻⁷	0.43	0.43

Таблица 3
Основные радионуклиды отходов и их свойства

Нуклид	Период и тип полураспада, лет	Радиоактивность при захоронении, ТБк/ГВт-год
⁹⁰ Sr	28.5 (β)	9.60·10 ⁴
⁹³ Zr	1.5·10 ⁶ (β)	3.87
⁹⁹ Tc	2.1·10 ⁵ (β)	18.3
¹²⁹ I	1.6·10 ⁷ (β)	0.0338
¹³⁷ Cs	30.1 (β)	1.32·10 ⁵
¹³⁰ Cs	2.0·10 ⁶ (β)	0.42
²³⁴ U	2.4·10 ⁵ (α)	0.0129
²³⁵ U	7.0·10 ⁸ (α)	0.0245
²³⁸ U	4.5·10 ⁹ (α)	0.4120
²³⁷ Np	2.1·10 ⁶ (α)	0.3040
²³⁹ Pu	2.4·10 ⁴ (α)	438
²⁴⁰ Pu	6.54·10 ³ (α)	663
²⁴¹ Pu	14.9 (β)	1.7·10 ⁵
²⁴² Pu	3.8·10 ⁵ (α)	2.6500
²⁴¹ Am	433 (α)	170
²⁴³ Am	7400 (α)	22.5

Таблица 4
Взаимодействие микроорганизмов с металлами

Тип	Механизм
Живые клетки	Адсорбция или комплексообразование на клеточной поверхности
Клеточная суспензия или экстракты	Внутриклеточная аккумуляция
	Окисление или восстановление металлов
	Трансформация: метилирование или деметилирования
Мертвая биомасса	Образование неограниченных лигандов и осаждение металлов с ними
	Связывание металлов с экзополимерами
	Адсорбция или комплексообразование на клеточной поверхности
Продукты микробного происхождения	Осаждение металлов под действием ферментов
	Комплексообразование

Таблица 5
Сорбция U(VI) микроорганизмами

Тип биомассы	Организм	Извлечение, % от биомассы
Микроскопические грибы	<i>Aspergillus niger</i>	21.5
	<i>Aspergillus terreus</i>	0.1
	<i>Penicillium chrysogenum</i>	8–9
	<i>Mucor hiemalis</i>	7.1
	<i>Rhizopus oryzae</i>	3.4
Дрожжи	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	10–15
	<i>Candida albicans</i>	1.6
	<i>Rhodotorula glutinis</i>	3.6
Водоросли	<i>Chlorella regularis</i>	15.0
	<i>Dunaliella sp.</i>	0.02
Актиномицеты	<i>Actinomyces flavoviridis</i>	7.8
	<i>Streptomyces albus</i>	8.7
Бактерии	<i>Escherichia coli</i>	2.3
	<i>Citrobacter sp.</i>	900.0
	<i>Bacillus subtilis</i>	8.5
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	15.0
	<i>Micrococcus luteus</i>	7.5

ганизмов поглощают уран, а некоторые восстанавливают шестивалентный уран до четырехвалентного $U^{+6} \rightarrow U^{+4}$: одни используют в качестве донора электронов водород (*Micrococcus lactilyticus*, *Shewanella putrefaciens*), а иногда ацетат (*Geobacter metallireducens*), у одних работает фермент гидрогеназа (*Micrococcus bactilytocus*), у других — цитохром *c3* (*Desulfovibrio desulfuricans*, *Desulfovibrio vulgaris*, *Clostridium sp.*).

В реакциях железо-восстанавливающих бактерий с радионуклидами участвуют ферменты или двухвалентное железо, образующееся из Fe^{+3} -оксидов. Это очень важно, так как в этом случае микроорганизмы, изменяя валентность актинидов, обеспечивают возникновение комплексов, которые легко осаждаются в илах и осадках с активной биомассой, что делает их доступными для дальнейшей очистки. В некоторых случаях актиниды не восстанавливаются сразу, в одну реакцию (как, например, $U^{+6} \rightarrow U^{+4}$), но образуются катионы, более подверженные очистке. Так, бактерии *Shewanella putrefaciens* переводят сильно-растворимый комплекс NpO_2^+ в растворимый Np^{+4} , а затем с участием фосфат-генерирующей бактерии *Citrobacter sp.* формируется нерастворимый Np^{+4} -фосфатный минерал [2]. Некоторые исследователи предполагают, что Pu^{+5} трансформируется в Pu^{+4} под действием железо-восстанавливающих бактерий.

Как мы уже говорили, технеций относится к долгоживущим радионуклидам. Этот искусственный элемент и продукт ядерного распада урана (накапливается до 6%, период полураспада $^{99}Tc = 2.13 \cdot 10^5$ лет) может находиться в валентном состоянии от -1 до +7. При переработке ядерного топлива растворимый технеций присутствует во всех типах отходов в виде иона пертехнетата $Tc^{+7}O_4^-$, который практически не сорбируется почвами, горными породами и минералами и благодаря сво-

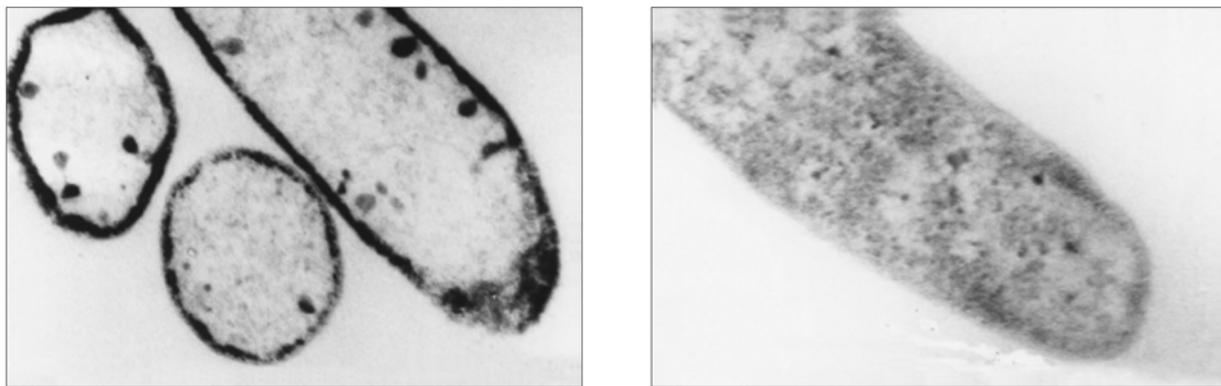


Рис. 1. Ультратонкий срез бактерий, выросших в присутствии (слева) и в отсутствие технеция в среде.

ей чрезвычайной подвижности способен накапливаться в биологических объектах. Однако восстановленные формы (Tc^{+6} , Tc^{+5} , Tc^{+4} и Tc^{+3}) хорошо поглощаются минералами (пирротинном, антимонитом) и органическими лигандами. Таким образом, зная форму существования технеция, можно предсказывать его долговременную стабильность и мобильность в окружающей среде.

Микроорганизмы по-разному относятся к наличию технеция. Несерные пурпурные бактерии чувствительны уже к его концентрации 1 мг/л, а представитель протококковых водорослей *Chlorella* не реагирует даже на 600 мг/л. У некоторых цианобактерий временно увеличивается уровень АТФ, а затем замедляется жизнедеятельность клетки. У гетеротрофных бактерий *Bacillus subtilis* технеций замедляет дыхание, у *Anabaena* sp. отрицательно влияет на азот-фиксацию, а при замещении Мо в нитрогеназе *Azotobacter chroococcum* инактивирует этот фермент.

Микробные превращения технеция интенсивно изучаются не так давно. Известно, что некоторые представители анаэробных бактерий, включая диссимиляторные металл-восстанавливающие (*Shewanella putrificiens*, *Geobacter metallireducens*) и сульфатредуцирующие (*Desulfovibrio desulfuricans*, *D.gigas*), а также некоторые другие бактерии (*Planococcus*, *Moraxella*, *Escherichia coli*, *Thiobacillus ferrooxidans*, *Thiobacillus thiooxidans*, *Pyrobaculum islandicum*, *Halomonas* sp., *Pseudomonas vanadiumreductans*, *P.isachenkovii*) восстанавливают пертехнетат ион $Tc^{+7}O_4^-$, окисляя органические вещества или H_2 , Fe^{2+} в нейтральной среде.

Л.Макаски и Дж.Ллойд изучили поведение технеция в проточной системе в присутствии гетеротрофных бактерий *E.coli* [3]. В нейтральной среде с помощью *E.coli* удалялось до 80% технеция от начального, а при увеличении скорости протока с 2 до 10 мл/ч — только до 20%. Авторы выяснили, что в восстановлении семивалентного технеция участвует ферментная система: Tc^{+7} -ре-

дуктаза — гидрогеназа 3 — формиат/ H_2 -лиазного комплекса [4].

В нашей совместной работе мы исследовали влияние сульфатредуцирующих бактерий в анаэробных условиях. В нейтральной среде в присутствии бактерий *Desulfovibrio desulfuricans* образовывался нерастворимый оксид TcO_2 [5]. Электронная микроскопия показывает, что восстановленный технеций осаждается по периферии клетки (рис.1). Бактериальные клетки при добавлении меди Cu^{+2} (яда периплазматических ферментов) не восстанавливают Тс, что говорит о вовлечении в этот процесс периплазматической гидрогеназы. В лабораторных условиях суспензия сульфатредуцирующих бактерий, иммобилизованная в мембранном биореакторе, осаждала значительные количества восстановленного технеция, а если донор электронов отсутствовал, то $Tc^{+7}O_4^-$ вымывался из биореактора неизменным (рис.2). Изученный нами штамм оказался эффективнее других бактерий и в проточной системе работал дольше, чем *E.coli* (рис.3). Это говорит о перспективности использования сульфатредуцирующих бактерий для очистки отходов от технеция.

Вместе с Н.Н.Медведевой-Ляликовой мы изучали также влияние ацидофильных тионовых бактерий *Thiobacillus ferrooxidans* и *T.thiooxidans* на $Tc^{+7}O_4^-$ [6]. Еще Т.Брок и Дж.Густафсон впервые установили способность этих бактерий к анаэробному росту при окислении молекулярной серы и трехвалентного железа. Мы использовали не только серу, но и семивалентный технеций. Радиоактивность раствора уменьшалась по сравнению с начальной (20—40 мг/л), причем в анаэробных условиях значительно сильнее. Интересно, что при замораживании культуральной жидкости образовывался коллоид коричневого цвета, в состав которого, как показал рентгеновский микроанализ, входят сера, железо и технеций. Предположили, что восстановленный тионовыми бактериями технеций как менее растворимый

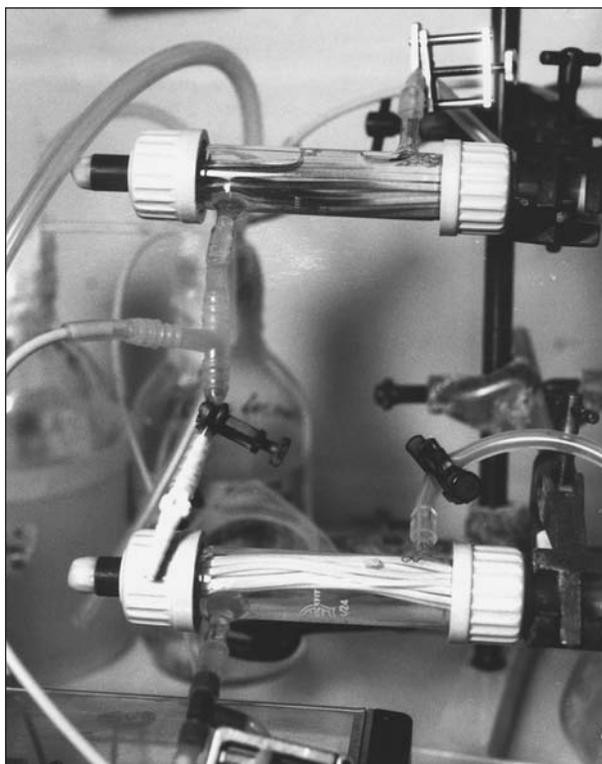


Рис.2. Осаждение восстановленного технеция сульфатредуцирующими бактериями в лабораторном биореакторе с донором электронов (вверху) и без него.

при замораживании отделяется. С помощью бумажной хроматографии выяснили, что в коллоиде присутствуют Tc^{+7} (11%), Tc^{+4} (27.5%) и Tc^{+5} (61.6%), а в культуральной жидкости — в основном Tc^{+7} (80%). Соотношение восстановленных форм технеция колебалось от опыта к опыту и зависело от времени культивирования. Так, в одном из экспериментов в коллоиде был преимущественно Tc^{+5} (91%). При добавлении серы как донора электронов около 70% пертехнетат иона восстанавливалось до четырех- и пентавалентных форм. Мы проверили, оказывает ли свое влияние технеций как тяжелый металл. Ацидофильные бактерии окисляли Fe^{+2} до Fe^{+3} вплоть до концентраций технеция 100—250 мг/л, что говорит об устойчивости этих бактерий по сравнению с другими.

Для восстановления семивалентного технеция в щелочных условиях мы использовали гетеротрофные галоалкалофильные бактерии рода *Halomonas*, выделенные из содовых озер Монголии, Египта и Америки. В присутствии этих бактерий в щелочной среде (рН 10) технеций находился в трех-, четырех- и пентавалентном состоянии [7]. В качестве доноров электронов бактерии можно использовать формиат, ацетат, лактат, метанол и этанол. Мы работали с концентрациями технеция, характерными для низкоактивных ядерных

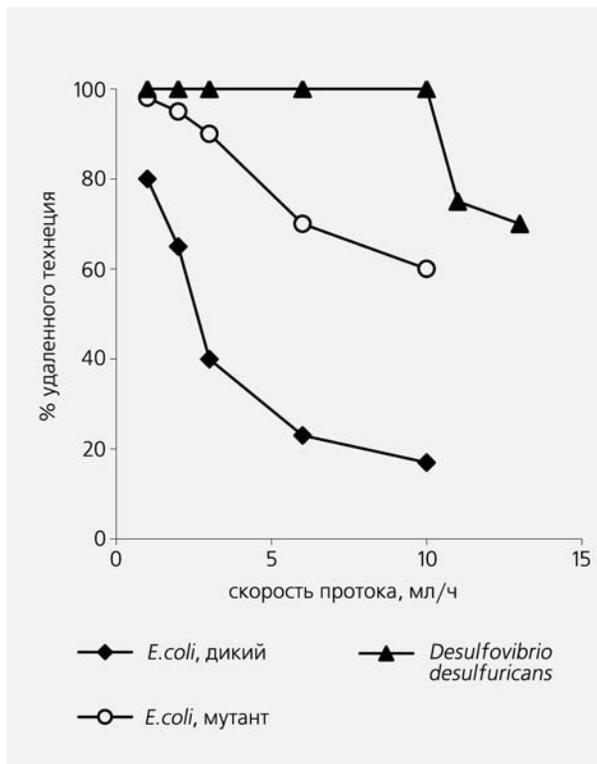


Рис.3. Кривые восстановления пертехнетата различными бактериями.

отходов (20—30 мг/л). Процесс протекал в две стадии: быстрой, когда в течение суток восстанавливалось 60%, и медленной, продолжающейся недели (в конечном итоге восстанавливалось около 80% технеция). Оказалось, что Tc^{+3} в присутствии кислорода мгновенно превращается в Tc^{+4} . Кроме того, мы впервые обнаружили, что в щелочной среде образуется отрицательно заряженный растворимый комплекс $Tc^{+4}O(OH)_3(CO_3)^-$.

Хорошо известно, что в разных странах некоторые районы страдают от загрязнения радиоактивными элементами. Например, технеций-99 найден в грунтовых водах в районе завода Хэнфорд, перерабатывающего ядерные отходы (США), а также в р.Рона ниже Маркульского ядерного центра (Франция). Нептуний-237 имеется в водной системе р.Снейк (штат Айдахо, США). Интересно было выяснить миграцию радионуклидов в условиях, приближенных к естественным.

Для таких экспериментов мы выбрали два характерных озера: эвтрофное озеро Белое Косино (Московской обл.) с высоким содержанием органики и безымянное дистрофное озеро из района Шатуры, в котором медленно разлагающийся органический материал представлен преимущественно в виде гуминовых и фульвокислот. Образцы ила и придонной воды отбирали батометром

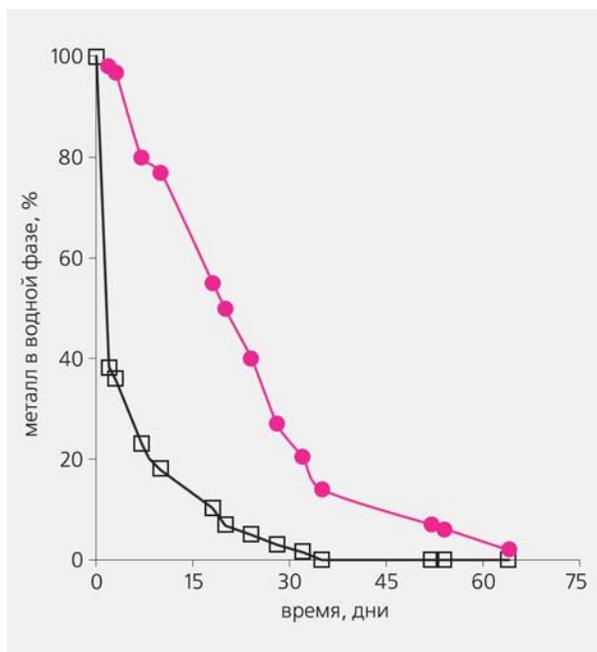


Рис. 4. Удаление технеция (цветная кривая) и нептуния илом пресноводного озера.

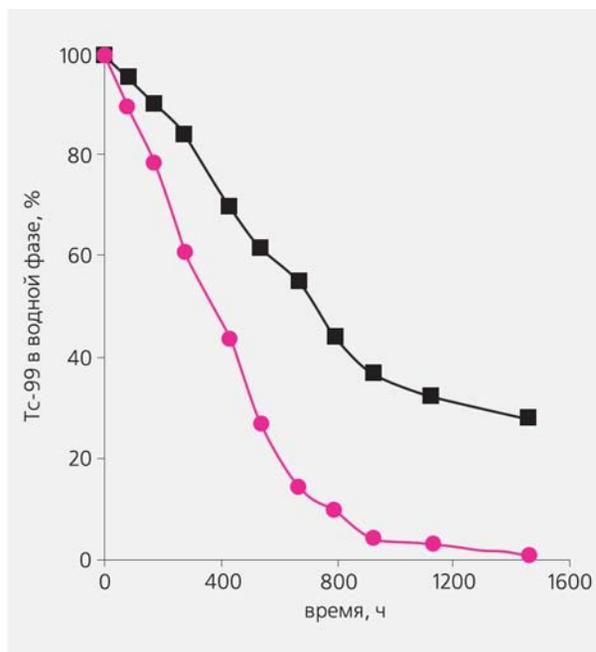


Рис. 5. Удаление технеция илами эвтрофного (цветная кривая) и дистрофного озер, $t = 15^{\circ}\text{C}$, $[\text{Tc}]_0 = 10^{-4}\text{ M}$.

Молчанова, затем культивировали в лаборатории без дополнительного освещения и перемешивания. Радиоактивность раствора периодически определяли в небольших порциях [8].

Выяснилось, что для нептуния, плутония и кюрия характерны две фазы поглощения: быстрая и медленная. Так, 60% и 50% нептуния сорбировалось в течение часа для эвтрофного и дистрофного озер соответственно, а на его полное поглощение уходило один и два месяца (рис. 4). Зная, что стерильный ил также сорбирует актиниды, следует выделять физико-химическую сорбцию (стерильным илом) и биологическую, которая, как мы обнаружили, превосходила физико-химическую и в наших опытах составила 62–66%.

В отличие от нептуния, поглощение технеция шло с постоянной скоростью: полностью он сорбировался за 1.5 мес в эвтрофном и за 2.5 мес в дистрофном озерах (рис. 5). Смешанная микробная популяция ила восстанавливала пертехнетат ион, что определялось по десорбции восстановленного технеция. В эвтрофном озере поглощение почти не зависело от температуры: при ее снижении с 22 до 6°C время выведения половины технеция увеличивалось с 16 до 18 дней. Присутствие дополнительного донора или акцептора электронов значительно влияло на поглощение технеция (рис. 6), что говорит о ведущей роли микроорганизмов в его трансформации. Так, добавление лактата или резаного тростника (дono-

ров электронов) ускоряло этот процесс: полувыведение технеция происходило в течение 10 дней вместо 20. Введение же сульфата или нитрата снижало поглощение технеция (его полувыведение

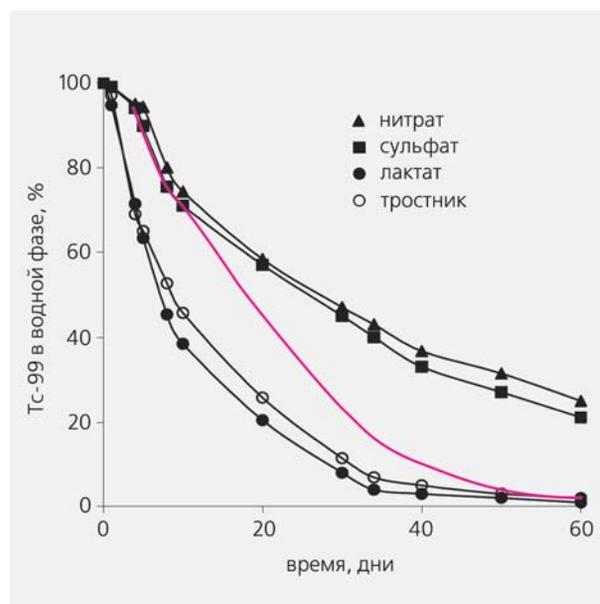


Рис. 6. Влияние субстратов на удаление технеция илом эвтрофного озера, $t = 22^{\circ}\text{C}$, твердая фаза — 0.035 мг/мл. Цветная кривая — сорбция илом (без добавок).



Рис.7. Удаление технеция стерильным (справа) и естественным илами.

увеличивалось до 30 дней вместо 20), поскольку создавало для микроорганизмов конкурентные взаимоотношения с пертехнетатом. После полутора месяцев стерильный ил сорбировал всего 2% пертехнетата, а в присутствии бактерий восстановленный технеций полностью поглощался

илом, водная фаза не содержала технеция, что позволяло развиваться сине-зеленым бактериям (рис.7).

Мы обнаружили, что илы пресноводного эвтрофного озера долго сохраняют поглонительную способность. В течение года технеций несколько раз добавляли в ту же емкость с илом, и каждый раз он сорбировался полностью [9]. Данный факт очень важен с точки зрения разработки эффективных, недорогих и экологически безопасных методов очистки радиоактивных растворов.

Как показали наши эксперименты, илы пресноводных озер разного типа активно сорбируют радиоактивные изотопы технеция-99, нептуния-237, плутония-239 и кюрия-244. За один летний сезон они поглощают 98–99% изотопов, причем основную роль здесь играют биологические процессы. Диссимиляторные железо-восстанавливающие, сульфатредуцирующие, тионовые и галоалкалофильные бактерии эффективно удаляли технеций из растворов. Однако в щелочной среде образуется отрицательно заряженный растворимый комплекс $Tc^{+4}O(OH)_3(CO_3)^-$. Этот факт необходимо учитывать в современной концепции микробиологической очистки. Мы считаем, что галоалкалофильные гетеротрофные микроорганизмы, обладающие широким спектром субстратов и устойчивостью к высоким концентрациям технеция, весьма перспективны для разработки биотехнологической очистки низкоактивных ядерных отходов. ■

Литература

1. Macaskie L.E. // CRC Crit. Rev. Biotechnol. 1991. V.11. P.41–112.
2. Lloyd J.R., Young P., Macaskie L.E. // Environ. Sci. Technol. 2000. V.34. P.1297–1301.
3. Lovley D.R. Environmental Microbe-Metal Interactions. Washington, 2000.
4. Lloyd J.R. // FEMS Microbiology Reviews. 2003. V.27. P.411–425.
5. Lloyd J.R., Ridley J., Kbizbniak T.V. et al. // Appl. Environ. Microbiology. 1999. V.65. №6. P.2691–2696.
6. Ляликова Н.Н., Хижняк Т.В. // Микробиология. 1996. Т.65. №4. С.533–539.
7. Kbijniak T.V., Medvedeva-Lyalikova N.N., Simonoff M. // FEMS Microbiology Ecology. 2003. V.44/1. P.109–115.
8. Хижняк Т.В., Герман К.Э., Фирсова Е.В., Медведева-Ляликова Н.Н. // Экологическая химия. 2001. Т.10. №4. С.233–237.
9. Герман К.Э., Фирсова Е.В., Перетрухин В.Ф., Хижняк Т.В., Симонова М. // Радиохимия. 2003. Т.45. №3. С.250–256.

«Ужасное потрясение» Европы

Лиссабонское землетрясение 1 ноября 1755 г.

*Несчастливый народ! Плачевная страна,
Где всех ужасных язв жестокость собрана!
...Здесь гибнет Лиссабон...*

Вольтер. Поэма на разрушение
Лиссабона. 1756

*Год 1755 преподнес такие явления Западной Европе., что нужно быть
готовым к еще большему, чем ужас и опустошение (от) выпущенной
стихийной силы, что должно привлечь внимание к осмыслению
внутренних законов крупных взаимосвязанных естественных процессов...*

Шнуррер. 1825

А.А.НИКОНОВ

Нас всех поразила цунами-катастрофа в Индийском океане в декабре 2004 г. Вообще в Индийском океане происходит всего 3% от общего числа известных цунами, но Суматринское поставило рекорд по числу жертв и объему убытков за многие столетия. В Атлантическом океане происходит 9% от общего числа цунами. Но и здесь есть свой «рекордсмен» с числом жертв больше, чем в Тихом океане за последние 100–200 лет.

Сильные землетрясения, даже разрушительные и с большим числом жертв, обычно забываются спустя 30–50 лет. О трагедии вспоминают к 50- и даже 100-летним годовщинам. Но есть катастрофы, в цивилизованном мире незабываемые. Именно такое событие случилось в Европе 250 лет назад. И.В.Гёте называл это землетрясение «ужасным мировым событием», М.В.Ломоносов писал о «жестокой Лиссабонской судьбине». Землетрясение поразило в первую очередь столицу Португалии, но всколыхнуло, можно сказать, всю Европу, в прямом и переносном смысле.

© Никонов А.А., 2005



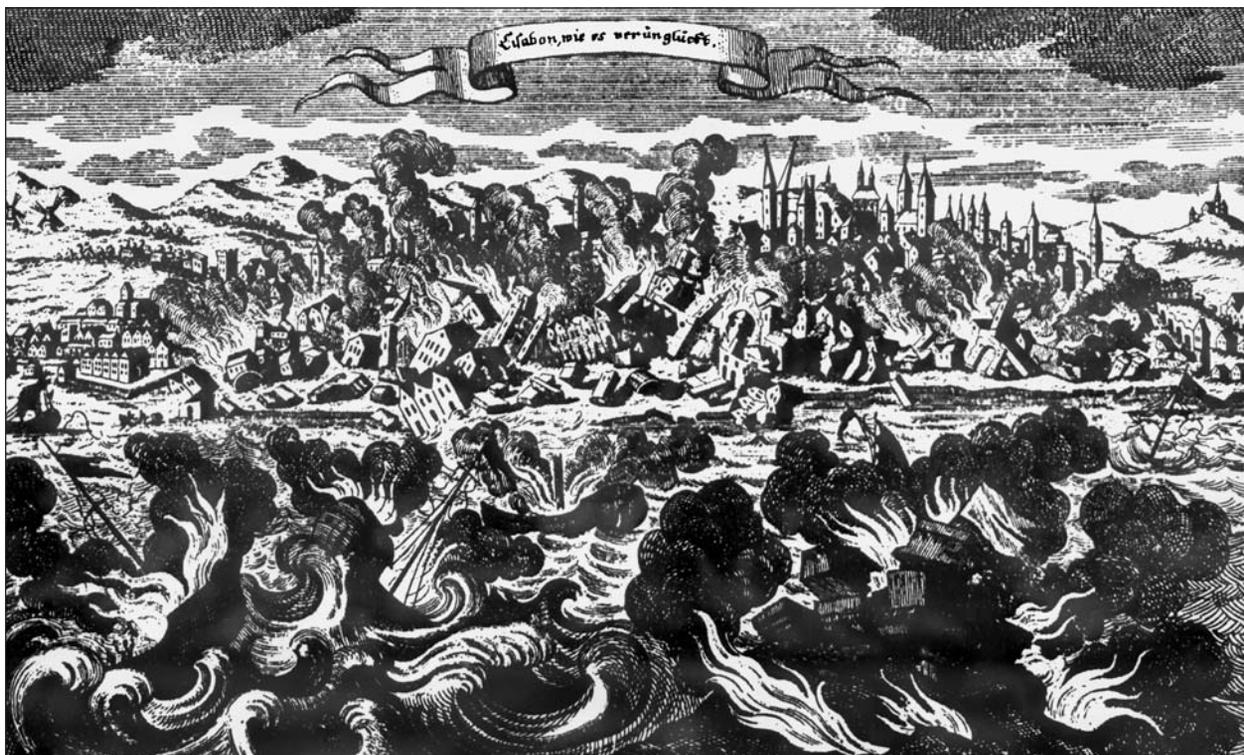
Андрей Алексеевич Никонов, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник Института физики Земли им.О.Ю.Шмидта РАН. Область научных интересов — сейсмо-тектоника, палеосейсмичность, природные опасности. Постоянный автор «Природы».

Небывалое ни до, ни после

По современным оценкам, магнитуа Лиссабонского землетрясения составила $M = 8.7$ (8.4–8.9), интенсивность $I = X$. Событие и в наше время попадает в разряд исключительных. Во-первых, это, конечно, поистине катастрофические последствия в самой Португалии. А во-вторых, — масштаб распространения колебаний. В 1992 г. в серьезном европейском издании писали о 40–50 тыс. жертв, хотя уже Ч.Лайель и И.В.Гёте знали о 60 тыс. погиб-

ших. Ныне лишь в Лиссабоне число жертв в 1755 г. оценивается в 60 тыс. человек, в соседних городах 6–8 тыс., в испанском торговом г.Аямонте и окрестностях погибло (от цунами) около 2 тыс. человек, до 8–10 тыс. погибло в одной только попавшей под оползень деревушке в Марокко. Жертвы в сельских местностях Португалии и Африки неизвестны.

Что касается распространения сотрясений, то они, как и сильнейший афтершок, значительно чувствовались в радиусе около 600 км. Вот как описывает,



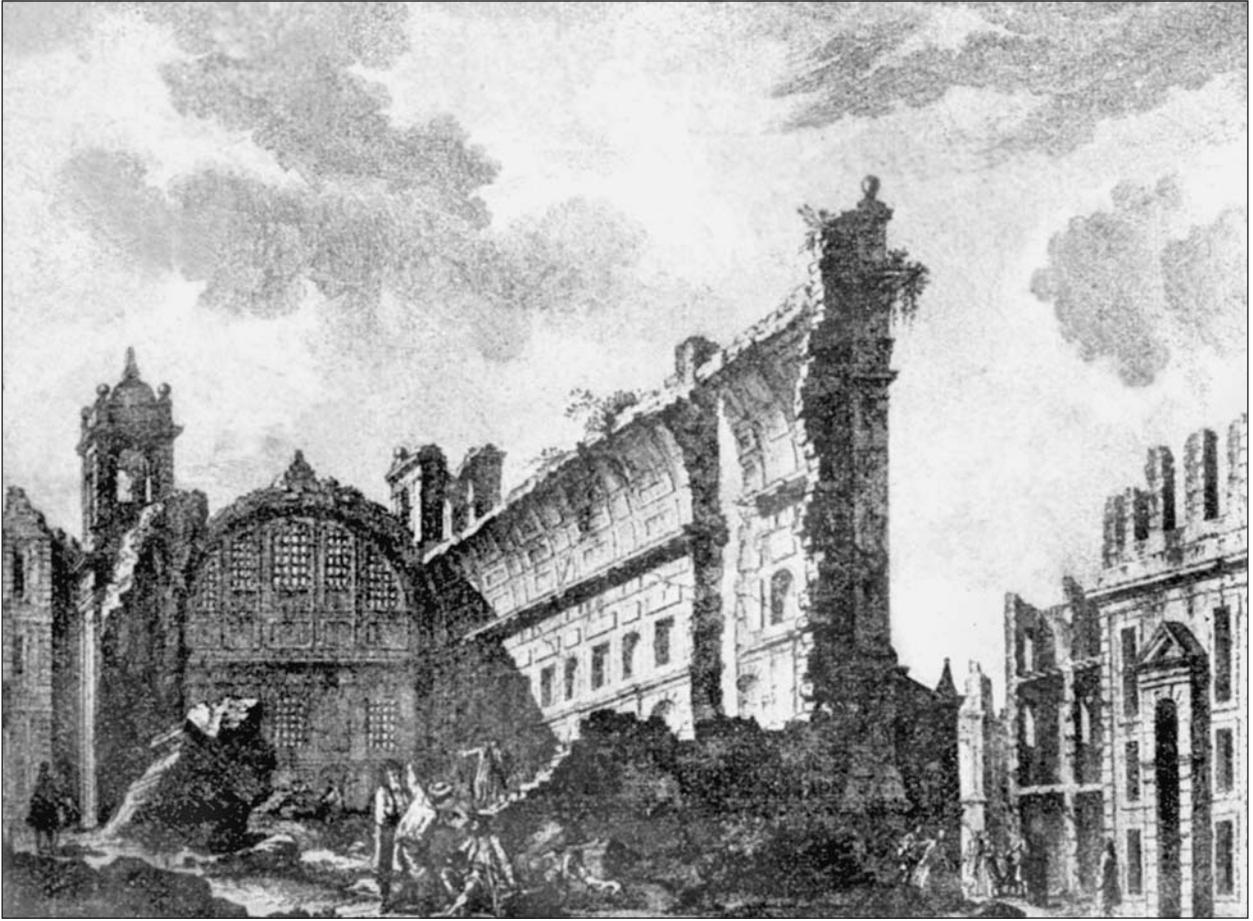
Все ужасы Лиссабона.

Старинная гравюра



Рушащийся город, пожары и загородный лагерь беженцев (на переднем плане) при посещении его королевской фамилией.

Французская гравюра [12]



Руины знаменитого лиссабонского оперного театра, имевшего богатейший интерьер.

По гравюре Ле-Ба, 1956 г.

например, проявление землетрясения в Венеции известный в то время авантюрист и ловелас Казанова. Находясь в тюрьме на площади Св. Марка, он стоял на чердаке, внезапно стал терять равновесие и увидел, как огромная балка повернулась, затем стала скачками двигаться обратно. При последующих колебаниях 4–5 с спустя стражники в испуге разбежались.

В Аахене, на западе Германии, висевший на стене образ Богородицы вдруг стал раскачиваться подобно маятнику. Даже в некоторых церквях Гамбурга, на севере страны, качались люстры. Удар чувствовали в Саксонии. Слабые колебания ощутили в Голландии. На реках и озерах в Северной Германии, Южной Швеции, Исландии за-

мечены волнения (сейши). О необычных приливах сообщалось с берегов Голландии, Ирландии, Англии, Норвегии. На Малых Антильских о-вах прилив (цунами) вместо привычных 0.7–0.75 м поднялся на 6 м. В одном из портов Ирландии волна закрутила в водовороте все суда и затопила рыночную площадь. Цунами были и на островах Атлантического океана. Да и сами сотрясения к западу и югу от Португалии достигли Азорских, Канарских о-вов и даже о-вов Зеленого Мыса, не говоря о Мадейре. Сотрясения, по оценкам, захватили площадь 2–3 млн км². И это при том, что эпицентр был далеко в море. А если бы он оказался ближе к берегу?

Набожную Европу поразили не только масштабы события во

всех его проявлениях, но возникновение его в День Всех Святых, к тому же во время главной утренней службы, когда церкви были полны прихожан. Не могло это расцениваться иначе, как Божье наказание.

С досадой и осуждением мы вспоминаем замалчивание последствий катастроф в нашей стране. Любопытно познакомиться, как вела себя португальская пресса в середине 18-го столетия. «Лиссабонская газета» от 6 ноября 1755 г.: «1-е число текущего месяца останется навечно в нашей памяти из-за землетрясения и пожаров, разрушивших большую часть города...»; от 13 ноября: «Среди ужасных последствий землетрясения <...> отметим разрушение высокой башни Томбо, где хра-

нились государственные архивы». Только-то.

Между тем масштабы бедствия были ясны (во всяком случае, в Лиссабоне) даже королю, жившему со своим семейством и двором за городом. Им пришлось провести день и ночь в каретах, без всякой охраны и пищи.

Что же случилось в городе?

Сейчас становится обязательной заблаговременная оценка риска сейсмических событий. Непременным компонентом ее служит знание ущерба от катастроф прошлого. С этой точки зрения интересно привести малоизвестные определения материальных потерь в самом Лиссабоне (см. табл.), сделанные сразу после землетрясения. (Напомним, что, потеряв главенствующую роль в Европе, Португалия в середине XVIII в. оставалась еще сокровищницей накопленных в былые времена несметных богатств, материальных и художественных.) А еще пропавший флот, церковные ценности, особенно в многочисленных монастырях. А как оценить гибель 18 тыс. (по другим данным — 70 тыс.) томов Королевской библиотеки, архитектурных шедевров средневекового города, богатейшего архива Португальского Королевства, древних рукописей и церковных архивов... В королевском дворце хранились 200 полотен Рубенса,

Корреджо, Тициана и др. В бесценной библиотеке — карты мира (в том числе древние портланы), инкунабулы (первопечатные книги до 1500 г.), собственноручная история Карла V (середина XVI в.). Молодой король Дон Хозе, потрясенный утерей своих богатств и могущества, спросил государственного секретаря о планах восстановления города. На что умудренный маркиз де Помбаль ответил: «Сеньор, мы должны похоронить мертвых и накормить живых».

А таковых в городе оставалось до 200 тыс.

Как это происходило

Был ясный солнечный день. Воистину светлый праздник — День Всех Святых. Бедняки потянулись к ранней заутрене, зажиточные горожане — к поздней. В десятом часу утра церкви, а их в каждом квартале были десятки, оказались полны народу.

Это началось в 9 ч 40 мин.

Капитан, оказавшийся в морском порту, наблюдал первый толчок. На его глазах каменные постройки Лиссабона медленно, величественно начали качаться из стороны в сторону «как пшеничное поле от легкого ветра».

В течение шести секунд (пока длился толчок) многие здания обрушились. Вскоре последовал второй, а затем и третий толчок. Стены домов раскачивались с запада (т.е. с моря) на восток. В почве возникли трещины.

Дальнейшее очевидцы были не в силах внятно описать. Первое письмо из разрушенного города отправил английский хирург Вольфальм не ранее 22 ноября. Оно пришло в Англию разве что к концу месяца. Сам автор случайно уцелел в числе четырех счастливых из 34 обитателей дома.

«Страшное зрелище мертвых тел, крики и стоны умирающих, до половины засыпанных развалинами, выше всякого описания; страх и отчаяние до того овладели всеми, что самые решительные люди не осмеливались остановиться на мгновение, чтобы сдвинуть несколько камней, придавивших самое дорогое им лицо, хотя многие могли быть спасены таким образом; но никто не думал о чем либо, кроме своего собственного спасения. <...> Число погибших в домах и на улицах несравненно меньше числа жертв, нашедших свою кончину под обломками церквей...» [1].

Людам, не переживавшим сильные землетрясения в большом городе, почти невозможно представить этот «армагеддон». Боевые генералы, прошедшие войну 1941—1945 гг., признавались, увидев уничтоженный в 1948 г. Ашхабад, что это совершенно несравнимо. Нам, даже видевшим подробности кошмаров в Нью-Йорке, Мадриде и Лондоне, не представить и отдаленно катастрофу не локальную, но всеобщую. И, заметим, ни спасательных служб, ни медицинской помощи, ни хотя бы минимальной информации, ни элементарного опыта поведения в ситуации ультрачрезвычайной. Голые животные инстинкты.

Инстинкт погнал живых не прочь из города, но ближе к воде, в надежде уйти на кораблях в море. Море будто поджидало несчастных.

Через 20 мин, как раз когда на набережной собрались толпы страждущих, пришла первая волна высотой 12—15 м. А затем произошел провал новой Лисса-

Таблица

Материальные потери в г. Лиссабоне после землетрясения 1755 г.

Группы ущерба	Убытки, в млн реалов
Разрушение королевского дворца, оперного театра, таможни и ряда особняков	100
Разрушение 12 тыс. частных домов	14
Потери казны и частных лиц от гибели и повреждения интерьеров, имущества	100
Пропавшие драгоценности	800 (млн зол. франков)

бонской набережной вместе со скопившейся на ней после первого толчка массой народа. Свидетельства скудны и не во всем достоверны, но безусловно речь идет о крупном оползне прибрежного участка во время второго толчка, т.е. в 10 ч утра. И это вполне обычно в сейсмических ситуациях в прибрежных районах. Но это еще не все. Через три часа после сокрушительных толчков из-за открытого огня на кухнях и в алтарях многих церквей и молельных мест возникли загорания, которые благодаря сильному ветру и умышленным поджогам мародеров быстро переросли во всеобщий пожар. О тушении огня нечего было и думать, и он бушевал в городе пять суток. Развалины тлели еще столько же. «Казалось, природа хотела повсюду похвастать своим необузданным произволом» [2. С.2].

«Как только мы пришли в состояние рассуждать, смерть была единственной вещью, которая представлялась нашему воображению. Страх голода был ужасный» [1]. Лиссабон был складочным местом хлеба для всей округи на 50 миль. Пожар уничтожил запасы. Начались грабежи. По повелению короля по городу расставили действующие виселицы. Тела 200 грабителей придержали остальных. Маркиз де Помбаль знал не только что сказать королю, но и что делать.

Три недели спустя один из жителей вернулся в западный квартал Лиссабона, после чего записал: «Никакого признака улиц, проходов, площадей и т.д. Только холмы и горы дымящихся развалин» [1]. Из 20 тыс. домов осталось менее 3 тыс. пригодных для жилья. Безвозвратно погибло 32 церкви, более 75 часовен, 31 монастырь, 53 дворца. Продовольственная помощь пришла из Англии только к концу декабря.

Между тем в течение ноября и декабря толчки повторялись. Сначала ежедневно, затем через несколько дней. Отдельные из

них продолжали разрушения. Самый сильный афтершок случился 9 декабря, он ощущался по всей Португалии, в Испании, Северной Италии, Южной Франции, Швейцарии и Южной Германии. Несколько раз за толчками следовали возмущения вод реки Тахо и затопление ее берегов. То же случилось в первом квартале 1756 г. Вообще сейсмическая активность в районе продолжалась 10 мес, но возобновлялась и позже, вплоть до 1762 г. Вот какое донесение от 16 ноября 1761 г. из Лиссабона опубликовано в газете «Санкт-Петербургские ведомости»: «Почти ни единого дня не проходит, в котором бы мы не чувствовали здесь землетрясения. Мы не имеем причину сомневаться, что с первого дня ноября месяца 1756 г. [ошибка, правильно 1755 г. — А.Н.] возгоревшаяся подземная материя и поныне под ногами нашими тлеет».

Не менее 16 городов Португалии подверглись разрушениям в разной степени. Разрушения были и в западной части Испании — в Севилье, Малаге, Аямонте, Альбуфьере. Ближайший к Лиссабону г.Сетубал наполовину оказался разрушенным землетрясением и полностью уничтожен последовавшими цунами (известие принесли моряки голландского судна). В г.Фару разрушения и затопление повлекли за собой 3 тыс. смертей. Цунами возникли и продолжались во многих прибрежных местах Испании. В городе Кадис (Гадиз) был затоплен целый квартал. Погибло около 200 человек. В горах появились крупные трещины, а на побережьях возникли скальные обвалы. О подобных явлениях сообщали и с Гибралтара, и из Марокко.

Воздействие на умы

Просвещенные люди Европы, в первую очередь философы и натурфилософы, не могли

не откликнуться на такого масштаба катаклизм. Конечно, книги о землетрясениях и сейсмические каталоги выпускались время от времени и раньше, но после Лиссабона они стали появляться одна за одной. Работая в свое время в некоторых крупных библиотеках европейских городов, я был сильно удивлен множеством неизвестных у нас тогда, да и доселе, изданий сейсмологического толка на португальском, испанском, итальянском, старонемецком и английском языках. В 1757 г. вышла книга «The History and Philosophy of Earthquakes», а также «Memoires Historiques et Physiques sur les Tremblements de Terre» Е.Бертрана [3]. Не мог пройти мимо лиссабонских событий и отец геологии Чарльз Лайель. Землетрясения тогда числились не по разряду явлений физических и геологических, но рассматривались скорее в категориях философских. Соответственно назывались и трактаты о них. В основном авторы обращались к классическому представлению о четырех стихиях природы. Проявления трех из них — земли, воды и огня — для нас очевидны. В середине XVIII в. очевидной была и четвертая — стихия воздуха. Еще господствовала античная идея об обусловленности землетрясений прорывами к поверхности масс воздуха из подземных пустот. Иммануил Кант (1724—1804), собравший и рассматривавший сведения о Лиссабонском землетрясении именно с этой позиции, вынужден был усомниться в справедливости господствовавших представлений, оказавшись перед фактом осознания события не только в Центральной Европе, но и в Северной Германии, т.е. на расстоянии 2000—2300 км [4]. Устами своего персонажа философа Панглоса Вольгер дал образчик господствовавших тогда представлений: «несомненно от Лимы [где перед этим возникло сильное землетрясение. — А.Н.]

до Лиссабона существует серпантинная залежь. Я утверждаю, что это вполне доказано» [5]. Понадобилось еще более 100 лет и немало землетрясений, прежде чем получила развитие теория сейсмических волн.

Для философов века Просвещения катастрофа стала поводом к подтверждению своих идей или (для большинства) — к смятению и уходу из романтизма в прагматизм. Разрушенным виделся не только Лиссабон, но вообще прошлое. Разрушенным оказался оптимизм, настоящее представлялось неопределенным. О будущем думать не приходилось. Вольтер писал несколько позже [6]:

*Забит и Лиссабон, сметенный
гулкой бездной.
И тридцать городов, вдруг
превращенных в тлен...
Все судьбы нам темны,
и горестна любая.
Не знаем ничего, бесплодно
вопрошая.
Природа, в немоте, ответов
не дает.
Нам, смертным, нужен Бог,
глаголящий с высот.*

Даже те, кто знают о существовании у Вольтера поэмы о гибели Лиссабона, вряд ли помнят, что она имеет подзаголовок «или проверка аксиомы “все благо”». Сама поэма написана философом именно в опровержение распространенного тогда постулата «Все благо, что ниспосылается нам сверху».

*Над страшным зрелищем
останков их чадающих
Посмеете ль сказать: так повелел
закон, —
Ему сам Бог, благой и вольный,
подчинен?*

Вольтер высмеял философов, провозглашавших: «отдельные несчастья создают общее благо, так что чем больше таких несчастий, тем лучше» или «если вулкан находится в Лиссабоне, то он и не может быть в другом месте; невозможно, чтобы что-то было не там, где должно быть, ибо все хо-

рошо» [5]. У трезво мыслящих людей не могла не зародиться мысль: «Бог, творец и хранитель неба и Земли, изображавшийся мудрым и милостивым в первоначальных учениях веры, поступил в этом случае вовсе не по-отечески, поразив одинаково гибелью и добрых, и злых» [2].

Сегодня нас не нужно убеждать, что сейсмическая жизнь Земли продолжается, вызывая непрерывные потрясения. Но в XVII–XVIII вв. господствовали совсем иные представления, и Ч.Лайелю потребовались не только знания, но и научная смелость, чтобы после Лиссабонского землетрясения открыто заявить, что перед лицом «этих ужасных катаклизмов нет оснований считать, будто земля пришла в состояние покоя».

Тот самый маркиз де Помбаль, который столь откровенно преподнес королю в первые дни катастрофы урок человечности и государственного мышления, имеет заслуги и перед сейсмологией (хотя таковой никогда не занимался). Именно он издал указ о распространении по церковным приходам опросных листов по землетрясению. Кажется, это был первый в Европе и мире опыт такого рода вопросников. Современные сейсмологи свидетельствуют о полноте и разносторонности вопросов, почти не уступающих их нынешним аналогам. Именно благодаря тем документам, сохранившимся в национальном архиве, португальский сейсмолог Перейра де Соуза 170 лет спустя смог издать наиболее полный из существующих 471-страничный трактат о катастрофе в Лиссабоне. В нем он, между прочим, писал: «Незнание естественных наук, суеверие, неумение жителей оказывать помощь друг другу и бездействие полиции усилили страх, породили безумие и сильно увеличили число жертв». В Испании Королевская академия истории в течение года собирала подробные сведения о событии, охватив

три тысячи населенных пунктов (факт поразительный и для нашего времени). И именно эти сведения позволили современным исследователям составить репрезентативную макросейсмическую карту [7].

Уже современники понимали, что землетрясение «родилось» не на суше, а где-то в пучинах соседнего океана. На это указывали и пришедшие с Атлантики губительные волны и, хотя и единичные, но выразительные рассказы капитанов судов, случайно оказавшихся в относительной близости к португальскому побережью. Один из капитанов, корабль которого утром 1 ноября находился в 50 лье (220–280 км) от Лиссабона, сообщил: судно получило столь ощутимый удар, что сильно пострадала палуба. На другом корабле в открытом море толчок подбросил людей, находящихся на палубе, более чем на полтора метра. Такие нешуточные удары корабли могли испытывать только в эпицентральной области. Теперь мы знаем и ряд других указаний на подводное положение очага примерно в 300–350 км от Лиссабона.

С сейсмологической точки зрения важен факт, в свое время неосознанный, но ныне известный и понятный. Лиссабонское сейсмическое событие породило не только долгую серию афтершоков, но и так называемые спровоцированные самостоятельные (хотя и несоизмеримо более слабые) землетрясения на удалении сотен и тысяч километров. Например, в Швейцарии, Италии, Франции, и, похоже, в Германии и Швеции, даже в Англии и Шотландии. Теперь мы понимаем, что земная кора огромного и геологически разнородного региона на долгое время вышла из состояния покоя. Тогда все последующие местные толчки связывали с основным событием непосредственно, не очень считаясь со временем их возникновения.

А предвестники-то были

«Началось все без всяких предварительных признаков» — так написано в целом ряде солидных изданий вплоть до последнего времени. Но это не так.

«С 1750 г. было меньше дождей, чем обычно, но весной 1755 г. тем больше выпало осадков. Лето 1755 г. было необыкновенно холодным. Накануне в 4 ч пополудни с моря в долины проник туман. Солнечное освещение, обычно обильное в это время года, тогда очень редко появлялось. Затем поднялся восточный ветер, туман обратно в море унесло, где он лежал очень плотно. Море при этом поднималось с оглушительным шумом. Вокруг Колареса в 20 английских милях севернее Лиссабона в эти дни высохли многие колодцы. Другие, напротив, изливали/выбрасывали с силой воду. Около полуночи [т.е. примерно за 10 ч. — А.Н.] в Лиссабоне уже ощущали легкие сотрясения» [8]. Теперь известно, что погодные аномалии, в том числе долговременные, предшествуют сильнейшим землетрясениям. Гидрогеологические предвестники также неплохо изучены.

После серии толчков в 1750, 1751, 1752 гг. землетрясения в Португалии прекратились. Тогда этого не заметили, ныне же мы можем говорить о характерном сейсмическом затишье.

Перед первым толчком слышался раскатыстый гул, достигавший силы канонады. Новые исследования, в том числе и с помощью опросных листов, присланных по требованию маркиза де Помбала, выяснили, что предвестниковые явления в Португалии и Испании отмечались на значительной территории — в радиусе до 600 км. За несколько месяцев до события в одной из скважин вода приобрела неприятный запах; за восемь дней — пресмыкающиеся вылезали из нор; за несколько дней и накануне прои-

зошли изменение уровня и помутнение воды в колодцах, отмечались газовые выбросы, необычное поведение животных.

При событиях экстремально-го масштаба и весьма удаленные предвестники могут быть достаточно информативны. В большинстве публикаций 19-го и 20-го столетий о Лиссабонской катастрофе упоминается необычное оживление знаменитого целебного источника в курортном городе Теплице (Чехия). Много раз отмечалось, что источник внезапно выбросил огромное количество воды, так что ванны оказались переполнены. Произошло это между 11 и 12 ч 1 ноября, т.е. с учетом разницы во времени как раз тогда, когда случилось землетрясение. Само оно, кстати, в Теплице не ощущалось, хотя гораздо севернее (на северном побережье Германии) замечено в нескольких пунктах. Если же обратиться к первоисточнику (сообщение святого отца Степлина), то обнаружится нечто до сих пор незамеченное. За полтора часа до необычного излияния вода в источнике взмутилась и стала вытекать с илом, потом на минуту полностью прекратила течь, затем с чудовищной силой пошла вновь, предварительно выбросив красноватые частицы окисного железа. Впоследствии вода потекла нормально и стала чистой, но более горячей и насыщенной лечебными компонентами. Подобные флуктуации дебита и состава воды источников теперь неплохо изучены в качестве предвестников землетрясений. Считается, что они отражают резкие изменения напряжений в земной коре, в том числе и на больших расстояниях.

Лиссабонский феномен сегодня

Чем же выделяется давнее Лиссабонское землетрясение, чтобы оставаться актуальным спустя 250 лет? Конечно, огромной мощностью, размерами че-

ловеческих потерь и ущерба, обширностью области распространения, последствиями в разных сферах человеческой деятельности. Оставаясь столь долго сильнейшим сейсмическим событием в Европе, Лиссабонская трагедия, будучи спроектированной на современную жизнь, поможет создать сценарий (пусть исключительный, но не невозможный) экстремальной ситуации, и время к подобной ситуации подготовиться.

Для сейсмологов особенно важно, как именно развивался сейсмический процесс и в ближней зоне, и в удаленной. После того, что мы узнали об исключительном по силе воздействия и распространению цунами в Индийском океане 26 декабря 2004 г., нельзя не вспомнить и о Лиссабонском 250 лет назад как о некоей модели цунами в океане Атлантическом. Ретроспективное рассмотрение многих землетрясений показывает (и Лиссабонское в этом отношении не исключение) — сейсмические катастрофы не возникают на голом месте. Они предопределены по местоположению и предваряются нарастающими по числу и силе предвестниками.

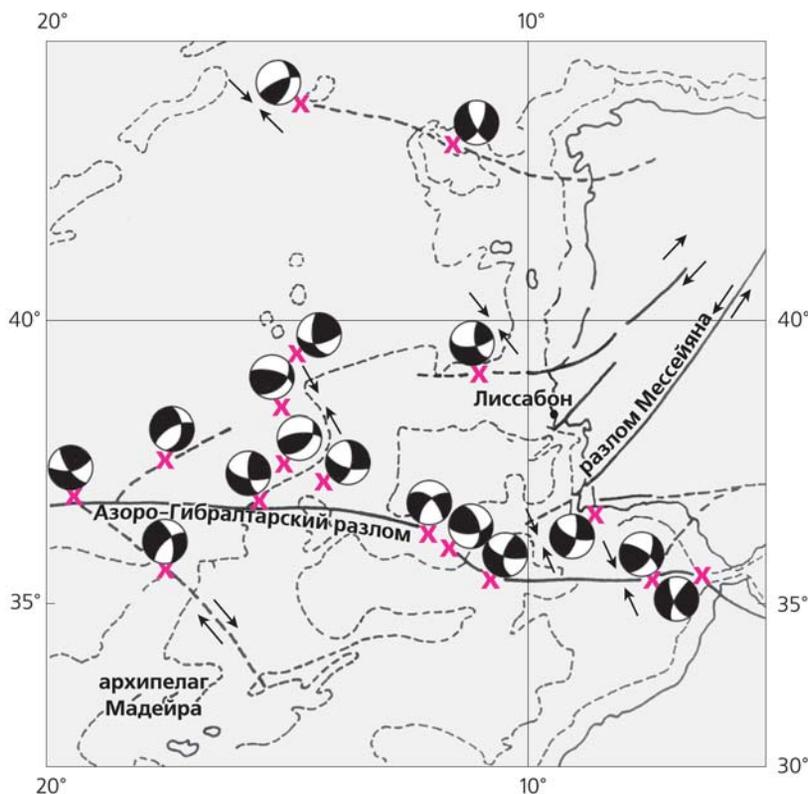
Лиссабонский феномен дал импульс к проведению специальных обследований с целью познать не только природные явления, но их социальные последствия. В Португалии это произошло в виде сбора сведений путем опросных листов, в Испании — усилиями специально образованной комиссии. Ныне и то, и другое в порядке вещей. В XVIII в. катастрофу пытались осмыслить И. Кант и другие натурфилософы. Впоследствии ученые обращались к Лиссабонскому феномену снова и снова. Так было и в XIX в. [8, 9], и в XX [10, 11]. Каждый раз исследователи находили новые черты и могли их объяснить лучше, чем предшественники. На очереди XXI в.

Несколько публикаций появилось совсем недавно. Какой



Карта изосейст Лиссабонского землетрясения в пределах Иберийского п-ова [7, 13]. Звездочкой показан эпицентр землетрясения.

раз подтверждается мудрость — кто не знает прошлого, не может владеть будущим. За прошедшие 250 лет произошло немало сейсмических событий в Атлантике, в том числе в относительной близости к берегам Португалии. В XX в. они фиксировались инструментально в 1931, 1939, 1941, 1969, 1975. Предпоследнее рассматривается теперь как уменьшенная модель землетрясения 1755 г. Выяснились два важных факта. Во-первых, эпицентры выстраиваются в цепочку, направленную широтно от Срединно-Атлантического хребта в сторону Гибралтара, и, во-вторых, механизмы очагов в западной части зоны обнаруживают правосдвиговые смещения, тогда как ближе к португальским берегам в очагах преобладает поперечное взбрасывание. Ныне очаг землетрясения 1755 г. соотносят с участком пересечения главной широтной зоны разломов с оперяющим разломом Мессейяна, тянущимся в северо-восточном направлении к Иберийскому п-ову. Точное положение эпицентра установить невозможно, но принципиально важно знать, что примерно в 300–350 км от него на португальском берегу максимально зарегистрированные сотрясения достигали X баллов. Это значит, что в эпицентре они должны были соответствовать XI баллам (если не более).



Батиметрия, основные разломы, а также землетрясения (показаны кружками), произошедшие вблизи Португалии [13]. Крестиками обозначены эпицентры сильнейших землетрясений за последние 60 лет.

Что касается цунами, то до сих пор обращали внимание на волну, пришедшую к берегам Португалии через 20–30 мин после первого толчка. В наиболее разрушенных береговых пунктах позднейшие события на море заслонялись земными насущными проблемами. Но вот

в менее потрясенных областях, в частности на северо-западе Иберийского п-ова, в Галисии, заметили и последующие возмущения моря. В полдень его уровень поднялся как никогда прежде и затем поднимался и опускался 7 раз. А в 6 ч вечера того же дня не было обычного прилива. Позднее поверхность моря опустилась ниже уровня воды в устьях местных рек. Необычные волны замечались до 10 ч утра следующего дня, т.е. целые сутки. Важно подчеркнуть, что наиболее сильные толчки после первого, утреннего, произошли как раз в полдень и в 6 ч вечера. Это значит, что последующие цунами почти наверняка связаны с ними.

В порту Кадис, недалеко от Гибралтара (т.е. на южном фланге сильно потрясенной области), вздутие моря при полном штиле отнесли к 11 ч утра. По всей вероятности, это было то же цунами, последовавшее за полуденным толчком (дело

только в разнице во времени). Водяной вал набросился на парапет оборонительной стены города, обрушил ее, отнес стонные обломки стены на 150 м, после этого затопил нижнюю часть Кадиса и соседний городок Конил. Поднятия и опускания уровня морских вод до двух метров отмечались и в Гибралтаре, где они тоже продолжались до следующего утра. Так выявляется связь цунами с основными толчками первых суток. При сильных афтершоках в последующий период они также повторялись.

История изучения далекого по времени выдающегося сейсмического события, как, впрочем, и ряда других сейсмических катастроф прошлого, показывает, что землетрясения более чем столетней давности можно познать и понять на современном уровне. А значит, и использовать в нынешних оценках сейсмической опасности и отчасти в прогностическом

аспекте. Определить места будущих катастроф и признаки их приближения сейчас вполне возможно.

Во многих городах континентальной Западной Европы тогда колокола сами устроили заочный поминальный звон, прежде чем жители узнали о его причине. Вот уж поистине «не спрашивай, по ком звонит колокол»... Нам, 250 лет спустя, отзвуки Лиссабонской катастрофы слышатся как набат, предостерегающий и мобилизующий.

P.S. Если окажетесь в Лиссабоне, найдите памятник маркизу де Помбалу, восстановителю города после катастрофы и нашему помощнику в деле сейсмического познания. Поклонитесь, сфотографируйте и привезите фото в Россию. Мы его опубликуем вместе с удивительно современным вопросником маркиза. Для памяти и для пользы отечественной сейсмологии. ■

Литература

1. Письма о переворотах земного шара. Сочинение А. Бертрона. СПб.; М., 1867.
2. Гёте И.В. Поэзия и правда моей жизни. Собр. соч. Т.10. СПб., 1880.
3. Bertrand E. Memoires Historiques et Physiques sur les Tremblements de Terre. Paris, 1757.
4. Kant I. Geschichte und Naturbeschreibung der merkwürdigsten Vorfälle des Erdbebens? Welches an dem Ende des MDCCLV Jahres einen grossen Theil der Erde erschüttert hat. 1756. Samtliche Werke. 1839. V.6. S.227—280.
5. Вольтер. Кандид, или Оптимизм // Философские повести. М., 1985. С.153—242.
6. Вольтер. Поэма о гибели Лиссабона // Избранные произведения. М., 1938. С.426.
7. Solares M., Lorenz Arroyo A., Mezcuca J. // Tectonophysics. 1979. V.153. P.301—313.
8. Hoff v.К.Е.А. Chronik der Erdbeben and Vulcan-Ausbrüche. I Theil. Gotha, 1840. S.426—427.
9. Perrey A. Sur les tremblements de Terre de la penensule Iberique. Lion, 1847.
10. Reid H.F. The Lisbon earthquake of November 1, 1755 // B.S.S.A. 1914. V.IV. №2. P.53—80.
11. Davison Ch. Great Earthquakes. L., 1936.
12. Kozak J., Thompson M.S. Historical Earthquakes in Europe. Zurich, 1991.
13. Moreira V.S. Historical tsunamis in mainland Portugal and Azores — case histories // Tsunami in the World. 1993. P.65—73.

Сколько весит самая маленькая звезда?

В.Г.Сурдин,

кандидат физико-математических наук

Государственный астрономический институт им.П.К.Штернберга
Москва

Долгожданное открытие чрезвычайно массивных планет-гигантов за пределами Солнечной системы, а также коричневых карликов — объектов переходного типа, пограничных между звездами и планетами [1], побудило астрономов внимательно изучить самые легкие звезды, которые примыкают к этим двум типам космических тел. Особый интерес к таким «промежуточным» объектам вызван желанием понять, при каких условиях в недрах небесных тел начинают протекать термоядерные реакции, дающие энергию обычным звездам. Такие условия как раз имеются у самых легких звезд.

К сожалению, заглянуть в недра звезды ученые пока не могут, поэтому приходится создавать теоретические модели, позволяющие рассчитать температуру и давление вещества в недрах звезды, основываясь на ее внешних параметрах — массе, размере и светимости (т.е. полной мощности излучения). Если модельные параметры звезды согласуются с наблюдаемыми, то, скорее всего, и ее внутренняя структура соответствует модели. Однако измерить и «взвесить» реальную звезду не так-то просто. Астрономы уже научились весьма точно изме-

рять светимость звезд по их видимой яркости и удалению от Солнца. Но вот определить массу и размер крохотной звезды — задача непростая.

К счастью, далеко за такими звездами ходить не надо: карликовые светила составляют наиболее типичное население нашей Галактики. Правда, большинство из них из-за малой яркости остаются незамеченными, но и среди близких к нам звезд немало карликов. А приятная неожиданность заключается в том, что ближайшая к Солнцу звезда — Проксима Кентавра (спутник двойной звезды Альфа Кентавра) — оказалась одной из самых маленьких среди известных звезд. Расстояние до нее всего 4.22 св. года. Тем не менее невооруженным глазом она не видна, поскольку имеет блеск всего в 11 звездную величину и, следовательно, доступна только телескопу. Это неудивительно, ведь ее светимость в 150 раз ниже, чем у Солнца. Температура поверхности Проксимы около 3000 К, что вдвое ниже солнечной. Расчеты показали, что эта звезда едва-едва способна к нормальным термоядерным реакциям, превращающим легкий изотоп водорода в гелий. Поэтому астрономам чрезвычайно важно изучить ее детально.

Такая возможность впервые представилась три года назад,

когда в Южном полушарии Земли был введен в строй мощный комплекс 8-метровых телескопов VLT (Very Large Telescope) Европейской южной обсерватории (ESO), работающих в режиме оптического интерферометра. Способность нескольких телескопов складывать в одном фокусе собранный ими свет резко повышает угловую разрешающую способность такой системы, т.е. четкость получаемого ею изображения. Чем больше расстояние между телескопами, тем выше четкость. У Интерферометра VLT (VLTI) максимальное расстояние между инструментами достигает 202 м. И хотя в конце 2002 г. система работала еще не в полную силу и ее оптическая база составляла около 103 м, впервые с ее помощью удалось различить размеры дисков ближайших к нам звезд-карликов [2].

Оказалось, что видимый диаметр Проксимы равен 1.02 ± 0.08 мс дуги. Для сравнения: под таким углом виден с Земли астронавт на Луне или же булавочная головка на поверхности Земли с борта Международной космической станции. Зная расстояние до Проксимы, легко вычислить, что ее линейный радиус составляет 100 тыс. км, т.е. она в семь раз меньше нашего Солнца.

© Сурдин В.Г., 2005

К сожалению, столь же точно измерить массу Проксимы Кентавра будет значительно сложнее, поскольку рядом с ней нет звезды, на которую она могла бы заметно воздействовать своим тяготением (двойная звезда Альфа Кентавра расположена очень далеко и практически не замечает присутствия маленькой Проксимы, хотя сама держит ее «на привязи»). Оценки показывают, что масса Проксимы составляет всего 15% от массы Солнца, т.е. она приблизительно в семь раз легче Солнца. Это характерно для маломассивных звезд (к которым относится и наше Солнце): их размер приблизительно пропорционален их массе. Теория внутреннего строения звезд указывает, что так и должно быть, если звезды целиком состоят из нормальной плазмы, близкой по упругости к идеальному газу. Однако с уменьшением массы звезды все более заметную роль в ее недрах начинают играть квантовые эффекты, которые делают вещество «вырожденным» и увеличивают при этом его упругость. У таких объектов (а это наилегчайшие звезды, коричневые карлики и планеты-гиганты) размер практически перестает зависеть от их массы. К примеру, Юпитер в 150 раз менее массивен, чем Проксима Кентавра, но всего лишь в 1.5 раза меньше нее в диаметре. Для астрономов это создает определенные трудности: даже измерив размер небесного тела, нельзя сказать, звезда это или планета [3].

Теория внутреннего строения объектов переходного типа весьма сложна, и для ее развития требуются независимые измерения величины, массы и светимости как легких звезд, так

и тяжелых планет. Недавно в этом направлении получен важный результат: «взвешена» и детально изучена наилегчайшая звезда. С помощью телескопа VLT это удалось сделать международной группе астрономов под руководством Л.Клоус (L.Close, Стюардская обсерватория Аризонского университета, США) [4, 5].

Существование этого миниатюрного светила было заподозрено еще в начале 1990-х годов при исследовании кратной звезды AB Золотой Рыбы (AB Dor), удаленной от нас на 48 св. лет. Сначала астрономы заметили, что это двойная звезда, компоненты которой — AB Dor A и AB Dor B — разделены расстоянием в 135 а.е. (напомним: 1 астрономическая единица равна расстоянию от Земли до Солнца). Затем выяснилось, что AB Dor B — двойная звезда, между компонентами которой (AB Dor Ba и AB Dor Bb) немногим более 1 а.е. А позже заметили, что и звезда AB Dor A не одинока: ее небольшие «покачивания» указывали, что рядом с ней есть невидимый спутник.

Но обнаружить и изучить четвертого члена системы AB Dor удалось только теперь благодаря новым приборам Европейской южной обсерватории. Адаптивная оптика 8-метрового телескопа, подавляющая атмосферное размытие изображений, позволила в сиянии яркой звезды AB Dor A различить слабый блеск ее тусклого спутника, получившего обозначение AB Dor C. Он светит в 120 раз слабее своей соседки и виден на угловом расстоянии от нее всего в 0.156 с дуги (под таким углом видна рублевая монетка с расстояния в 20 км). Любопыт-

но, что некоторое время назад космический телескоп «Хаббл» пытался обнаружить эту звезду, но ему этого сделать не удалось. А наземный телескоп с системой адаптивной оптики не только обнаружил звезду, но и смог измерить ее светимость и температуру поверхности.

Взвешивание звезды AB Dor C проводилось стандартным для астрономии методом: изучалось ее взаимодействие с соседним светилом AB Dor A. «Покачивания» яркой соседки показали, что масса миниатюрной звезды всего в 93 раза больше, чем у Юпитера, т.е. составляет около $0.09 M_{\odot}$, что лишь немногим больше максимальной массы коричневых карликов ($0.075 M_{\odot}$). При этом выяснилось — и это самое важное, — что теоретические модели для звезд такой массы предсказывают на 400°C более высокую температуру поверхности и в 2.5 раза более высокую светимость, чем реально наблюдается у звезды AB Dor C. А это уже серьезный вызов теории. Ведь до сих пор массы большинства мелких звезд и коричневых карликов астрономы оценивали на основании их температуры и светимости, полагаясь на модели. Если теперь придется корректировать модели, то многие коричневые карлики могут оказаться обычными звездами (поскольку раньше их массы недооценивались).

Таким образом, изучение самой маленькой звезды может обернуться для астрономов большими хлопотами по пересмотру моделей звездных недр и переоценке количества тусклых звезд в Галактике. Возможно, при этом удастся хотя бы частично решить проблему скрытой массы. ■

Литература

1. Сурдин В.Г. Коричневые карлики: не звезды и не планеты // Природа. 1999. №7. С.3—12.
2. ESO Press Release 22/02, 29 November 2002.
3. Вилбе Д.З. Звезда размером с планету // Природа. 2005. №6. С.82.
4. ESO Press Release 02/05, 19 January 2005.
5. Nature. 2005. V.433. №7023. P.207, 286.

Первые итоги бурения самой глубокой скважины во льдах Гренландии

Вести из экспедиций

П.Г.Талалай

С Проектом колонкового бурения во льдах Северной Гренландии NGRIP (North Greenland Ice Project) читатели уже знакомы по публикациям в «Природе» [1–3]. Прежде чем рассказать о результатах последнего полевого сезона 2004 г., напомним перипетии этого проекта в хронологической последовательности.

NGRIP был основан в 1995 г. с целью изучения палеоклимата Земли на протяжении последних 120–130 тыс. лет и финансировался в основном научными фондами и организациями Дании и Германии. Среди участников были также Бельгия, Франция, Исландия, Япония, Швейцария, Швеция и США. Полигон для бурения располагался в северо-западной части Гренландского ледникового покрова, в точке с координатами 75°05'47"с.ш., 42°19'41"з.д. на высоте 2921 м над ур.м. Согласно радарным исследованиям, мощность ледникового покрова в этом месте 3085 м. Исследования проводились в летние сезоны, начиная с мая–июня, когда температура воздуха здесь поднимается до минус 30 — минус 20°С, заканчивались в августе до наступления осенних штормов. Накопление снега в точке бурения составляет 195 мм/год

© Талалай П.Г., 2005



Павел Григорьевич Талалай, кандидат технических наук, доцент Санкт-Петербургского государственного горного института им.Г.В.Плеханова. Область научных интересов — разработка технологии и техники глубокого бурения скважин во льдах Антарктиды и Гренландии. Участник 35-й Советской антарктической экспедиции 1989–1991 гг. (станция Восток). Неоднократно печатался в «Природе».

(в пересчете на лед), а среднегодовая температура — минус 32°С. Поверхность ледника медленно движется в направлении на северо-северо-запад со скоростью 1.33 м/год.

Первые годы исследований

В 1996 г. для размещения необходимого для бурения оборудования — мачт, лебедок, пульта управления и т.п. — в леднике была отрыта траншея длиной 23 м, шириной и глубиной по 5 м. На поверхности ее перекрыли «потолком» из фанерных листов и сверху установили главное куполообразное двухэтажное здание, совмещающее функции кают-компания, сто-

ловой, радиостанции, электростанции, бани и жилья, а кроме того, построили несколько жилых палаток и палатку-гараж.

28 июня до глубины 110 м была пробурена пилот-скважина — так называют направляющую передовую скважину, как правило, большего диаметра, чем основной ствол. Для предохранения от загрязнения верхней проницаемой снежно-фирновой зоны в нее установлена обсадная колонна из пластиковых труб. Для дальнейшей проходки использовался специальный электромеханический снаряд, спускаемый в скважину на грузонесущем кабеле, сконструированный датскими и французскими специалистами. Буровые работы продолжались до отметки 351 м.

В 1997 г. (второй полевой сезон) бурение было продолжено и проходило без существенных осложнений, однако на глубине 1371 м при отрыве керна с забоя скважины внезапно произошел прихват бурового снаряда. Прихват снаряда в скважине — наиболее тяжелая по последствиям авария, поскольку мероприятия по ее ликвидации крайне трудоемки и не всегда приводят, как и в нашем случае, к положительному результату. Буровой снаряд тогда был оставлен в скважине, и истинные причины аварии, которыми могли быть заклинивание керна в колонковой трубе, зашламование межтрубного пространства, интенсивное искривление скважины, установить так не удалось.

В следующем году в 25 м от устья первой начали новую скважину. Вырыли новую траншею, пробурили пилот-скважину до глубины 107 м и поставили обсадную колонну, бурение же возобновили только в четвертом полевом сезоне (1999).

Использовался электромеханический снаряд той же конструкции, что и при проходке первой скважины. Напомним, что сооружение буровой скважины относится к так называемым циклическим процессам, когда действия повторяются в определенной последовательности с возвратом в некоторое исходное состояние. Сначала буровой снаряд при помощи лебедки и грузонесущего кабеля спускается на забой скважины, затем проверяется работа распорного устройства, сцепляющегося со стенками скважины и воспринимающего реактивный момент при работе электромеханического привода снаряда. Далее включается двигатель и происходит собственно бурение — разрушение льда и продвижение бурового снаряда на определенную глубину, которая называется рейсовой проходкой. При этом выбуривается керн — цилиндрический столбик льда, главная цель буровых работ. В завершение двигатель

отключается, керн отрывается от забоя и снаряд поднимается на поверхность. Здесь из снаряда извлекается керн и шлам (выбуренная ледяная крошка), и все повторяется сначала.

Процесс бурения в четвертом полевом сезоне был достаточно стабильным, и рейсовая проходка постепенно увеличивалась с 2.2—2.5 м на глубинах 700—800 м до 3.5 м — максимального показателя для данной конструкции бурового снаряда — на глубинах свыше 1000 м. В течение полевого сезона был пройден интервал 107—1752 м при очень высокой средней производительности, равной 30.1 м/сут. Этот показатель стал одним из самых высоких в истории проходки глубоких скважин в ледниках.

В 2000 г. на глубинах больше 2500 м, несмотря на круглосуточное бурение, средняя проходка снизилась до 20.4 м/сут, повысились затраты времени на спуско-подъемные операции, затруднился и сам процесс проходки. Здесь из-за резкого изменения реологических свойств льда (лед стал более теплым и пластичным) при бурении происходили регулярные подклинивания буровой коронки, вызванные намерзанием ледяной крошки на поверхность бурового оборудования. Чтобы читателю стало понятным произошедшее изменение свойств льда, вспомним, как хорошо лепится «теплый» снег, когда мы строим снежную бабу или играем в снежки, и наоборот, в холодную погоду снег рассыпается в руках, как песок.

При температурах, близких точке плавления льда, его поверхность покрывается тонкой жидкой пленкой — квазижидким, или переходным слоем. Согласно общепринятым ныне представлениям австралийского ученого Н.Флетчера (1968), он возникает мгновенно при температуре около -6°C . Его толщина при этой температуре составляет около 10 \AA и резко возрастает при приближении

к точке плавления. Квазижидкая пленка способствует слипанию частиц льда при их взаимном контакте, что в значительной мере осложняет процесс удаления образующегося при бурении шлама.

В конце полевого сезона на глубине 2932 м после проходки 0.7 м буровой снаряд оказался прихваченным на забое скважины. Для ликвидации аварии потребовалось более двух недель тяжелого и упорного труда. С поверхности в скважину было залито 160 л технического этиленгликоля, но это не дало результатов. Тогда в скважину был заброшен чистый этиленгликоль в виде небольших замороженных шайб. Вскоре натяжение кабеля ослабло, и снаряд был благополучно извлечен на поверхность.

Далее была разработана специальная технология по извлечению этиленгликоля из скважины, так как из жидкого состояния он превратился в шугообразную массу и, налипая на поверхность снаряда, препятствовал бурению. Чистка была закончена к концу полевого сезона.

В 2001 г. (шестой полевой сезон) бурение продолжено с глубины 2932 м. Сначала рейсовая проходка росла и стабилизировалась. Однако на большей глубине нормальные рейсы стали чередоваться с осложненными, когда образование наледи на поверхности резцов и буровой коронки заставляли прекращать бурение после проходки всего 0.2—0.3 м. Все меры, предпринятые для улучшения ситуации, потерпели фиаско. Более того, четыре раза в скважине буровой снаряд прихватывало. К счастью, во всех случаях его все же удавалось извлекать из скважины. По решению администрации бурение было остановлено на глубине 3001 м, поскольку стало очевидно, что продолжение возможно только при существенной модернизации используемой технологии применительно к условиям так называемого «теплого» льда.

В 2002 г. буровые операции не проводились: изыскивались возможности бурения глубоких горизонтов, во-первых, термобуровым снарядом, который разрушает лед путем его протавивания, и, во-вторых, электро-механическим снарядом с использованием в качестве антифризной смазки водного раствора этилового спирта.

В 2003 г. (седьмой полевой сезон) бурение скважины продолжено с отметки 3001 м. В связи с несовершенством конструкции тепловой коронки пробное бурение тепловым снарядом оказалось неудачным. При продолжении бурения электро-механическим снарядом экспериментировали с водным раствором этилового спирта, доставляемым на забой в каждом

рейсе внутри шламособорника бурового снаряда, а также со скоростью подачи и формой резцов. После серии осложнений и аварий удалось найти оптимальное соотношение перечисленных факторов, значительно улучшившее эффективность проходки. Процесс бурения стабилизировался, и среднесуточная производительность бурения составила 4,5 м.

17 июля 2003 г. на глубине 3085 м скважина вышла в подледниковые водные отложения, и вода поднялась в нее примерно на 45 м. Поступление воды в скважину удалось распознать благодаря короткому замыканию в цепи питания бурового снаряда. К счастью, расторопные и четкие действия оператора бурения в этот момент буквально

спасли и сам буровой снаряд, и уникальную скважину: буровой снаряд был благополучно извлечен на поверхность несмотря на огромный кусок льда, который в считанные секунды приморозился к низу снаряда.

Скважина NGRIP была законсервирована на год для того, чтобы подледниковая вода, поступившая в скважину, замерзла. В следующей экспедиции 2004 г. представилась уникальная возможность выбурить образцы замерзшей подледниковой воды и исследовать ее состав. В мировой практике никому еще не удавалось решить столь сложную техническую и инженерную задачу.

Последний полевой сезон

Летний сезон 2004 г. стартовал относительно поздно — 24 июня, так как программа научно-исследовательских работ была относительно небольшой. После обычных для первых дней авральных работ по очистке станции от снега, расчистке входов в буровую и научную лабораторию, налаживанию электрического генератора, организации водоснабжения, раскон-



Персональный состав станции готов к вылету на ледниковую базу NGRIP.



Первый кадр после выхода из самолета: работы по очистке станции от навалившего за зиму снега хватит надолго.

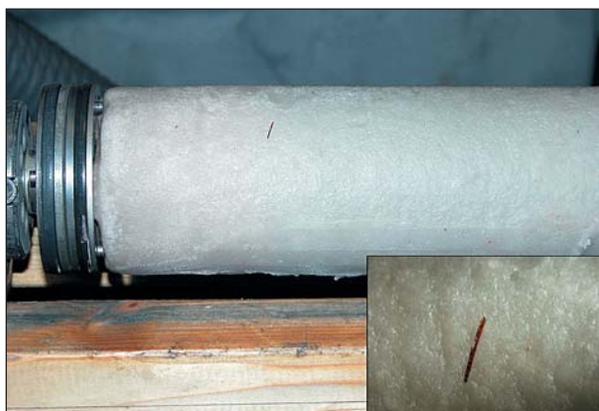


В последнем рейсе полевого сезона 2003 г. подледниковая вода намерзла на низ бурового снаряда, и на поверхность был извлечен первый в истории гляциологических исследований образец реликтовой подледниковой экосистемы.

В одном из рейсов на поверхность был поднят маленький иглообразный кусочек дерева, возможно, реликтового происхождения, сохранившийся со времен, когда Гренландия была покрыта буйной тропической растительностью.



Керн подледниковой воды.



Вестник из экспедиций

сервации оборудования 27 июня в скважину был опущен геофизический аппарат для измерения диаметра и отклонения оси скважины. Эти данные необходимы для проверки стабильности ствола скважины: если скважина в течение года сузилась, что само по себе говорит о неполной компенсации давления ледяной толщи гидростатическим, спуск бурового оборудования в суженной скважине сопряжен с опасностью прихвата. В этом случае скважину необходимо разбурить до диаметра бурового снаряда.

Обработка результатов показала, что диаметр скважины остался практически без изменений, но глубже 2600 м геофизический аппарат спуститься не смог, так как натолкнулся на ледяную пробку. По всей видимости, раствор этилового спирта, использовавшийся в предыдущем году в качестве антифриз-

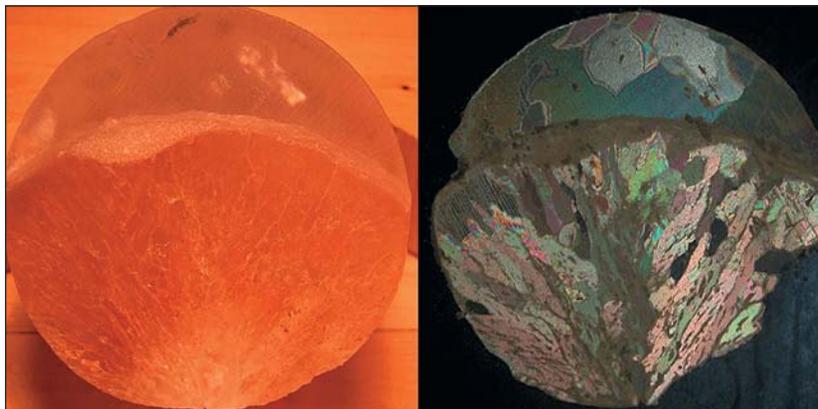
ной добавки, растворил стенки скважины. При этом образовался раствор равновесной концентрации, которая зависит от температурных условий в скважине. За счет скважинной конвекции обедненный раствор этилового спирта поднялся вверх, в более холодные области скважины, где и произошло его замерзание.

Образовавшиеся «спирто-ледяные» пробки начиная с глубины 2600 м были разбурены электромеханическим буровым снарядом, который использовался непосредственно для бурения. На извлечение пробок ушло десять дней. Как правило, шламоборник снаряда был заполнен всего на 10–30%, но иногда был практически полностью забит шламом. При этом его цвет вместо обычного молочно-белого, который получается при бурении льда, был самым разнообразным — от серо-

го до бурого, а консистенция менялась от «картофельного пюре» до «крупяной каши».

3 июля при выбуривании очередной пробки на глубине 3015 м буровой снаряд застрял. После двух неудачных попыток выдернуть снаряд усилием лебедки и кабеля он был оставлен под натяжкой кабеля. Далее была реализована уже не раз выручавшая технология ликвидации подобных аварий: около 1.7 кг гранул замерзшего этиленгликоля засыпано в скважину, что уже в самом скором времени дало ожидаемый результат. Спустя три часа снаряд оказался свободным и был благополучно извлечен на поверхность.

Наконец, 8 июля с глубины 3042 м был извлечен первый керн бурого цвета длиной 21 см, уникальный керн замершей подледниковой воды. Это означает, что подледниковая вода поднялась в скважину на высоту



Слева фотография среза керна: темная бурая часть — замершая подледниковая вода, светлая — обычный лед. Справа — шлиф того же участка керна; ледяные кристаллы имеют четкую ориентацию к середине керна, что говорит о направлении промерзания от края к центру.



«Лунный» керн: фотографии торца керна, сделанные примерно через каждые 0.5 м в интервале 3042—3052 м (при повторном бурении ось скважины отклонилась от оси основной скважины, и поэтому доля чистого льда в керне неуклонно увеличивалась с глубиной).

43 м, что оказалась всего на два метра меньше прогнозируемой высоты.

Дальнейшее бурение, за исключением нескольких рейсов, шло в рутинном режиме, схо-

жем с процессом предыдущего сезона. В каждом рейсе вовнутрь снаряда помещался полиэтиленовый пакет емкостью 0.5 л с водным раствором этилового спирта, в призабойной час-

ти скважины при включении приводного двигателя снаряда пакет разрывался и жидкость стекала вниз, смазывая поверхности колонкового набора. Такая «смазка» позволяла избежать налипания шлама и заклинивания снаряда.

Буровые операции выполнялись, как правило, в две смены, и в сутки удавалось совершить четыре-пять рейсов. Бурение в каждом рейсе останавливалось после того, как ток в цепи питания приводного электродвигателя снаряда превышал предельные значения в 7—8 А, установленные для данного типа двигателей. Длина рейса колебалась от 0.17 до 1.57 м. Максимальная суточная производительность была достигнута 19 июля: в этот день на поверхность удалось извлечь 6.85 м керна. Всего в последнем полевом сезоне было совершено 60 продуктивных рейсов в среднем по 0.82 м. Еще несколько рейсов были холостыми в силу разных экстраординарных причин: из-за короткого замыкания в забойном токосъемнике, из-за упавших на забой крепежных элементов и т.д.

Нижняя часть бурового снаряда была не сцентрирована относительно стенок скважины, что, вполне естественно, привело к отклонению оси ствола новой скважины относительно старой. Поэтому керн представлял собой часть замерзшую подледниковую воду, а часть керн обычного льда. При этом доля последнего неуклонно возрастала, и глубже 3052 м скважина отклонилась настолько, что на поверхность извлекался керн только чистого льда. Всего удалось получить около 50 кг льда замерзшей подледниковой воды.

Когда глубина скважины достигла прошлогодней отметки, все ждали появления подледниковой воды в скважине. Уровень промывочной жидкости повысили до отметки 84 м (обычно он поддерживался на глубине 120 м), чтобы в случае неужи-



После окончания бурения все оборудование демонтировано: на «свет божий» извлекается самый тяжелый узел — буровая лебедка.



Перовое долото позволило соскоблить некоторое количество материала подледниковых горных пород.

Так выглядела буровая коронка и ее резцы (в верхнем правом углу) после встречи с подледниковым ложем.



данного притока подледниковой воды скомпенсировать ее давление.

Ожидание выхода в подледниковый водоем достигло своего предела: глубина скважины уже на 6 м превысила достижение прошлого года, но вода так и не появилась. В последнем рейсе (тогда мы еще не знали, что этот рейс будет последним) ток в цепи питания приводного электродвигателя — а это основной контролируемый параметр при бурении электромеханическими снарядами — был крайне нестабилен и «скакал» в пределах от 5 до 11 А. После проходки 0.4 м бурение решено

было остановить, но усилие отрыва керна оказалось очень маленьким, в полтора раза меньше обычных значений — всего 8 кН (включая вес снаряда и кабеля).

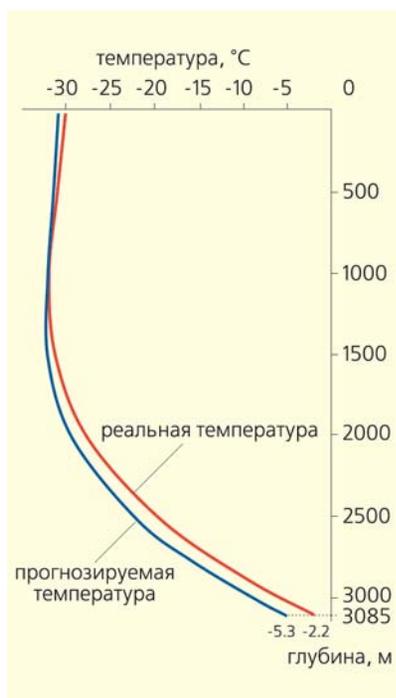
Подъема снаряда из скважины ожидал почти весь состав лагеря. К удивлению всех, на нижнем торце ледяного керна были отчетливо видны темно-бурые пятна базального материала, а резцы, изготовленные из высококачественной легированной стали, оказались полностью затуплены. Очевидно, что скважина достигла твердого подледникового ложа.

Повторные попытки пройти глубже при помощи резцовой

коронки и перового долота не дали никаких результатов. Все имеющиеся на станции буровые средства были рассчитаны на проходку исключительно во льду (лед как горная порода относится к I—II категориям в соответствии с принятой в буровой практике 12-разрядной классификации). Судя по извлеченным на поверхность минеральным частицам, подледниковые горные породы сложены красно-бурыми песчаниками и алевритами, относящимися к III—IV категориям. Бурение таких пород возможно только при помощи специальных твердосплавных коронок и при соответствую-



Производительность бурения в последнем полевом сезоне 2004 г. была очень невысокой, но, тем не менее, медленно, но верно скважина шла навстречу с подледниковыми горными породами.



Распределение температуры ледникового покрова Гренландии в точке бурения: на глубоких горизонтах температура оказалась примерно на 3 °С выше прогнозируемой.

ющих режимных параметрах, которые не мог обеспечить используемый буровой снаряд.

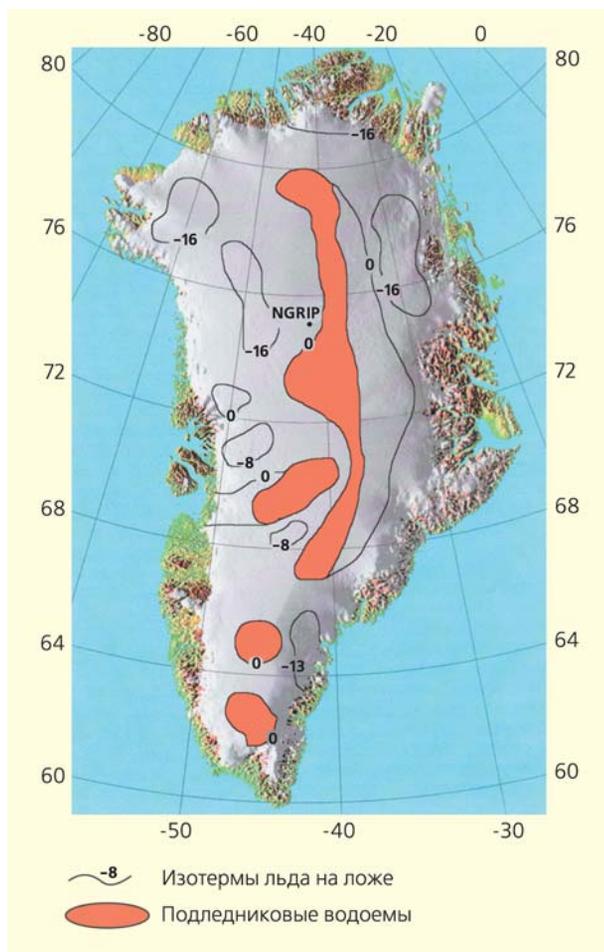
22 июля 2004 г. проходка скважины была завершена на отметке 3091 м, что стало новым рекордом бурения скважин в ледниковом покрове Гренландии. В августе проект по бурению глубокой скважины в северной части Гренландского ледникового покрова NGRIP был закрыт. Обсадная колонна, изготовленная из пластиковых труб, наращена до дневной поверхности для последующих геофизических исследований, а все оборудование вывезено на береговую базу Кангерлюссак.

Бурение глубокой скважины спустя девять лет после начала работ завершено. Весь керн вывезен в Данию, в Институт Нильса Бора Копенгагенского университета. Исследование содержания изотопов кислорода, присутствующего в ледяном керне, позволило год за годом восстановить климат прошлого.

Возраст древнего льда, поднятого с забоя скважины, равен 123 тыс. лет.

Самым сенсационным результатом стало открытие водоема или некоторой дренажной системы, находящейся под Гренландским ледниковым покровом. Возможность существования подледниковых озер в Гренландии российские ученые предсказывали еще в середине 80-х годов [4]. Согласно расчетам, полученным при моделировании термодинамического режима Гренландского ледникового покрова, установлено, что на значительной части площади этого щита может происходить таяние в придонном слое и скорость накопления воды может достигать нескольких кубических километров в год. Вполне естественным является предположение о том, что талая вода будет накапливаться в углублениях подледного рельефа в виде погребенных водоемов. Поскольку поверхность ледникового покрова не имеет заметных плоских участков большой протяженности, то, вероятно, на всей площади оледенения в основном имеется контакт льда с горными породами ложа, а талая вода аккумулирована в неровностях подледникового рельефа. Суммарный объем воды, находящийся в подледниковых водоемах Гренландского ледникового щита, оценивался российскими учеными примерно в 1000 км³.

Экспериментальное подтверждение этой гипотезы произошло почти через 20 лет. 17 июля 2003 г. на глубине 3085 м глубокая скважина, пробуренная на сезонной базе NGRIP, вскрыла подледниковый водный горизонт, и бурая базальная жидкость поднялась в скважину. Датские специалисты, являвшиеся основными исполнителями проекта NGRIP, скептически относились к возможности существования воды под льдом Гренландского ледникового щита. Вскрытие подледникового водоема оказалось для них полной неожиданностью.



Прогноз теплового режима на ложе Гренландского ледникового покрова, выполненный на основе расчетов [5].

Вопрос о том, почему скважина при повторном бурении не вышла в подледниковый водоем, дискутируется в научном мире до сих пор. В соответствии с расчетами, проведенными российскими учеными, точка бурения находится в непосредственной близости от береговой линии подледникового водоема. Как представляется автору этих строк, нижняя часть ледниково-

го покрова Гренландии пронизана внутриледниковыми каналами, соединяющимися с водоёмом и образующими систему сообщающихся сосудов. При вскрытии первой скважиной такого канала, вода поступила в скважину и поднялась на высоту, соответствующую гидростатическому равновесию между скважинным и пластовым давлениями. Судя по тому, что под-

ледниковая вода поступала в скважину достаточно долго — в течение трех суток — со средней скоростью около 8 л/ч, внутриледниковый канал оказывал большое гидравлическое сопротивление при течении жидкости, и, следовательно, имел очень незначительную толщину — предположительно несколько долей миллиметра. Такой канал может быть приурочен к границам ледяных кристаллов или зонам скольжения ледникового покрова.

Наличие подобных внутриледниковых каналов впервые установлено при бурении скважин на ледниковом плато Амундсена (о. Западный Шпицберген), где в теле ледника были обнаружены как мелкие каналы с толщиной меньше миллиметра, так и каналы, имеющие значительное сечение от 10 до 200 мм² [5].

При повторном бурении в 2004 г. скважина отклонилась (расстояние между скважинами не превышает полуметра), и в силу случайного стечения обстоятельств не пересекла этот или другой внутриледниковый канал, дойдя до коренного ложа Гренландского ледникового покрова.

Извлечение керна замерзшей подледниковой воды открыло новые горизонты для научных исследований в области палеоклиматологии, палеоботаники, экологии и других естественных наук. Его изучение позволяет получить не имеющие аналогов знания о животном мире и эволюции жизни на нашей планете в уникальных реликтовых условиях, сохранившихся в неприкосновенности со времен далекого прошлого. ■

Вестник из экспедиций

Литература

1. Талалай П.Г. Через Гренландский ледниковый щит // Природа. 2001. №8. С.44—53.
2. Талалай П.Г. Возвращение в Гренландию // Природа. 2003. №5. С.18—23.
3. Талалай П.Г. Проект NGRIP завершен, продолжение следует // Природа. 2004. №3. С.33—38.
4. Grigoryan S.S., Vujanov S.A., Krass M.S., Shumski P.A. // Journ. of Glaciology. 1985. V.31. №109. P.281—292.
5. Загороднов В.С., Зотиков И.А. Внутриледниковые каналы // Материалы гляциологических исследований. 1981. Вып.41. С.200—202.

Диаграммы состояния для металлургии алюминия

Е.А.Трофимов, Т.А.Бендера

Алюминий — самый распространенный металл земной коры — в свободном виде не встречается, только в составе разных минералов. Между тем найдется не так много промышленных и хозяйственных областей, где бы не применялся сам этот металл или его сплавы. По объему производства он занимает второе место после стали. Примерно по 24% чистого металла и его сплавов расходуется в строительстве (в качестве конструкционного материала) и транспортном машиностроении; около 17% — в производстве упаковочных материалов и консервных банок. Алюминий используется в электротехнике, судостроении; входит в состав твердых ракетных топлив; в виде порошка и гранул служит восстановителем чугуна и стали; восстановителем оксидов при получении некоторых металлов и сплавов и т.д. Этот металл сейчас составляет важную часть экспорта Российской Федерации.

Алюминий получают электролизом сложных солевых расплавов, в результате чего образуется жидкий металл. Во время выплавки алюминия и алюминиевых сплавов металл взаимодействует с солевым расплавом, кислородом воздуха, водяными парами, с материалами



Евгений Алексеевич Трофимов, кандидат химических наук, доцент кафедры общей металлургии Южно-Уральского государственного университета. Область научных интересов — химическая термодинамика процессов взаимодействия в металлических расплавах с образованием сложных соединений.



Татьяна Анатольевна Бендера, ассистент той же кафедры. В круг научных интересов входит термодинамический анализ пирометаллургических процессов цветной металлургии и процессов получения композиционных материалов.

футеровки — защитной внутренней облицовки электролизных ванн, печей и ковшей. В итоге металл загрязняется частицами соединений различных металлов — неметаллическими включениями. Большинство из них представляет собой пленки из оксида алюминия Al_2O_3 , которые существенно ухудшают свойства металла и формируемых из него отли-

вок — снижают электропроводность и пластические свойства. Именно хрупкость служит причиной возникновения трещин в отливках из алюминия и его сплавов и последующего образования очагов коррозии. Кроме неметаллических включений алюминий содержит и примеси других металлов, которые также могут негативно сказываться на его эксплуатационных свой-

ствах. Естественно поэтому, что в технологическом процессе предусмотрена очистка алюминия от примесей тем или иным методом.

Способы очистки алюминия разрабатываются давно, но все еще далеки от совершенства. Ведутся работы по их улучшению, причем нередко для этого используется «метод проб и ошибок». Теоретические представления, которые могли бы стать основой новых или улучшения существующих методов, недостаточно разработаны. Поэтому и нет ответов на важнейшие вопросы, связанные с очисткой металла. Мало информации, например, о том, как влияет на состав образующихся неметаллических включений температура и присутствие в алюминии других металлов. Это не праздный вопрос. Чистый алюминий окисляется с образованием прочных, гибких оксидных пленок Al_2O_3 , а что происходит со сплавами? Может быть, наряду с оксидом алюминия, а то и вместо него, будут появляться оксиды металлов-примесей? При каком содержании примеси будет образовываться ее оксид? Если помимо оксида алюминия возникают и другие неметаллические вещества, то в каком агрегатном состоянии — жидком или твердом — находится их смесь?

Для чего все это нужно знать?

Неметаллические включения, а они в расплавленном металле бывают твердыми и жидкими, как правило, отличаются от металла плотностью и поэтому постепенно всплывают (есть, впрочем, такие, которые оседают на дно). На этом основаны некоторые способы их удаления из металла. Однако скорость всплывания обычно довольно мала. Из-за неправильной формы, иногда из-за очень малых размеров твердых неметаллических частиц сильно уменьшается скорость их движения. Напротив, жидкие включения в расплаве металла при-

нимают форму шара, кроме того, они способны сливаться, поглощать мелкие частицы и становиться в результате более крупными. Скорость всплывания жидких включений в десятки раз выше, чем твердых. Поэтому желательно, чтобы в металле образовывались именно жидкие включения. Но чтобы добиться такого эффекта, нужно знать, при каких условиях он достижим.

Для очистки металла от примесей (от натрия, например) его продувают различными газами (в нашей стране чаще хлором), обрабатывают легкоплавкими смесями солей, т.е. флюсами. В результате ненужные примеси вступают в химические реакции и образуются новые вещества. Что они собой представляют? Возникают ли в чистом виде или получается их смесь? А если смесь, то каковы ее состав, температуры плавления и кипения? Что за газообразные вещества выделяются из алюминиевого расплава, когда его продувают хлором или хлорсодержащими газовыми смесями? До каких пределов можно понизить концентрацию примесей в алюминии при данных условиях? Как изменить условия, чтобы достигнуть более глубокой очистки металла?

Ответы на эти и другие подобные вопросы технологи ищут, опираясь на разрозненные экспериментальные данные, а также на простые теоретические модели, созданные со множеством допущений, зачастую обесценивающих результаты поиска.

Между тем уже довольно давно существует, развивается и плодотворно используется метод, позволяющий обобщать разнородную информацию о реакциях и фазовых равновесиях в такого рода системах. На основании всего комплекса данных можно получать ответы на вопросы, подобные только что упомянутым. Это — метод анализа систем при помощи диаграмм состояния особого ти-

па — так называемых поверхностей растворимости компонентов в металле.

Такие диаграммы связывают количественные изменения содержания в металле примесей с качественными вариациями состава неметаллических веществ, которые образуются при взаимодействии компонентов жидкого металла. Постепенно меняя его состав, мы попадем то в области, в которых металл сосуществует с твердым чистым оксидом, то в другие области, где металл находится в равновесии с неметаллическим расплавом сложного состава, то, наконец, в области, где из компонентов-примесей возникают только газообразные соединения.

Зная координаты поверхностей растворимости компонентов в металле, можно успешно решать многочисленные задачи, связанные с совершенствованием технологических процессов металлургии черных и цветных металлов.

Работы по построению диаграмм, совершенствованию методики их построения и их практическому применению выполняются в Южно-Уральском государственном университете под руководством профессора Г.Г.Михайлова. Объектом работ долгое время были системы на основе железа. В течение последних нескольких лет данная методика используется также для анализа процессов в металлургии меди, свинца, кобальта. И, наконец, совсем недавно мы стали исследовать системы на основе расплавленного алюминия.

Эти системы имеют важную особенность: в жидком металле чрезвычайно низка растворимость таких газов, как кислород, хлор, фтор. Химические реакции между этими элементами и компонентами алюминиевого расплава с образованием неметаллических веществ идут не в самом жидком металле, а на поверхности раздела между ним и газом. Это, естественно, влияет на вид диаграмм.

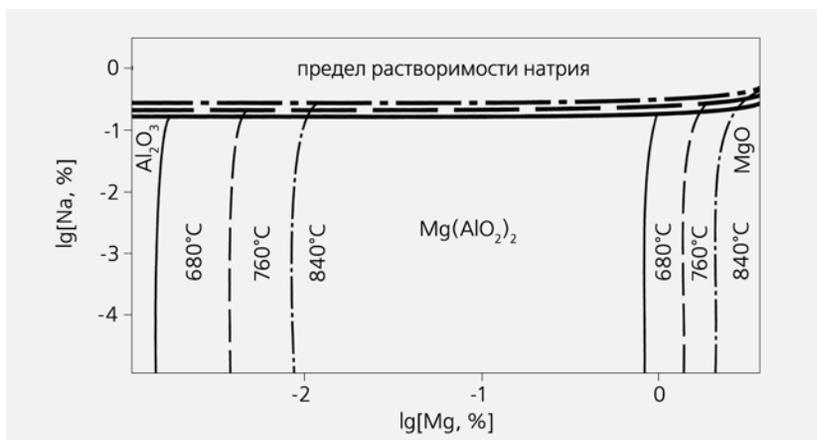


Рис. 1. Фазовая диаграмма системы алюминий–магний–натрий–кислород.

Рассчитать диаграммы состояния непросто, поскольку требуется много исходных данных: константы, коэффициенты уравнений, информация о получающихся веществах, тепловых эффектах их образования и т.д., и т.д. Необходимой информации всегда не хватает, а для систем на основе алюминия — особенно, да к тому же одни сведения часто противоречат другим. Пробелы нам приходилось заполнять

в ходе работы, оценивая недостающие величины по тем, которые все же имелись в литературе. Сам процесс построения диаграмм довольно сложен, поскольку приходится решать системы из десятков уравнений.

Еще одна трудность — небольшое количество экспериментальных данных. Поэтому, построив собственную диаграмму, мы не могли нанести на нее результаты экспериментов, что-

бы подтвердить или опровергнуть свои расчеты.

Почему так мало экспериментальных исследований по системам на основе алюминия, понятно. Реакции между некоторыми газами и алюминиевым расплавом начинаются при столь низких давлениях, что экспериментально измерить их с достаточной точностью невозможно. Кроме того, высокая летучесть многих образующихся соединений, а сами они химически очень активны, можно даже сказать, агрессивны (в том числе и по отношению к посуде, в которой проводится эксперимент).

Тем большую важность и интерес приобретают теоретические работы по данным системам, призванные восполнить пробелы в информации о них и об их поведении в различных условиях.

От экспериментов тем не менее полностью отказаться нельзя, и мы разработали методику исследования, которая позволяет с достаточной степенью надежности проверять результаты расчета. Методика была испытана нами на самых простых из исследованных систем и таким образом подтверждена ее надежность, впрочем, как и адекватность используемых методов расчета.

Рассмотрим некоторые из наших диаграмм. Возьмем, например, построенную для системы Al–Mg–Na–O (рис.1). Она интересна тем, что содержит одновременно магний и натрий. Первый часто применяют в качестве легирующего элемента при получении алюминиевых сплавов, а второй входит в число загрязнителей.

На диаграмме мы можем проследить, как меняются продукты окисления алюмомagneзиевого расплава в зависимости от содержания в жидком металле магния и натрия. Вся поверхность делится на три области фазовых равновесий. В первой за счет реакции между расплавленным металлом и кислородом

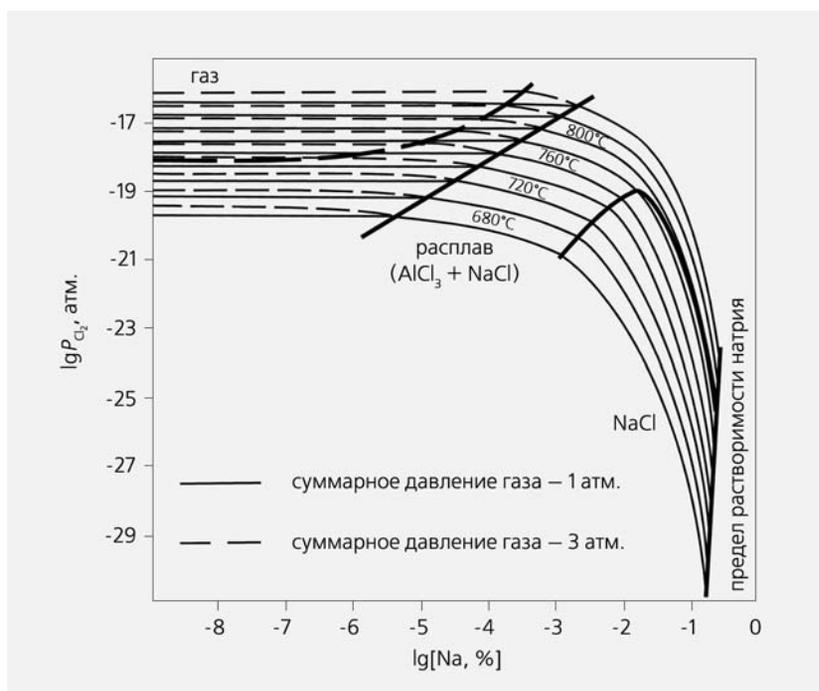


Рис. 2. Диаграмма состояния системы алюминий–натрий–хлор.

образуется твердый оксид алюминия Al_2O_3 , во второй — кристаллический алюминат магния MgAl_2O_4 , а в третьей — твердый оксид магния MgO . Границы областей, как видно на диаграмме, существенно сдвигаются вправо по мере роста температуры, причем сильнее там, где концентрация натрия близка к максимально возможной.

Мы уже упоминали, что один из способов очистки алюминия от натрия — продувка расплава хлором. Пузырьки образующихся хлоридов алюминия, поднимаясь на поверхность расплава, взаимодействуют с натрием, как, впрочем, и с другими металлическими и неметаллическими примесями. Мы проанализировали взаимодействие с натрием, построив диаграмму состояния системы Al-Na-Cl (рис.2).

На диаграмме видны: область образования твердого хлорида натрия; область солевого расплава; область, в которой существуют только газообразные продукты реакции. Положение последней границы зависит, как видно на диаграмме, от общего давления газа в системе (мы рассчитали варианты при общем давлении в одну и три атмосферы). По мере роста температуры меняется нижний предел удаления натрия, причем эта величина связана с общим давлением газа в системе, а также с парциальным давлением хлора в газовой фазе. Хлориды могут образовываться при какой-то конкретной температуре лишь в случае, если давление хлора выше того, которое соответствует этой температурной изотерме. Скажем, если температура равна 760°C , то при взаимодействии с газом металлического расплава, содержащего 0.01% натрия, NaCl появится только при давлении хлора выше $10^{-19.5}$ атм. С повышением концентрации натрия величина минимального давления хлора падает, о чем свидетельствует наклон изотерм.

Согласно проделанным расчетам, для более полного устра-

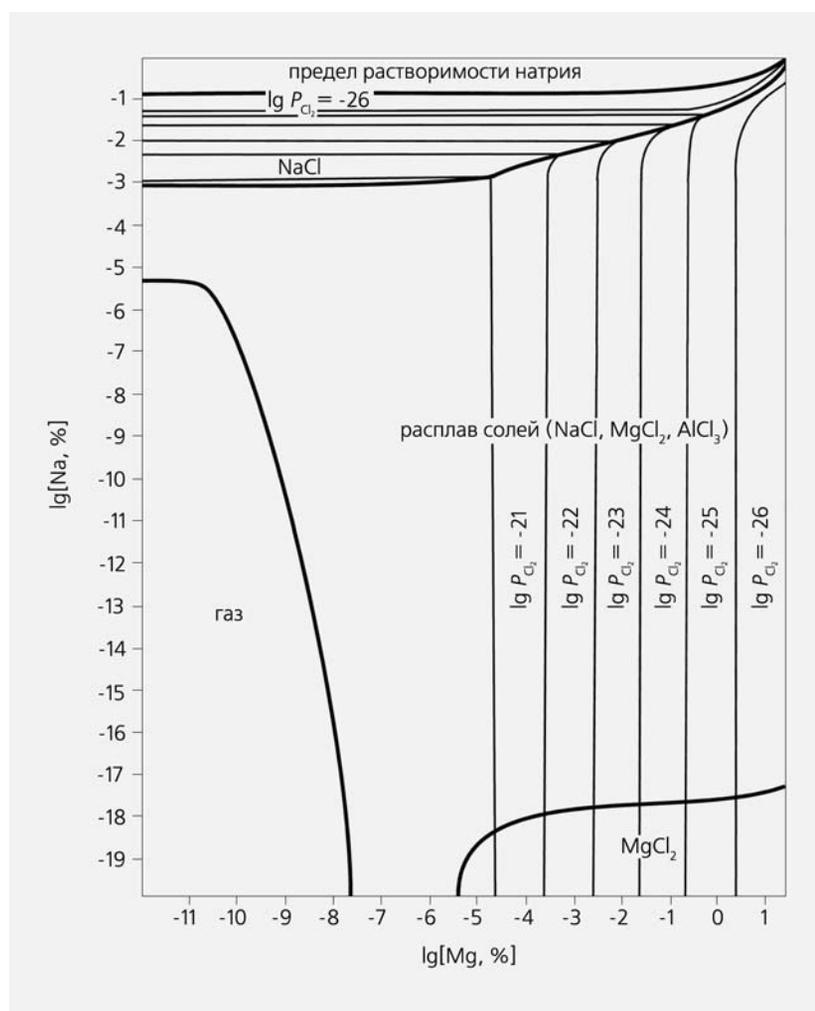


Рис. 3. Фазовая диаграмма системы алюминий–магний–натрий–хлор для температуры 680°C .

нения натрия из расплавленного алюминия полезно проводить процесс отнюдь не при самой высокой температуре. Наиболее результативно окисление натрия хлором должно протекать в температурном интервале $660-760^\circ\text{C}$ и при содержании натрия в металле выше 0.01%. Тогда (в идеальном случае) хлор будет расходоваться только на окисление натрия, а потери алюминия окажутся минимальными. Однако продуктом реакции станет кристаллический хлорид натрия, а эти твердые частицы не так просто удалить из металла. Затруднения обусловлены небольшой разностью плотностей NaCl

и жидкого алюминия, а также неспособностью этих твердых включений к агрегации, которая привела бы к их активному всплыванию. С учетом этого лучше проводить процесс при температурах выше 800°C . В таком случае образуются жидкие хлоридные включения, которые легче сливаются друг с другом, всплывают и удаляются из металла.

Кроме того, расчеты показывают, что с увеличением общего давления газовой фазы в системе растет область влияния парциального давления хлора на растворимость натрия в алюминии (на диаграмме границы между областями равновесия

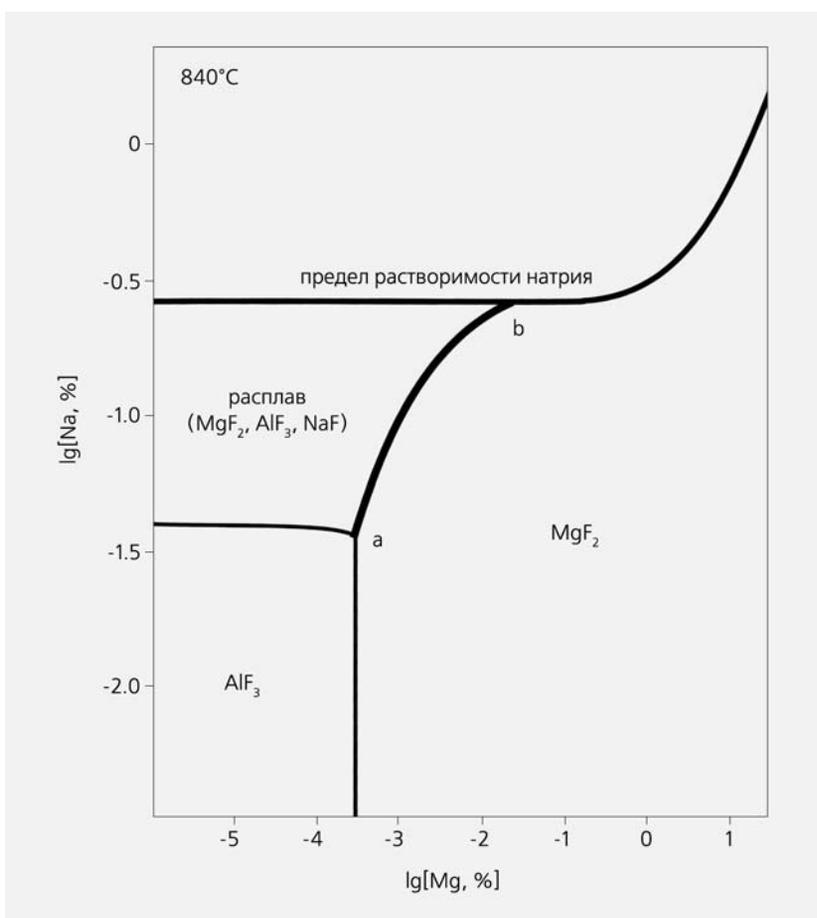
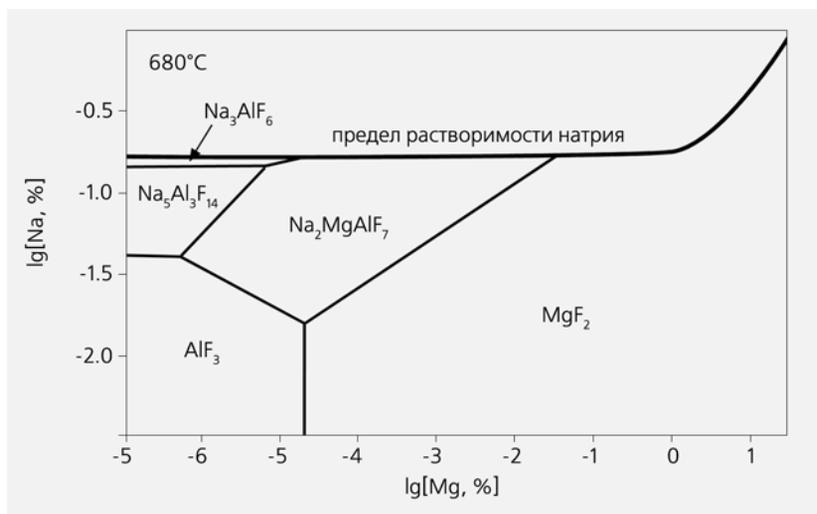


Рис. 4. Диаграммы состояния системы алюминий–магний–натрий–фтор, построенные для разных температур — 680 и 840°C.

нии в 1 атм и температуре 680°C (рис.3). Здесь видны четыре теоретически возможные области фазовых равновесий: твердого хлорида натрия; солевого расплава всех образующихся хлоридов; область газообразных продуктов и область твердого хлорида магния. Оказывается, при всех реально возможных концентрациях натрия в алюминиевом расплаве при выбранной нами температуре твердый $MgCl_2$ не образуется. А, следовательно, это будет препятствовать интенсивному удалению магния из жидкого металла, и полезный легирующий элемент сохранится в нем.

Одно из главных преимуществ используемого нами метода — возможность учитывать взаимное влияние различных металлических примесей на полноту очистки от них металла и на состав образующихся при этом соединений. Приведем пример.

Случается, что алюминий необходимо освободить от магния. Тогда применяют, например, флюсование. На поверхность расплава помещают смесь солей, в состав которой входит минерал криолит (или гексафторалюминат натрия) $Na_3[AlF_6]$. В результате протекающих в системе Al–Mg–Na–F химических реакций магний переходит в солевой расплав. Этот процесс можно также проанализировать с помощью фазовых диаграмм. Мы построили диаграммы состояния четырехкомпонентной системы Al–Mg–Na–F для двух температур — 680 и 840°C (рис. 4).

Не будем вдаваться в подробности анализа диаграмм, скажем лишь, что они позволяют (подобно предыдущему случаю для натрия) определить несколько важных характеристик процесса очистки от магния:

с газом и хлоридным расплавом смещаются влево). Это может способствовать лучшей очистке от натрия.

Магний в алюминии часто представляет собой полезную примесь, и устранять его в этом случае нежелательно. Как по-

добрать условия процесса, чтобы при продувке хлором наиболее полно освободить расплав алюминия от натрия, а магний, напротив, удержать?

Обратимся за ответом к диаграмме состояния системы Al–Mg–Na–Cl при общем давле-

до каких пределов можно понизить содержание в металле магния;

какие вещества образуются;

как можно изменить параметры процесса, чтобы полнее удалить магний.

Обратим внимание на другое. В ходе анализа мы учитываем влияние на процесс очистки не только веществ, обычно существующих в тройных системах Al–Mg–F и Al–Na–F (а в них при рассматриваемых температурах в виде твердых фаз присутствуют AlF_3 , MgF_2 и AlF_3 , $\text{Na}_3\text{Al}_3\text{F}_{14}$, Na_3AlF_6 соответственно), но и кристаллического веберита $\text{Na}_2\text{Mg}[\text{AlF}_7]$. На диаграмме для температуры 680°C он занимает целую область и находится в равновесии с металлом. С ростом температуры область существования веберита постепенно сжимается и, в конце концов, при температуре 840°C превращается в линию a–b (выше этой температуры веберит плавится).

Разумеется, максимально полный учет влияния на процесс очистки всех участников системы серьезно усложняет анализ, но зато позволяет добиваться ре-

зультатов, недостижимых при использовании других методов. Если сопоставить результаты технологических процессов с нашими диаграммами, удастся объяснить многие факты, до сих пор остававшиеся непонятными.

Несмотря на большой объем уже проделанных исследований, можно сказать, что работа по систематизации данных по фазовым равновесиям в системах на основе алюминия находится лишь в начальной стадии. Пока вопросов у нас гораздо больше, чем ответов. И надо отметить, что по мере получения новых данных число вопросов все увеличивается.

Как неметаллические включения (в частности, оксиды алюминия и магния) взаимодействуют с хлором? Как влияет на состав неметаллических веществ добавление меди, бериллия, кальция и других металлов? Как сказывается на фазовом составе приложение к системе постоянного электрического тока? Как вариации параметров тока повлияют на изменение фазового состава? И это далеко не полный перечень вопросов.

Мы продолжаем работы по обобщению данных о взаимодействии жидкого алюминия с неметаллическими веществами и при этом строим диаграммы состояния. Мы надеемся, что результаты, которые нам удастся получить, окажутся полезными для практической металлургии, а в том, что они представляют теоретический интерес, мы просто уверены.

В заключение нельзя не сказать еще об одном значении наших «теоретических упражнений». Ценность диаграмм не исчерпывается их применением в исследовательской работе. Мы используем их в учебном процессе — при подготовке инженеров-металлургов. Графический способ представления информации облегчает ее восприятие и запоминание, студенты лучше понимают, как изменение технологических параметров сказывается на качестве получаемого продукта. Мы убеждены, что это весьма полезно для формирования профессиональных особенностей мышления будущего специалиста. ■

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований. Проект 04-03-32081-а.

Организация науки

Бюджет исследований океана и атмосферы

Общая сумма расходов Национальной администрации США по изучению океана и атмосферы (NOAA) составит в 2006-м финансовом году 3,6 млрд долл., что на 6%, или 205 млн долл., превышает расходы 2005 г. Бюджетом предусматривается: увеличение ассигнований на систему глобальных наблюдений, спутниковые программы, изучение состояния экосистем, на внедрение внешних Комиссией по Мировому океану инициатив, касающихся климата, метеопрогнозов

и предотвращения некоторых природных катастроф. Значительные средства выделяются на исследование открытых и прибрежных зон океана, рыбопромысловые цели, мероприятия по охране и защите биоресурсов.

На реализацию этих акций выделяется более 1 млрд долл., включая 612 млн — на приоритетные программы по экосистемам в соответствии с морскими грантами NOAA, 22,7 млн долл. — на развитие программы NOAA по исследованию океана, 25,4 млн — на изучение биоресурсов, 32,5 млн — на строительство нового (четвертого) судна для рыбопромысловых исследований. Кроме того, на 1,5 млн долл. увеличены рас-

ходы на изучение кораллов; 1,5 млн предоставлено на развитие системы наблюдений в береговой зоне Мирового океана.

Катастрофическое цунами 26 декабря 2004 г. подтолкнуло к финансированию в 9,5 млн долл. американской сети предупреждения о цунами: 24 млн отпускается для ее оснащения 32 буями (в дополнение к шести действующим) — они будут установлены в Атлантике, Тихом океане, Карибском бассейне и Мексиканском заливе. Предполагается закупить 38 новых мареографов и 20 сейсмометров. По статье «повышение безопасности мореплавания» выделяется 1 млн долл.

Российская

на создание Морских электронных карт, которые к 2008 г. покроют все территориальные воды США. Такой фонд позволит увеличить число используемых морями электронных навигационных карт более чем на 25%. На обеспечение точности ежегодных таблиц предвычисления приливных течений направляется 1.5 млн долл. www.noaa.gov; Hydro International. 2005. V.9. №3. P.16 (Нидерланды).

География

Как долговечен земной пейзаж?

«Сухие долины» Антарктиды до сих пор удерживали рекорд долговечности земного пейзажа. Однако им придется уступить первенство пустыне Атакама на севере Чили. Определяя время наступления аридности этой области, чилийские и нидерландские геологи установили, что в зоне, находящейся под защитой одной из горных цепей Андских Кордильер, геологические формации не претерпели каких-либо изменений на протяжении 20—25 млн лет. Стабильность атакамского пейзажа по времени вдвое превосходит долговечность «сухих долин». Буквально несколько эпизодов выпадения осадков, имевших место 20, 14 и 9 млн лет назад, только подчеркивают гипераридный климатический режим. *La Recherche*. 2005. №386. P.13 (Франция).

Геология

Цунами поставили Индии титановую руду

По сообщению газеты «The Times of India», на индийские пляжи декабрьское цунами 2004 г. выбросило 40 млн т титановой руды. Она обычно образуется в результате размыва береговой полосы материка Индийским океаном, и для

большинства местных жителей ее сбор в береговых россыпях служит основным источником дохода, однако ранее ее никогда не находили в таком огромном количестве.

Этот неожиданный вынос титановой руды позволит Индии заняться удовлетворением неустанно растущего спроса на титан. Титановые сплавы обладают высокой термостойкостью, прочностью и легкостью (что делает их исключительно важными для аэрокосмической промышленности). Все большее применение титановые сплавы находят также в производстве предметов широкого потребления: различных тележек, колясок, велосипедов и разнообразного спортивного инвентаря.

Sciences et Avenir. 2005. №699. P.18 (Франция).

Охрана природы

Спасти кораллы от траулеров

Американская группа защитников морской природы «Осеана» обратилась к министру торговли США с призывом принять меры для спасения глубоководных кораллов и губок от уничтожения сетями, забрасываемыми с траулеров¹. Экологи требуют, чтобы за счет его ведомства были взяты под охрану около десятка коралловых построек, открытых недавно в водах штата Аляска на больших (до 2 тыс. м) глубинах, куда почти не проникают солнечные лучи. Эти колонии растут очень медленно, они очень хрупки и уязвимы.

Как показали последние исследования, скользящий по морскому дну трал сильно повреждает среду обитания кораллов и других донных организ-

¹ См. также: Траулеры ставят «клеймо» на североатлантические кораллы // *Природа*. 2002. №10. С.28; В защиту коралловых рифов // Там же. 2003. №10. С.73.

мов. Необходимо придать акваториям, в которых они обитают, статус «подлежащих особой заботе» и полностью запретить там траление. Одновременно нужно организовать поиск еще не открытых коралловых колоний.

Представители рыболовной промышленности США не согласны с защитниками природы: по их мнению, существующих законов вполне достаточно для сохранения среды обитания донных организмов. При этом игнорируется факт, что коралловые постройки — среда обитания и основа жизнедеятельности той самой рыбы, которую они вылавливают.

Видимо, данный спор будет теперь рассматриваться в суде.

Science. 2004. V.304. №5667. P.31 (США); www.oceana.org

Охрана окружающей среды

Автономный буй LEO

На океанографической обсерватории Вильфранш-сюр-Мер в ноябре 2004 г. были проведены испытания автономного буя LEO (Littoral Environment Observable), созданного для мониторинга качества прибрежных морских вод.

Испытания буя, который имеет семиметровую высоту и массу 7.5 т, велись на удалении около 9 км от берега. Опущенный на 100-метровую глубину, буй поднимает к поверхности датчики солености, температуры, давления, которые фиксируют эти параметры через каждые 25 см. Собранная информация передается в обсерваторию по радио. Начало постоянного мониторинга качества прибрежных вод намечалось на июнь 2005 г. Предполагается серийный выпуск таких буев для научных исследований и отдельных технических разработок.

Science et Vie. 2005. №1052. P.38 (Франция).

По страницам «Полюсного дневника» П.П.Ширшова

К 100-летию со дня рождения



Петр Петрович Ширшов (12(25).12.1905–17.02.1953) – человек в нашей стране известный – ученый, государственный деятель, организатор науки. Участник знаменитых полярных экспедиций 30-х годов на судах «Сибиряков», «Челюскин», «Красин», героического дрейфа на станции «Северный полюс-1» («СП-1»), Герой Советского Союза, академик, во время войны – нарком, а позже министр Морского флота, основатель и первый директор Института океанологии АН СССР, который ныне носит имя П.П.Ширшова.

Петр Петрович, или, как его называли дома, ПэПэ, родом из рабочего предместья Екатеринославля. Учился на биофаке Днепропетровского института народного образования и впоследствии стал гидробиологом, работая на Украине, а затем в Ленинграде, где защитил кандидатскую диссертацию. В ранние годы специализировался на пресноводном фитопланктоне. Попав на Новую Землю почти случайно, буквально заболел Севером. Арктика перевернула всю его жизнь, а экспедиция на «СП-1» сделала народным героем.

Читатели «Природы» не так давно познакомились с книгой дочери П.П.Ширшова М.П.Ширшовой «Забывтый дневник полярного биолога» (2004. №5. С.89–91). В ее основу легли записи ПэПэ, относящиеся к малоизвестному трагическому периоду его жизни (40-е годы), во время которого была арестована и погибла его жена, актриса театра и кино Е.А.Гаркуша-Ширшова.

Сегодня появилась возможность представить его дневник времени знаменитой экспедиции «СП-1». Она была организована в мае 1937 г. высокоширотной воздушной экспедицией, руководимой О.Ю.Шмидтом. На дрейфующую льдину у точки пересечения меридианов «СП-1» доставил тяжелый четы-

рехмоторный самолет «СССР-Н-170», пилотируемый летчиком М.В.Водопьяновым. Один за другим в ледовый лагерь прилетали самолеты, доставлявшие грузы. 6 июня 1937 г. станция была официально открыта. В то время высадка советских полярников на полюс была ничуть не меньшим событием, чем полет Гагарина в космос в 1961 г. Имена четверки папанинцев знал весь мир. За девять месяцев дрейфа на юг льдина, разбитая трещинами и в конце концов разрушенная, была вынесена в Гренландское море.

В 1937–1938 гг. П.П.Ширшов вел записи, как и другие основные участники экспедиции «СП-1» — И.Д.Папанин (в тексте И.Д.), Е.К.Федоров (Женя), Э.Т.Кренкель (Эрнст). Но, в отличие от трех других дневников, дневник Ширшова не был опубликован и после его смерти хранился в Центральном архиве РАН. Он представляет собой три серебристые общие тетради с карандашными записями, часто сделанными неразборчивым почерком. Первые две заполнены практически полностью, в третьей текста немного. Некоторые записи относятся к определенным числам. Так, 23 сентября 1937 г. Ширшов отмечает: «Теперь можно, наконец, «начинать» дневник — никто нас снимать не собирается. Все наши страхи были напрасны. Будем спокойно зимовать. Летняя горячка с работой сейчас поулеглась, все как-то вошло в норму. Можно и пописать. Может быть пригодится». Иногда на страницах дневника попадаются вставки — наброски будущей книги, записанные на память мысли, часто не относящиеся к основному повествованию.

Дневник Ширшова, который планируется опубликовать к столетию ученого, был расшифрован и переведен в электронную форму его дочерью М.П.Ширшовой. С ее согласия мы отобрали некоторые однотемные отрывки (иногда «склеенные» из разных частей дневника), свидетельствующие о многогранности личности автора и широкой профессиональной подготовке (во время экспедиции Ширшов был и биологом, и гидрологом, и врачом), о его романтической натуре (в ту пору Ширшову было 32 года), а также о явных литературных способностях. Названия «рассказов» взяты из авторского текста.

Примечания к тексту дневника, использованные в этой публикации, подготовлены доктором географических наук, полярником В.С.Корякиным. Фотографии и подписи к ним — М.П.Ширшовой.

Не приветствуют гордые лотосы

Женя бормотал, роясь в пачке тетрадей, нагнувшись над ней в углу:

— Уж не шепчут над Нилом папирусы, не приветствуют гордые лотосы...

— Женя, да оставь ты свои лотосы. А то ведь я чем-нибудь тяжелым буду приветствовать! — не удержался я, когда он в десятый раз начал декламировать одно и то же стихотворение Бальмонта.

— Пешню принести, Петрович? — засмеялся И.Д. — Пешня у нас универсальный инструмент. Ей можно не только колоть лед. Она годится абсолютно для всего, «вплоть до чистки зубов», — как уверяет Эрнст.

— Вот, братки! Распелся сегодня, — смеется И.Д., поправляя над головой зеленую занавеску, свесившуюся с Жениной койки. — Я уж в дневник записал, что Константиныч, наверное, сегодня телеграмму получил от Анечки [жена Е.К.Федорова — геофизик А.Гнедич. — В.К.]! — показал он на толстую тетрадь на коленях.

Женя вытащил из вороха тетрадей то, что искал. Театральным жестом поднял руку. Дальше должны были идти стихи <...>.

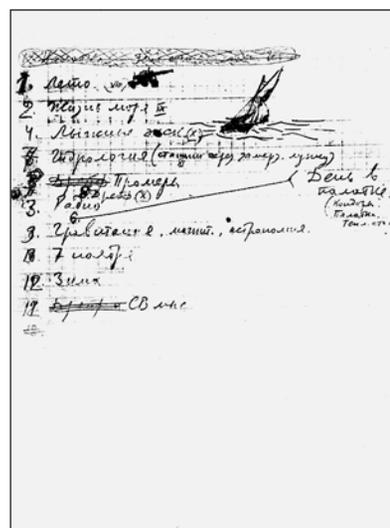
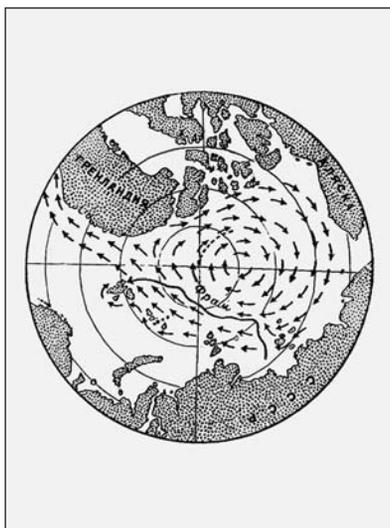
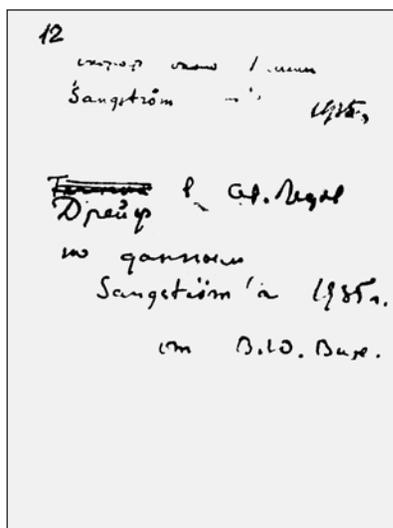
— Константиныч! Когда ты кончишь свои магнитики? Обедать скоро, — крикнул ему вдогонку И.Д. — Через полчаса, — донесся из тамбура его веселый голос.



Надо вести дневник.

«Не приветствуют гордые лотосы...», — звучали в ушах стихи, мешая сосредоточиться на работе. На минуту яркие образы, навеянные звучными строфами, заслонили сложную путаницу течений, над которыми сидел все утро.

Древний Египет... Смуглые лица давно ушедших народов... Ярким праздником, зноем солнца далекой неведомой страны, цепляясь друг за друга, вспыхивали в мозгу картины седой истории человечества. Три тысячи лет до нашей эры на узких полосках долин древних рек возникали и развивались древние цивилизации: Месопотамия, Египет.



Странички из дневника. Схема течений в районе полюса. План ненаписанной книги.

Большие города, сложная машина социальных отношений. Зачатки наук, бесконечные поколения фараонов, сотни тысяч людей. Но узок был тогда мир. Грозной стеной неведомого окружали человечество страшные пески Ливии. Туманная даль Средиземного моря. Шли века. На арене истории Древний Египет сменился веселой Элладой. Раздвинулись рамки мира. Уже за грозным Понтом (так в те времена называли милое Черное море) раскинулись беспредельные степи дикой Скифии. Смелые финикийцы открыли взорам ворота таинственного Гелеспонта... Тяжелая поступь римских легионов раздвинула мир до выжженных солнцем гор Афганистана, до холодных берегов Альбиона. На открытых судах смелые викинги ворвались во фиорды Гренландии. Хищные пальцы испанцев и пиратов вытащили из тупика океанов сказочные страны Нового Света. Все шире становится мир. Пестрым ковром народов покрылась Европа. Ледяной ветер налетал с полуночи из царства льда и мрака. Смелые тропы первых путешественников. Наконец, удалось пройти туда — 23 года шел к заветной точке Пири [Р.Пири — американский полярник, на собачьих упряжках в 1908 г. достиг района Северного полюса. — В.К.]. Метеорами пронеслись воздушные экспедиции.

Новая цивилизация. Новая строка. Станция, будни работы.

Брезент палатки густо покрылся инеем. Под ударами ветра крупные иглы инея сыпались на лебедку. На ящик с пробами, на батометры. «Летучая мышь» скупо освещает покрытый сажей блок счетчика, серые, перепачканные маслом детали лебедки. Тонкий, туго натянутой струной трос уходит в черный просвет лунки.

<...> Вчера Эрнст радиофицировал палатку. Под потолком провел провод, засунув его под

тесью. Присоединил наушники. Теперь каждый из нас слушает последние новости, сидя на своем месте, на нижних койках. А Женя, который ложится в 9—9.5 ч вечера, просыпается и, засунув наушники в мешок, слушает.

В химлабораторию, прочно обосновавшуюся на столе, Эрнст провел свет. Получилось очень удобно, «а главное, научно!», как говорит Женя.

О чем поет ветер?

Нас быстро несет на юг по Гринвичскому меридиану. Дрейф усилился начиная с первой половины августа. Когда из Москвы вылетели ТБ (тяжелые бомбардировщики ТБ-3 со снятым вооружением, использовавшиеся в полярной экспедиции. — В.К.) на Рудольф [о.Рудольфа, самый северный в архипелаге Земля Франца-Иосифа. — В.К.], мы забеспокоились, не вздумает ли начальство в связи с быстрым дрейфом снять нас сейчас. Но О.Ю. [Шмидт. — В.К.] <...> даже в случае быстрого дрейфа снимать собирается лишь в феврале—марте, комбинированным путем, т.е. послав ледокол и самолеты. Ледокол всем нам очень подходит. Может быть, удастся сохранить все наше хозяйство. Поэтому сейчас мы даже приветствуем быстрый дрейф — к весне подойдем в район, доступный для ледокола.

1 ч ночи по московскому времени. 9 ч вечера по местному, гринвичскому времени. Но последнее у нас существует только на Жениных хронометрах. Живем мы одним временем с далекой Москвой. Я один в палатке. И.Д. и Эрнст берутся с ветряком. Начался норд-вест, ветряк нужно пустить, но засорились шестеренки на мачте, нет контакта. Эрнст сейчас взгромождается на ветхую, по-



Ширшов в палатке.

ломанную стремянку. <...> Спрятав голову в капюшон рубахи, он чистит нагар на медных концах контактов. Как всегда, немного горячась, И.Д. стоит внизу, нетерпеливо спрашивает Эрнста: «Поворачивать? Теодорыч!» Длинной трубой, выкрашенной в зеленый цвет, тоже память, как и стремянка, о раскулаченном самолете, он время от времени поворачивает хвост ветряка, чтобы Эрнст мог прочистить все части. Жени тоже нет в палатке. Еще в 6 утра он начал свои вариации и закончит только завтра к обеду. В ледяном домике он сидит, согнувшись у своих приборов, каждые две минуты отсчитывая то в одном, то в другом.

Ветер слегка хлопает по наружному брезенту, шуршит мягкими лапами по крыше палатки. Норд-вест... Снова дрейф на юг. Снова пять—семь шариков в коробке вертушки, поднятой мною час назад. Мы все уже привыкли к своеобразному языку гидрологической вертушки Экмана—Мерца. «Сколько шариков, ПэПэ?» — спрашивает И.Д., когда я возвращаюсь с очередного вертушечного срока. «Шесть шариков за 10 минут!» — «Ого! Опять поехали. А куда несет?» — «На зюйд-ост».

Шесть шариков — это у нас средняя «скорость». Это значит, что вертушка за 10 мин сбросила в магнитную коробку шесть шариков.

Ветер шумит над палаткой. На меня всегда действует ветер. Не то что беспокоит или мешает, но, когда сидишь один, когда слушаешь его звуки, то «несмелые», заглушенные, то вдруг бесшабашно буйно веселые, сам куда-то уносишься далеко. Там, далеко отсюда, на далекой твердой земле, ветер поет о каких-то бескрайних просторах, о чем-то необъятно широком. Но здесь о чем ему петь? Мне обидно, что здесь он уже не поет о диком раздолье пустыни, о том, как несутся, кружатся потоки снега в пурге среди торосов. Как леденеет бескрайний простор океана. Здесь все заслонили лебедка, измазанная маслом, закопченная сажей, горячка гидрологических станций, уютное тепло палатки, бидон №37 — «Табак, вес 22.4», сера в керосине, «Последние известия» в 11 ч вечера. Одним словом, бесчисленные мелочи наших будней, будней, полных интересной работой, будней, полных дыхания того большого дела, в котором мы участвуем.

О чем же здесь петь ветру! О том, что мы вчера с Женей прошли 30 км по этим самым ледяным просторам, определяя толщину льда, их образующего? Или о том, что я сегодня оттитровал пробы прошлой станции и собираюсь завтра брать следующую. Пусть об этом он лучше не поет — обложу его матом: боюсь, что он слишком быстро гонит лед и дрейф мне помешает завтра работать. А станцию взять уже пора. Вот через полчаса Эрнст наладит ветряк, и пусть тогда он крутит ветряк, заряжая аккумуляторы. Но пока он бродит без дела, он все-таки о чем-то поет.

Так и не понял, о чем поет ветер! Ветряк пошел, грохочет, завывая шестеренками. Довольные возвращаются Эрнст и И.Д.

Гидрологическая станция

24-го дрейф замедлился. Воспользовавшись очередной остановкой (вернее, «малым ходом» — мы теперь дрейфуем на зюйд-ост, даже при южных ветрах), начал гидрологическую станцию (26.09) [дата из дневника Ширшова. — В.К.]. В палатке уже темно, даже циферблат счетчика без фонаря не виден, особенно если его коптить четыре раза в сутки «хвостиком» из асбеста, смоченного бензином. У меня в палатке сейчас, я бы сказал, даже уютно, несмотря на обилие сажи, масла, обрывков просаленных тряпок и прочих атрибутов гидрологической работы, производящейся в зимних условиях. Справа, на забрызганном маслом чемодане, горит примус. На нем греется вода, без которой нельзя ничего сделать при температуре до -25°C .

Начинаю серии по четыре батометра. К 12 ч ночи кончил до 1000 м. Взял вертушку. Поспал до 6 ч утра и начал готовить промер.

Прошлый раз было 3767 м. Сейчас я ожидал от 3500 до 3800. С 3300 пошел самым малым ходом, 10 м за 3 мин. Сотня за сотней уходит трос в глу-

бину океана. Утомительно медленно тянется время, а дна все еще нет.

Приходит 12 ч дня, а лебедка все вертится и вертится, подходя к 4000 м. И.Д. уже несколько раз просовывался в застегнутую «дверь» палатки, осведомляясь, достиг дна или нет. Наконец, в 13 ч добрались до дна — 4025 м.

Проверил несколько раз, после чего начал поднимать. Подъем был значительно тяжелее, чем обычно. Очевидно, сказывалось дополнительное трение троса о воду благодаря усилившемуся дрейфу.

Крутим попарно: я с Эрнстом, И.Д. с Женей. У И.Д. болела голова весь день, да и сердце у него вообще неважное. Но он никак не хочет отставать от нас. Поэтому Эрнст придумал способ его «надуть». Мы крутим по 300 м каждая пара. Как только И.Д. с Женей сдали нам «вахту» и ушли отдыхать, Эрнст подмигнул мне: «Передвинем стрелку на сотню». В результате, когда мы ушли со своей вахты, счетчик показывал столько, сколько нам положено было открутить, но, помимо счетчика, мы вели вдвоем счет «блатным» сотням сверх его показаний. Каждый раз откручиваем 100—200 лишних метров и с невинным видом сочиняем всякие истории о том, что нас задержало.

Но подъем подходит к концу. На счетчике 1100 м, а в самом деле 500. Нужно сплавить И.Д., чтобы он не заметил нашего надувательства. Мы прикидываемся бедными овцами, умирающими с голода, и в результате уговариваем его, что крутить осталось пустяки, сами, мол, справимся, а он лучше пусть нам обед приготовит. Крутим дальше втроем. И, к удивлению Жени, который не знал нашего «фокуса», быстро вытаскиваем тяжелый груз.

<...> Не всегда гидрологические станции проходят гладко. Иногда дрейф замедлялся, и мы немедленно воспользовались этим, чтобы сделать последний промер за 85°, взять 18-ю гидрологическую станцию. С семи утра начал привычную возню в закопченной гидрологической палатке. На шелковой веревке прикрепил к концу троса груз весом 27 кг. Над ним батометр для взятия пробы воды из придонного слоя. Как всегда, пришлось повозиться с тормосом лебедки, плохо работавшим на морозе. По циферблату счетчика поползла стрелка, отсчитывая десятки, сотни метров. На прошлой станции глубина океана снова увеличилась до 4025 м. Мы продолжали удаляться от Гренландии, поэтому не было никаких оснований ожидать значительного уменьшения глубины. Я быстро травил трос, предполагая с 3600 м перейти на малый ход. 3500 м показал счетчик, когда барабан лебедки неожиданно замедлил ход, но не остановился. С полного хода тяжелый груз впился в грунт, метров 20 троса успело сбегать с барабана, образовав петлю на конце, прежде чем я остановил лебедку. <...> Одна из них оборвалась при вытаскивании тяжелого груза из грунта. К счастью, превосходный тросик, изготовления Ленинградского завода Красной



Прилетели на полюс.



Разбор гидрологической аппаратуры.



Строительство снежного тамбура к жилой палатке.

Гвардии, остался цел. Толщина его только немного больше миллиметра.

После короткого отдыха начали глубоководную станцию. Батометры ушли на глубину океана до 3500 м. Чтобы закрыть батометры на той глубине, куда они прошли, пускаю по тросу посыльный грузик, так сказать, почтальона. Два километра предстоит пролететь ему до верхнего батометра.



Эх, лебедка, ты, лебедушка!



Веселый с тоской смотрит на продовольственный склад, мечтает о мясе.

Но с глухим стуком почталон останавливается на глубине 3 м. Трос, слегка отклонившийся благодаря дрейфу, крепко врезался в нижний край лунки.

Пресная вода, заполнившая лунку во время таяния, замерзает на границе с холодной морской водой. Образовавшийся лед частично всплывает в виде шуги, частично намерзает по нижнему краю лунки. В результате на глубине 2 м образовался карниз молодого льда, постепенно закрывающий просвет лунки.

Вооружившись четырехметровой алюминиевой трубой, четыре часа выбивал лед в глубине лунки. Толщина его достигала 10—15 см. Только после этого удалось продолжить гидрологическую станцию.

Нельзя сказать, что работа на морозе с холодной водой доставляла мне много удовольствия. Металлические части быстро стынют на морозе, и мокрые пальцы то и дело прилипают к ним. Стараясь сохранить тонкий трос, я придерживаюсь мысли, что маслом троса не испортишь. В результате как лебедка, так и гидрологические приборы обильно покрываются вязким машинным маслом, приправленным к тому же копотью от бензинового факела, применяемого нами для обогрева блока счетчика.

Вдвоем с И.Д. два с половиной часа вертим барабан лебедки, выбирая трос с глубины трех с половиной километров. Первая серия взята.

После обеда продолжаю станцию. В течение 8 ч работы беру пять серий. Казалось, все. 24 банки наполнены пробами. Вода в банках заботливо уложена в ящик, выложенный внутри мехом. В записной книжечке новые колонки цифр температуры воды. Все отчетливее чувствуем приближение к Атлантическому океану. Толщина слоя атлантической воды положительной температуры возросла почти до 100 м. Температура воды увеличилась до +1.02°C на глубине 400 м. В связи с этим Женя Федоров, любитель смелых решений, предложил опускать на 400 м резиновый бидончик со льдом, чтобы готовить воду для чая.

Главврач полюса

Сегодня (14.10) весь день 31—32° ниже 0. В палатке +9°C. Несмотря на толстый слой снега на крыше палатки, трубы каркаса по стенам палатки покрылись толстым слоем инея.

И.Д. продолжает возиться с коробкой для вертушки. Но, как всегда, он слишком увлекся и в результате простудил голову. Он как-то посерел, когда, не выдержав боли в затылке, сбежал из кухни.

— Не бережешься, И.Д., — укоризненно сказал Женя.

— Да хочется скорее кончить. А то Петя пальцы мне отрубит, — болезненно скорчив подобие улыбки, ответил он. — Я сказал ему, пусть пальцы мне отрубит, если не сделаю, — объяснил он. — Вот погреюсь немного и пойду, часок поработаю.

— Ну брось ты, И.Д.! Куда тебе сейчас работать. Ложись в мешок лучше! Простудился совсем, — возмутился я.

— Да нет! Ничего! — не соглашался И.Д.

— Брось, Дмитрич! — продолжал я. — Я как главврач «Полюса» категорически запрещаю Вам сегодня работать, уважаемый больной.

— Видал, Теодорыч! — обратился И.Д. к Эрнсту, разбуженному нашими голосами. — Доктор наш запрещает работать.

— Ну, доктора приходится слушать! — пробурчал сонным голосом Эрнст. — Не то он на тот свет загонит! Он у нас такой!

Вечером, за чаем, я вытащил из ящика резиновый баллон. Разлил чай по кружкам, налил в резиновую подушку. И.Д. положил ее на голову. Сверху — чепец. Полегчало. <...>

Вчера (28.10) вечером Женя пожаловался на боль в боку. Пришлось заняться своими врачебными обязанностями. Из аптеки достаю коробочку с горчицей. В своей суповой миске развел ее горячей водой. Платков у нас нет, зато есть остатки тормозного парашюта. Приготовил салфетку. Выслушал Женю. У него хрипы в левом легком. Потом он залез в мешок, а я положил ему горчичник, велел потерпеть, когда начнет щипать. Женя терпел, терпел, но горчичник начал действовать, и Женя потихонечку засвистел носом.

Сегодня я ставил ему банки. Женя, как и все остальные, явно избегает пользоваться моими медицинскими познаниями. И всячески бережет себя от простуды и прочих неприятностей. Иногда я просто в отчаянье. Столько времени потрачено на мою медицинскую подготовку. И все впустую. Вот уже семь месяцев прошло, а я еще не выступил в роли врача. А тут как раз Женя промерз в своем ледяном доме и слегка кашлял. Я сразу насторожился. Затаив профессиональную радость, заставил залезть его в мешок и раздеться. Вооружившись стетоскопом, стал выслушивать. Сердце стучит там, где ему полагается стучать. Легкие тоже на месте. Однако выпускать жертву из своих рук не хотелось. Запугав Женю кучей специальных терминов, уговорил его поставить банки. Банки у меня с большой резиновой грушей. Эрнст уверяет, что они только для того, чтобы отсасывать молоко. Четыре штуки поставил хорошо, но для остальных у Жени не хватило кожи. Поставил пятую, одна из первых уже валится. Мучил я его, мучил, потом решил ставить с огнем. Эрнст предложил мне эфир. Спирта у нас нет (спирт был забыт на о.Рудольфа. — В.К.). И.Д. предложил себя в качестве ассистента.

Намотав на карандаш бинт, обмакнул его в баночку с эфиром.

— Пожалуйста, профессор, Вам спичку? — шуточно засуетился И.Д., зажигая спичку. <...> Я храбро сунул горящий бинт в банку и сейчас же прижал ее к голому боку.

— Ой, ты! Сожжешь совсем! — засмеялся Женя.

— Ничего, Женя, потерпи! Крепче приста-нет! — утешал я его, любуясь своей работой. <...>

— Ого, тянет вовсю, — обрадовался И.Д., поднявшийся на цыпочки рядом со мной. <...> Вторая банка также прочно прилипла рядом с первой.

Эрнст из своего мешка что-то сострил по моему адресу, но я был настолько поглощен трудной процедурой, что даже не отреагировал на его остроту. Но третья банка упорно не хотела приклеиваться. Один раз, другой, пытался я посадить ее рядом с двумя уже сидевшими. Причмокнув, <...> сваливалась обратно. <...>

— А ты побольше огня поддержи, не стесняйся! — поддразнивал Эрнст, высунувшись до половины из мешка.

— На эфир! Обмокни побольше! — протягивал банку с эфиром И.Д. Я обильно смочил эфиром бинт, вспыхнувший большим голубым пламенем от спички, зажженной И.Д.

— Ой, караул! Сожжет! — воскликнул Женя, когда я слишком близко поднес огонь к его боку.

— Да ну тебя! Не вертись! — крикнул я Жене, когда он завертелся под моими неумелыми руками. <...>

— Вот доктор! Больного, как поросенка, смолит! — захлебывался от смеха И.Д. Я огрызнулся, сам смеясь, и снова попытался посадить банку. Банка впилась в бок, уже покрывшийся большими розовыми кольцами от предыдущих попыток.



Трио с Веселым.

— ПэПэ! Палатку сожжешь! — новым взрывом смеха разразился И.Д. В борьбе со злополучной банкой я не заметил, что поднес слишком близко горящий «квачик» к брезенту палатки над Женей. <...> Запахло горелым волосом. Снова взрыв смеха. <...>

— Это мой мешок горит, — объяснил Женя.

Действительно, длинная шерсть мешка порядком пострадала от моего «квачика». Еще несколько попыток, и вот все семь банок посажены.

— Ну, теперь лежи, — с облегчением сказал я Жене, закутывая его в мешок.

А через несколько дней я узнал от встревоженной Жены, что банки ставили мне. Очередная шалость телеграфа, жертвой которой стали «Известия».

Так закончилась моя первая и, надеюсь, единственная попытка оказать медицинскую помощь жителям «Северного полюса».

Петлистый дрейф с генеральным направлением

Первые 20 дней пребывания на льду дрейф, казалось, имеет чисто ветровой характер. При преобладавших в мае — начале июня северных — северо-западных ветрах дрейф направлялся по ветру к юго-западу, несколько уклоняясь вправо вслед-



Откапывание осевшей палатки.



Скоро лагерю конец.

стве вращения Земли. Но в течение июня—июля ветры были разных направлений, преобладающего не было. Несмотря на это, петлистый дрейф сохранял все-таки генеральное направление к юго-востоку, со скоростью, однако, меньшей, чем мог.

Параллельно карте дрейфа Федоров составил схему пути ветра за легнее время. В случае чистого ветрового характера дрейфа обе кривые должны быть геометрически подобными. Однако этого не оказалось.

Очевидно, на лед, кроме ветра, действует постоянное течение. Выделить его удалось по способу Сведрупа. Направление течения — юго-восток. Скорость — полторы мили в сутки.

Постоянны ли эти направления и скорость, или же течения носят также сезонный характер, выяснится в дальнейшем.

Выделив постоянные течения, удалось установить коэффициент зависимости скорости дрейфа от скорости ветра. Скорость дрейфа находится в прямой зависимости от скорости ветра, величина коэффициента связи 0.013. <...>

Благодаря влиянию вращения Земли, действительно так, из-за силы Кориолиса, направление дрейфа отклоняется примерно на 40° вправо от направления ветра.

Астрономические наблюдения дают несколько суммарную картину дрейфа. Для составления де-

тальной карты дрейфа, для выяснения подробностей зависимости между дрейфом и ветром ведутся регулярные вертушечные наблюдения. Скорость ветра, кроме метеосроков, регистрируется анемометром.

Первоначально скорость дрейфа определялась вертушкой, самописцем Кузнецова. Направление определялось по отклонению троса в гидробиологической лунке с точностью до 10°. Но, к сожалению, остроумно задуманный прибор был изготовлен недостаточно хорошо. Одна вертушка, с плохо закрепленной крышечкой, не выдержала давления, пропустила воду, испортившую часовую механику. У второй также отказали часы. Пришлось наблюдения производить обычными вертушками Экмана—Мерца. Наблюдения производятся пять раз в сутки. В случае быстрых наблюдений производятся и чаще.

Чтобы получить скорость дрейфа льда, вертушку нужно опустить на глубину, на которой отсутствуют заметные течения. Первоначально вертушки опускались на глубину 750 м, т.е. ниже слоя Атлантической воды.

В августе—сентябре было выполнено большое количество вертушечных наблюдений над течениями, возникающими в верхних слоях моря под действием дрейфа льда. Наблюдения производились одновременным опусканием на разные горизонты двух вертушек Экмана—Мерца. Каждый раз наблюдения производились сериями последовательно в шести—восьми горизонтах. Таких серий выполнено 25. Кроме регулярных наблюдений над скоростью и направлением дрейфа, производились наблюдения четыре—пять раз в сутки.

В результате выяснена следующая картина течений, вызванных дрейфом льда. Ветер, действуя на поверхность льда, приводит его в движение. Как мы уже сообщили, направление дрейфа льда уклоняется от направления ветра вправо примерно на 40° благодаря действию так называемой силы Кориолиса, возникающей вследствие вращения Земли.

Движение льда, в свою очередь, вызывает движение поверхностного слоя воды. Глубины, на которые проникает действие дрейфа льда, зависят от скорости последнего и продолжительности движения. Так, например, при установившемся дрейфе льда со скоростью 0.10—0.15 м/с дрейфовое движение отчетливо выражено на глубине до 25—30 м. Только в редких случаях оно захватывает при этой скорости дрейфующие воды до 50 м.

Скорость течения весьма быстро убывает с глубиной. Если на глубине 5 м скорость течения колеблется от 65 до 100% от скорости дрейфа, то на глубине 25 м скорость течения воды не превышает 20—30%.

Любопытно, что под действием той же силы Кориолиса течение, возникающее в верхних слоях, также уклоняется вправо от направления дрей-

фа. Примерно на 20—40°. Это значит, что при ветре, дующем на юг, на глубине 15—25 м возникает течение, идущее на запад—юго-запад, т.е. течение направлено почти перпендикулярно к ветру.

Дрейфовые течения возникают сравнительно скоро после начала дрейфа. Но также быстро прекращаются с его остановкой.

Удалось проследить также следующее интересное явление. Продолжительный дрейф увлекает воды поверхностного слоя толщиной примерно 20—25 м. Под этим слоем на некоторой глубине возникает обратное течение, компенсирующее сгон воды, вызванный дрейфующим льдом. На ее место поступает вода из прилегающих районов. Возникают течения, компенсирующие сгон воды, вызванный дрейфом льда.

Обратное течение наблюдалось каждый раз во время продолжительных дрейфов. Максимальная скорость течения и максимальная его продолжительность наблюдались обычно на глубине 50—75 м. Однако во время продолжительных и быстрых дрейфов обратное течение захватывает значительно более мощный слой от 35 до 125 м.

Обратное течение начинается через некоторое время после начала дрейфа: от 12 ч до полутора суток. Несколько позже оно достигает своей максимальной величины, нередко уже после замедления или даже полной остановки дрейфа.

Это значит, что при устойчивом дрейфе, например на юг, вода поверхностного слоя сгоняется дрейфом...

После остановки дрейфа обратное течение еще долго не прекращалось, продолжаясь нередко в течение еще нескольких суток. Так, например, после быстрого дрейфа на юго-восток 10—13 августа обратное течение наблюдалось на глубине 75 м до 19 августа.

Максимальная скорость обратного течения наблюдалась на глубине 50 м после упомянутого дрейфа 10—12 августа и достигала 0.28 м/с.

Обычно скорость обратного течения не превышает 0.10 м/с.

Родной приют

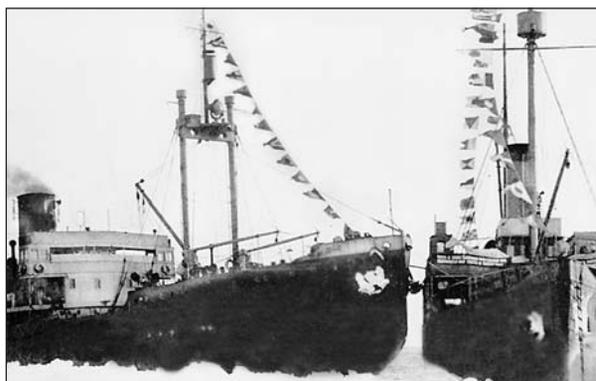
Хорошо в лунную ночь побродить вокруг нашей станции. Рваными клочками облака несутся быстро по светлому небу, обещая на завтра пургу. Временами прорывается луна, и тогда таинственными памятниками кажутся торосы, сгрудившиеся в стороне <...> Приземистый силуэт нашей палатки едва чернеет, будто зарывшись в глубокий снег... Ребрами каких-то неведомых чудовищ кажутся лыжи, нарты, поставленные хозяйской рукой И.Д.

Сквозь занесенное поле уютно светится наше жилище.

<...> Вечером в палатке тихо. Ветер улегся, не шумит больше пургой, не поет в оттяжках радио-



Последняя съемка: прощай, папанинская льдина!



«Таймыр» и «Мурман» пришли на помощь.

мачты. Посредине палатки, на бидоне, дружно горят спаренные лампы, тихо повистывая в горелках. Всюду тикают часы. Их у нас много, самых разнообразных. Солидно, размеренно отбивают полусекунды три хронометра. Торопливо, словно захлебываясь от спешки, наперебой тикают в разных углах часы И.Д., Эрнста, мои, Женины. На дворе –25, у нас же +0.15. И.Д. пишет в толстой, потрепанной тетради. Он регулярно ведет дневник, добросовестно регистрируя все мелочи, все события нашей жизни. Эрнст, положив на колени фанерку, покрывает странички записной книжки колонками цифр. На ушах у него телефоны. Женя снова ловит звездочки и снова доносится его заглушенный голос: «Четвертый отсчет... 302° 51 мин 06 с»...

<...> «О мой Ратмир! Любовь и мир в родной приют тебя зовут!» — чистым полновзвучным сопрано звучит голос далекой Москвы. Коминтерн транслирует «Руслана и Людмилу» из Большого театра. Я на минуту оставляю в покое дрейфовые течения, частыми стрелками покрывающие страницы тетради.



Встреча в Москве. Путь в Кремль.

Вот и сбылось! Давно ли сидел в удобном кресле в Большом зале, залитом светом двух огромных люстр, искрящихся всеми цветами радуги своих хрустальных подвесок. Нежной аркадской свирелью, искрящимся каскадом карнавального веселья, грозным громом бури неслись звуки Большого оркестра Филармонии. Но из всех звуков, из всех образов, возникавших в мозгу, все настойчивее звучала музыка беспредельного простора, скрип снега под лыжами, холодная звенящая тишина полярной ночи. До боли хотелось быть там, на далеком Севере.

<...> Несколько слов о нашей льдине, о трещине. Боюсь, что у большинства москвичей с этими словами связаны несколько иные представления, чем у нас.

Громадным треугольником, почти на 4 км, вытянулась наша льдина. Небольшой город мог бы свободно разместиться на ней со всеми своими скверами, бульварами, парками. Здесь есть ровные площадки, годные для посадки целой эскадры тяжелых самолетов. Есть живописные холмы до 3 м, а летом здесь были озера, достаточные для размещения небольшой эскадры байдарок. Мете-

ли еще не успели занести их снегом. По краям льдины тянутся гряды старых торосов — следы мощных ударов соседних полей. За этими грядами — полосы битого льда шириной до 50—100 м. Ровные куски молодого льда беспорядочно набросаны в невероятные гряды. Чернеет полоса едва замерзшей воды. Это и есть наша трещина.

Мы любим нашу льдину. Любим весь этот своеобразный мир, только издали кажущийся мертвой пустыней. Но любим его не бесплодной любовью отшельников, а полнокровной любовью людей, для которых этот далекий уголок является уголком великой Родины.

Как много захватывающе интересного рассказывает этот мир внимательному глазу исследователя. О скольких замечательных вещах рассказывает ветер, лед, океан.

<...> Сейчас полгода нашей жизни на льду (ноябрь. — В.К.). Поздний вечер в палатке. Ярко горят лампы, освещая привычную тесноту, равную, пожалуй, тесноте подводной лодки. Алмазными блестками сверкают белые пятна инея на стенах. Мы все бритые, праздничные. На полу четыре больших листа, покрытые географической сеткой. Это Женя Федоров разложил карту нашего дрейфа. Причудливыми зигзагами — петлями — вытянулся 1000-километровый путь нашей льдины. Дрейф полярного льда является, по-видимому, одним из самых грандиозных явлений природы. В беспредельных просторах Ледовитого океана громоздится этот гигантский ледоход, неумолимо уносящий миллионы кубометров льда через Полюс на юг. И вот здесь, в этих тетрадах с блестящим непромокаемым переплетом, за 6 месяцев моей работы накопились данные, дающие разгадку дрейфа льда через Полюс в Арктику.

<...> На карте Федорова много цветных кружков, густо унизавших линию дрейфа. 13 синих кружков — это 13 гравитационных измерений, в которых была определена сила тяжести. 12 больших красных кружков — это 12 промеров глубин океана: 4.295 м, 4354, 3600... — все это глубины, добытые нашими руками в самом буквальном смысле слова. Эти кружочки с пометкой — 24 гидрологические станции. Это разрезы всей толщины океана от Полюса до Гренландии... (Они дали возможность показать, как до самого Полюса пробиваются струи атлантической воды.) Вот треугольники, они позволили нам покончить с устойчивой сказкой о безжизненности вод Ледовитого океана. Женя рассыпает по линии дрейфа зеленые кружки. Это магнитные наблюдения.

Однако довольно разглядывать карту. Этим мы займемся подробнее, когда вернемся. А сейчас 23.30. Мы надеваем наушники, в которых звучит уже знакомое: «Говорит Москва!». Здесь, на далекой льдине, особенно жадно ловишь слова дома, Родины. Слушаешь, как бьется ее сердце, ее жизнь. ■

Материал подготовила **М.Ю.Зубрева**

Где свои, а где чужие?

К истории расследования нацистских преступлений в СССР

М.Ю.Сорокина,

кандидат исторических наук
Архив РАН
Москва

В постепенно разрушаемой в России сталинской политической мифологии «миф о войне» оказался одним из самых жизнестойких. Одним из непосредственных участников его сотворения была созданная Указом Президиума Верховного Совета СССР в ноябре 1942 г. Чрезвычайная государственная комиссия по установлению и расследованию злодеяний немецко-фашистских захватчиков и их сообщников и причиненного ими ущерба гражданам, колхозам, общественным организациям, государственным предприятиям и учреждениям СССР (ЧГК). В сознании зарубежных историков она трансформировалась в «академическую». Скорее всего, потому, что из десяти ее членов шесть были академиками АН СССР.

Под грифом и от имени ЧГК в 1943–1945 гг. на русском и английском языках публиковались «сообщения» о фашистских военных преступлениях на территории СССР и Польши, которые широко использовались в дипломатических нотах и на мирных конференциях союзников. Журнальный вариант. Полный текст статьи будет опубликован в осеннем (2005) номере американского журнала «Kritika: Explorations in Russian and Eurasian History».

© Сорокина М.Ю., 2005

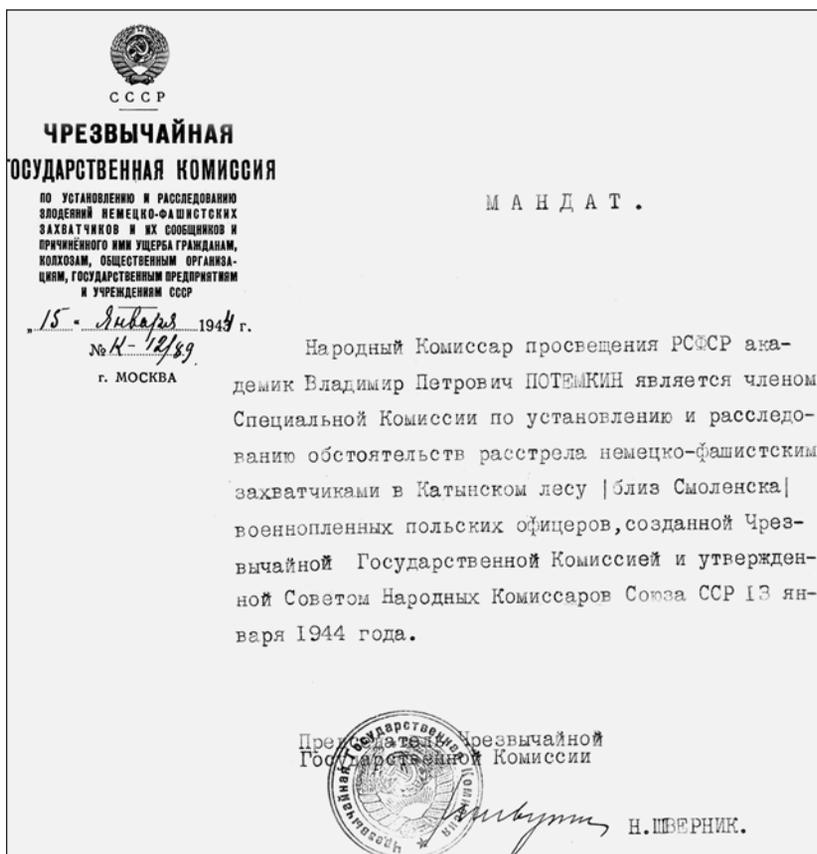
ков в годы войны. Они стали важнейшей документальной составляющей доказательной базы, представленной советской стороной Нюрнбергскому (1945–1946) и Токийскому (1950) трибуналам, а также на многочисленных внутренних советских судебных процессах над нацистскими преступниками и их сообщниками в 40–60-е годы. В соответствии с 21-й статьей Устава Международного Военного трибунала в Нюрнберге материалы ЧГК как официальные правительственные документы и доклады Объединенных Наций имели статус бесспорного доказательства [1. С.26–31].

Скрытые цели

Несмотря на значительный общественный и политический резонанс в СССР и за рубежом проведенных ЧГК расследований нацистских преступлений, деятельность Комиссии до недавнего времени не могла быть предметом исторического анализа. С момента создания работа ЧГК и собранные ею материалы (архивный фонд ЧГК насчитывает более 43 тыс. дел и хранится в ГАРФе — Государственном архиве Российской Федерации в Москве) были окружены строжайшей секретностью [2].

В течение всего почти полувекового периода «холодной войны» фонд ЧГК был недоступен для исследователей, хотя его отдельные материалы публиковались в сборниках документов по истории Великой Отечественной войны, подкреплявших официальную версию событий.

Почему, несмотря на огромный массив собранных материалов, ЧГК опубликовала в 1943–1945 гг. только 27 небольших официальных «сообщений» и кем и по каким критериям для них отбирались факты и места преступлений? Почему, несмотря на политическую ангажированность ЧГК, ее обобщающий документ — сообщение «Об итогах расследования кровавых преступлений немецко-фашистских захватчиков и их сообщников», проект которого был подготовлен осенью 1945 г., так и не получил разрешительную визу И.В.Сталина на публикацию [2. Оп.149. Д.172] и остался в архиве ЧГК? Почему, наконец, на протяжении десятилетий советское руководство вместо того, чтобы широко и публично использовать обличающие нацизм документальные свидетельства, закрывало архивные материалы ЧГК даже для «своих»? Само существование этих вопросов подводит к мысли, что в деятельности Комиссии, помимо продекларированных за-



Мандат члена Спецкомиссии по Катыни, наркома просвещения РСФСР, академика В.П.Потемкина.

дач, должны были быть и свои скрытые цели.

Одну из них в 1994 г. обозначил П.Н.Кнышевский, впервые в российской историографии предположивший, что через ЧГК «пытались списать и списали часть преступлений советской власти на счет Гитлера» [3. С.5]. В русле этой интерпретации в 1998 г. писатель Лев Безыменский, проанализировавший процесс подготовки «сообщений» ЧГК, связанных с Холокостом на оккупированных территориях СССР, утверждает, что часть опубликованных сведений ЧГК была результатом сознательной и целенаправленной фальсификации сталинских пропагандистов [4].

Первый конкретный адрес «списания» к 1990 г. был точно установлен — Катынь. Корпус важнейших советских докумен-

тов об этом только в 1997—2001 гг. издан в России [5—7]. При фабрикации этого дела в 1943—1944 гг. именно Спецкомиссии ЧГК под председательством академика Н.Н.Бурденко была отведена двуединая роль официального рупора советской контрпропаганды и независимого эксперта — участника расследования. Роль тем более ответственная, что «Катынь» открывала в 1943 г. целую серию сообщений германского командования об обнаружении на оккупированных территориях СССР мест массовых расстрелов советских граждан, проведенных НКВД.

Сегодня совершенно ясно, что Катынь была далеко не единственной и «катынская модель» отмыwania преступлений широко использовалась сталинистами и в других случаях,

прикрытых авторитетом ЧГК и ее комиссий содействия. Как широко применялась такая практика и кто был ее инициатором и проводником — вопросы исключительно чувствительные для российского общественного сознания, но требующие в равной мере как прямого ответа, так и основательных ему подтверждений.

Разумеется, сказанное выше ни в какой мере не означает попытки представить нацистских военных преступников и их действительных пособников «жертвами» НКВД. Речь о другом. В настоящее время богатейшие архивные материалы ЧГК активно привлекаются российскими и зарубежными исследователями, прежде всего в связи с процессом пересмотра оценок материальных, человеческих и культурных потерь в годы второй мировой войны и проблемами реституции. Использование собранных ЧГК материалов без ясного понимания истинных целей ее создания может оказаться своеобразным «ящиком Пандоры» для историков — и «сталинская школа фальсификаций» будет по-прежнему невидимо, но цепко задавать направление работы.

Уже в самом начале Великой Отечественной войны идея создания специального общественного органа по расследованию военных нацистских преступлений появилась в СССР, однако не была востребована советским руководством. 26 августа 1941 г. ответственный руководитель ТАСС и член Совинформбюро (СИБ) Яков Хавинсон*, еще в предвоенное время выдвигавший многочисленные проекты модернизации советской

* Хавинсон Яков Семенович (1901—1992) — в 1939—1943 г. ответственный руководитель ТАСС, член СИБ, с 1942 г. зав. отделом контрпропаганды СИБ. В 1943—1946 гг. член редколлегии и заведующий иностранным отделом редакции газеты «Правда», затем постоянный обозреватель «Правды» по международным вопросам (псевдоним «М.Маринин»).

пропаганды, направил секретарю ЦК ВКП(б), начальнику СИБ А.С.Щербакову записку, в которой предложил создать «в качестве систематического источника» информации о преступлениях фашистов на оккупированных территориях СССР «широкий и авторитетный общественный комитет, не носящий официального характера».

Однако предложение Хавинсона не получило одобрения начальника Управления пропаганды и агитации (УПА) ЦК ВКП(б) Г.Ф.Александрова*. Несомненно, осенью 1941 г., в период тяжелой обстановки на фронте, оно могло показаться несвоевременным. Однако, по-видимому, большее значение для отказа имело то обстоятельство, что функционеры александровского Агитпропа, выкристаллизовавшегося после чисток второй половины 30-х и лишённого культурного и образовательного налета некоторой части его предшественников, просто не понимали возможности и перспективы тонкой, свободной от примитивной идеологической риторики, психолого-пропагандистской работы с западным общественным мнением.

Тем не менее проект Хавинсона был отложен только на время и извлечен летом 1942 г., когда среди западных союзников развернулась дискуссия об основах создания международной комиссии по расследованию нацистских преступлений (будущей United Nations War Crimes Commission). Как показала Н.С.Лебедева, информация о переговорах союзников, проводившихся без консультации с советскими представителями, существенно динамизировала принятие в СССР решения о создании собственного органа рас-

* Александров Георгий Федорович (1908—1961), в 1940—1947 гг. начальник УПА ЦК ВКП(б); академик (1943), директор Института философии АН СССР (1947—1954), министр культуры СССР (март 1954 — март 1955). С 1956 г. и до конца жизни сотрудник АН Белорусской ССР.



Г.Ф.Александров (слева) и А.Я.Вышинский на заседании Президиума АН СССР. В заднем ряду: академики Н.Ф.Гамалея, К.И.Скрябин, В.Н.Сукачев и др. Вторая половина 40-х годов.

следования военных преступлений [9].

Пока советские чиновники «проектировали» будущую институцию, 7 октября 1942 г. президент США Ф.Рузвельт и лорд-канцлер Великобритании Д.Саймон в совместном заявлении объявили о готовности сотрудничать в создании комиссии Объединенных Наций по расследованию военных преступлений. Это заявление заставило советскую сторону немедленно предпринять ответный ход.

2 ноября 1942 г. указ о создании ЧГК был подписан председателем Президиума Верховного Совета СССР М.И.Калининым и вскоре опубликован. В соответствии с ним ЧГК получала статус общественной комиссии. Перспектива международного судебного процесса задавала советскому руководству необходимость считаться с традициями западной политической и судебной культур, хотя бы внешне имитируя их атрибуты и используя «западные стандарты» общественного мнения: с одной стороны, собранные (и собира-

емые) документальные материалы о нацистских преступлениях в СССР должны были обладать международной-правовой легитимностью, а с другой, — предъявлены такими представителями советского общества, чья репутация на Западе не вызывала бы сомнений. «Экспортному» характеру ЧГК должен был соответствовать и ее персональный состав.

Руководящие кадры

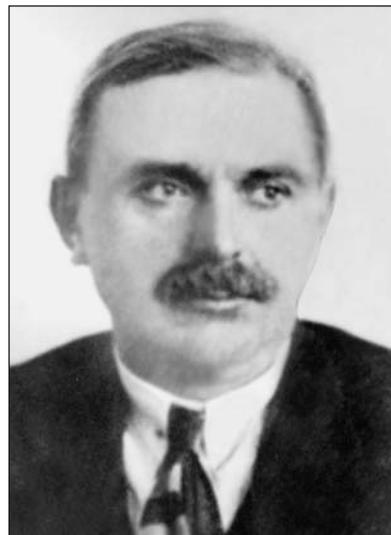
В состав ЧГК были назначены: председатель — глава советских профсоюзов Николай Михайлович Шверник (1888—1970), члены — 1-й секретарь Ленинградского горкома и обкома и член Политбюро ЦК ВКП(б) Андрей Александрович Жданов (1896—1948) (почти не принимал реального участия в работе ЧГК), митрополит Киевский и Галицкий Николай (в миру Ярушевич Борис Дорофеевич; 1892—1961), летчица, Герой Советского Союза Валентина Степановна Гризодубова



Академик Евгений Викторович
Тарле.



Академик Борис Евгеньевич
Веденев.



Академик Николай Нилович
Бурденко.

(1910—1993) и шестеро действительных членов АН СССР, избранных в советское время, — историк Евгений Викторович Тарле (1875—1955), энергетик Борис Евгеньевич Веденев (1884—1946), медик Николай Нилович Бурденко (1876—1946), агробиолог Трофим Денисович Лысенко (1898—1976), писатель Алексей Николаевич Толстой (1882—1945), правовед Илья Павлович Трайнин (1886—1949).

Несмотря на разницу в возрасте, социальном происхождении и образовании, практически все члены ЧГК были своего рода «выдвиженцами», обязанными взлетом своей профессиональной карьеры тем изменениям, которые произошли в их институциональных сообществах после Октябрьской революции 1917 г., и в этом смысле олицетворяли то, что сделала советская власть для конкретного человека. Петербургский рабочий Н.М.Шверник, пройдя школу подпольной революционной работы и гражданской войны, в 1930 г. возглавит советские профсоюзы, а в 1938 г. — Совет национальностей Верховного Совета СССР. Украинец Т.Д.Лысенко всего за 10 лет

превратится из никому не известного агронома в президента Всесоюзной сельскохозяйственной академии. Другой украинец — медик Н.Н.Бурденко почти за то же время проделает путь от провинциального доктора до лейб-медика и президента Академии медицинских наук СССР. Еврейский юноша даже без среднего образования, И.П.Трайнин возглавит главный юридический институт Академии наук. Уроженка Харькова В.С.Гризодубова к 28 годам станет одной из первых женщин-летчиц, Героєм Советского Союза и обладательницей мировых женских рекордов по скорости, высоте и дальности полета. Б.Е.Веденев, до 1917 г. служивший рядовым инженером, в советское время руководит крупнейшими гидротехническими проектами (Волховстрой, Днепрострой и др.) и к началу войны становится заместителем наркома электростанций СССР. Писатель А.Толстой, хотя и имел известность в дореволюционное время, однако настоящую популярность и «народность» приобрел в 20—30-е годы после публикации его произведений о гражданской войне и Петре I. Даже извест-

ный историк Е.В.Тарле был избран действительным членом Академии наук только в 1927 г. Все эти люди были хорошо известны в СССР и постоянно присутствовали на страницах советской печати, нередко рядом с высшим партийно-государственным руководством СССР и самим Сталиным.

Нет сомнений, что члены ЧГК отбирались по принципу абсолютной личной преданности вождю, столь же абсолютно точно проверенной. Не говоря о высших партийно-советских чиновниках Швернике и Жданове, почти с каждым из членов ЧГК Сталин неоднократно встречался еще в довоенные годы и непосредственно способствовал продвижению их карьеры.

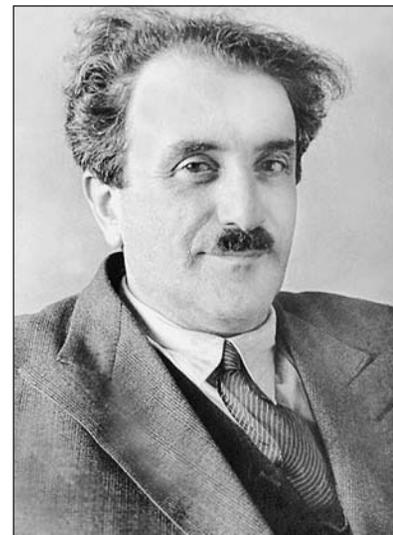
Самый высокопоставленный советский медик того времени, Бурденко принадлежал к элите «кремлевской медицины» второй половины 1930-х годов: лечил Сталина, членов Политбюро и правительства, деятелей Коминтерна. В 1940 г. он вступил в Коммунистическую партию. Между тем за внешней монументальностью его образа стояла отнюдь не простая медицинская карьера. Молодой Бурденко



Академик Трофим Денисович
Лысенко.



Академик Алексей Николаевич
Толстой.



Академик Илья Павлович
Трайнин.

представлял собой классический тип российского нигилиста, описанный И.С.Тургеневым в «Отцах и детях»: выходец из многодетной семьи, он получил духовное образование, но отказался от служения церкви и пошел в доктора. Участие в студенческих беспорядках в Юрьевском (Тартуском) университете отодвинуло получение диплома, и высшее медицинское образование Бурденко получил только 30-ти лет в 1906 г. В 40-летнем возрасте, имея за плечами опыт работы на фронтах Русско-японской войны и многочисленные стажировки за границей, он с немалыми затруднениями избирается экстраординарным профессором Юрьевского университета и только в 1923 г. в 50-летнем возрасте приезжает из Воронежа в Москву, будучи избран профессором Московского университета. В послевоенной России 1920-х, потерявшей в годы Гражданской войны едва ли не четверть своего медицинского цеха, провинциальный доктор сделал стремительную московскую карьеру. Отмечу только, что вследствие старых ранений еще в 1937 г. Бурденко окончательно потерял слух, а осенью 1941 г. перенес

инсульт и временно лишился движения и речи [10]. Энергичный, но тяжело больной человек, Бурденко станет главным медицинским экспертом ЧГК и председателем ее спецкомиссии по Катynie.

В.С.Гризодубова — командир женского экипажа, совершившего знаменитый беспосадочный перелет Москва — Дальний Восток (1938), при подготовке полета неоднократно встречалась со Сталиным в неофициальной обстановке. После полета она была назначена начальником Управления международных воздушных линий, открывала первые международные трассы в Берлин. В годы войны управление Гризодубовой выполняло спецзадания правительства по полетам в зарубежные страны, а сама она, помимо руководства авиационным полком дальнего действия, занимавшегося спецзаданиями по снабжению партизанских отрядов, возглавляла еще и Антифашистский комитет советских женщин.

И.П.Трайнин, в дореволюционные годы занимавшийся преимущественно экспроприацией экспроприаторов, неоднократно арестованный, ссылаемый

в Сибирь и высылаемый за границу, с 1920 г. стал работать под руководством И.В.Сталина в Наркомате национальностей и писать для журнала «Жизнь национальностей» по вопросам теории и практики национального вопроса. Продемонстрировав способность обосновывать и проводить генеральный курс, персонифицированный его патроном, Трайнин вскоре возглавил литературно-театральную цензуру (председатель Главного комитета по контролю за репертуаром (Главрепертком), затем наводил порядок в правлении Совкино (1926—1930) и в Институте советского строительства и права Коммунистической Академии (с 1931 г.). Именно ему в 1942 г. А.Я.Вышинский передал свой пост главного академического правоведа — директора Института права АН СССР. Несмотря на то, что Трайнин написал сотни статей по вопросам федерализма, международного права и т.п., его истинная роль — партийного комиссара от науки — ни для кого не была секретом. Впрочем, преданность режиму не спасла его от поношений в послевоенные годы, в период борьбы с космополитизмом.

Научный авторитет Е.В.Тарле, выдающегося специалиста по истории Франции, международных отношений и внешней политики России, был настолько безусловен и высок, что, будучи беспартийным, он неоднократно привлекался в экспертные комиссии, рассматривавшие самые значимые для сталинского режима внешнеполитические вопросы. В то же время в жизни Тарле было событие, в значительной мере определившее его публичное поведение: в январе 1930 г. академик был арестован в Ленинграде по знаменитому «делу Академии наук» («дело Платонова—Тарле») и выслан на 5 лет в Алмату. Через некоторое время Тарле возвратили и по личному указанию Сталина восстановили в Академии наук. Человек европейской культуры и громадного таланта, Тарле был так подавлен выпавшими на его долю неожиданными испытаниями, что с середины 30-х годов профессионально поддерживал геополитические устремления вождя народов.

«Браво, товарищ Лысенко, браво!..», сказанное Сталиным в феврале 1935 г. на Втором Всесоюзном съезде колхозников-ударников, надолго и окончательно открыло дорогу головокружительной карьере Т.Д.Лысенко — академик АН СССР (1939), президент Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук, директор Института генетики АН СССР (1940—1965), заместитель председателя Президиума Верховного Совета СССР (1938—1956). Феномен Лысенко как результат прямого покровительства Сталина многократно описан.

Известный прозаик, Алексей Толстой поначалу относился к большевикам резко отрицательно и даже сотрудничал с Отделом пропаганды Добровольческой армии генерала А.И.Деникина в годы Гражданской войны (1918—1919). Поселившись затем в Париже и Берлине, он активно работал в эмигран-

тской прессе. Однако это не помешало ему возвратиться домой: «сменив вехи», Толстой в августе 1923 г. приехал в СССР и с этого момента настолько отдался служению новому режиму, что без тени иронии может быть назван главным придворным литератором довоенного времени. Как многие советские писатели, трамплином своего преуспеяния Толстой вполне сознательно сделал воспевание Сталина, за что и получил все возможные для советского писателя регалии.

В 1920-е годы, тогда еще епископ Петергофский, Николай неоднократно арестовывался ОГПУ. Ему удалось уцелеть, и в 1927—1940 гг. он управлял Ленинградской, Новгородской и Псковской епархиями, а в 1940 г. стал экзархом Западной Украины и Белоруссии. В начале войны (июль 1941 г.) Николай был возведен в сан митрополита Киевского и Галицкого, с лета 1941 г. фактически управлял Московской епархией. Он принимал участие во всех важнейших встречах православных иерархов со Сталиным в военные годы (1943, 1945) и при восстановлении института патриаршества рассматривался в качестве серьезного претендента на место Патриарха Всея Руси.

Как нетрудно заметить из этого небольшого обзора жизненного пути некоторых членов ЧГК, их абсолютная лояльность сталинскому режиму обеспечивалась старинным проверенным методом — кнутом и пряником. В жизни каждого из этих людей были такие события, которые в условиях тоталитарного государства делали их совершенно зависимыми от него и позволяли так или иначе контролировать их поведение или даже управлять ими.

Наконец, обратим внимание еще на одно обстоятельство. На место председателя ЧГК Сталин поставил человека, во-первых, публично не связанного с внутривластными чистка-

ми и процессами 30-х годов, а во-вторых, возглавлявшего с самого начала войны Совет (затем — Комиссию) по эвакуации при СНК СССР и изнутри осведомленного о многих скрытых перипетиях этого процесса. Сталин точно угадал в Швернике верного хранителя самых потаенных государственных тайн. Неслучайно после XX съезда на весь период оттепели (1956—1966) Шверник возглавит Комитет партийного контроля при ЦК КПСС (с 1962 г. — Партийную комиссию), своего рода органа партийной безопасности.

Номинально каждый член ЧГК курировал один из отделов комиссии: по учету злодеяний, совершенных немецкими оккупантами и их сообщниками против граждан Советского Союза — И.П.Трайнин; по учету ущерба колхозам и совхозам — Т.Д.Лысенко; по учету ущерба промышленности, транспорту, связи и коммунальному хозяйству — Б.Е.Веденеев; по учету ущерба кооперативным, профсоюзным и другим общественным организациям — В.С.Гриздубова; по учету ущерба культурным, научным и лечебным учреждениям, зданиям, оборудованию и утвари религиозных культов — А.Н.Толстой, Н.Н.Бурденко, митрополит Николай. Кроме того, в сентябре 1943 г. при ЧГК было создано Бюро экспертов по оценке уничтожения и расхищения памятников искусства и старины, работу которого направляло Бюро экспертизы во главе с художником, академиком И.Э.Грабарем.

Однако в реальности курирование ограничивалось подписыванием итоговых документов. Как показывают протоколы ЧГК, фактически Комиссия не собиралась, а ее протоколы согласовывались «опросом»: из 27 заседаний в 1943—1944 гг. только 4, причем весьма незначительные по повестке дня, состоялись как собрание членов комиссии. Реальные рычаги управления деятельностью ЧГК находились в руках ее властных патронов,

формировавших «политический заказ», и аппарата комиссии, который его реализовывал.

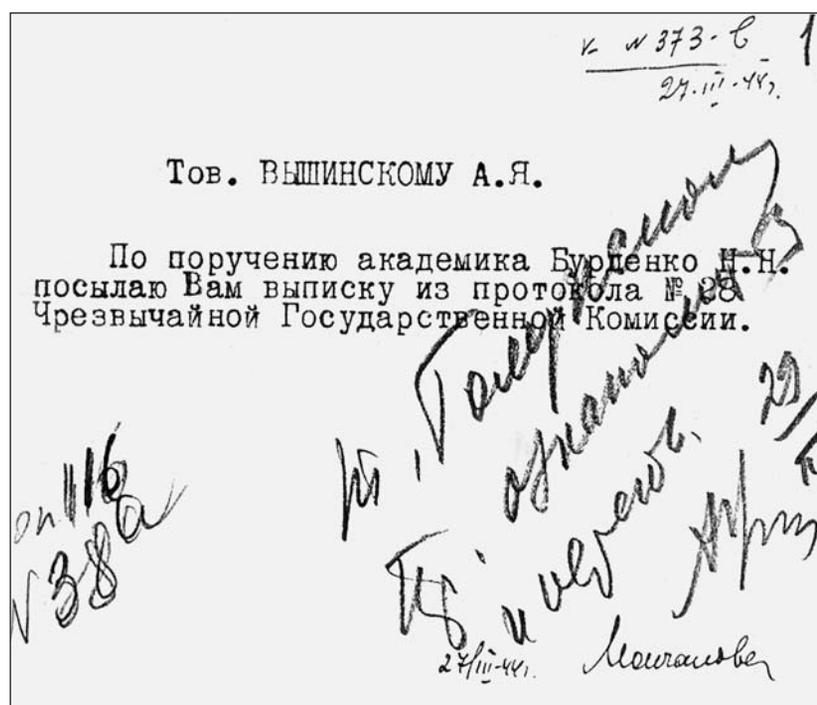
Центральная ЧГК венчала собой многоуровневый айсберг, основание которого формировалось разветвленной системой местных комиссий содействия работе ЧГК: от республиканских, краевых и областных (их насчитывалось более 100) до поселковых. Согласно отчету ЧГК, около 32 тыс. представителей общественности приняли участие в установлении фактов военных нацистских преступлений, более 7 млн советских граждан непосредственно собирали и готовили документы для ЧГК, которая рассмотрела свыше 54 тыс. актов и свыше 250 тыс. протоколов опросов свидетелей и заявлений о преступлениях нацистов, около 4 млн актов о причиненном фашистами ущербе [1].

Вячеслав Молотов: «Пора расшевелиться ЧГК...»

Период организационного становления ЧГК занял более четырех месяцев. Но только с началом раскручивания в середине апреля 1943 г. «Катынского дела» ее деятельность стала набирать обороты.

Присланные местными комиссиями содействия ЧГК и привезенные членами ЧГК из поездок по стране документальные материалы компилировались в Москве в тексты официальных «Сообщений», публиковавшихся в центральных советских газетах. Предполагалось, что они будут появляться два-три раза в неделю, однако такая периодичность никогда достигнута не была.

Ответственными за выпуск «Сообщений» ЦК ВКП(б) назначил «тройку» в лице А.Я.Вышинского, Н.М.Шверника и Г.Ф.Александрова. Опытный постановщик сталинских политических процессов 30-х годов, Вышинский быстро стал «теневым» ру-



Резолюция А.Я.Вышинского на материалах к Проекту Постановления ЧГК «О работе по исследованию и установлению метода расстрела немецко-фашистскими захватчиками советских граждан»: «Т.Голунскому. Прошу ознакомиться и переговорить. 20 марта 1944 г.»

ководителем ЧГК, неофициальным главным редактором и цензором ее «Сообщений».

Все члены ЧГК прекрасно понимали, какого пропагандистского эффекта ждут власти от их деятельности, и работали на политический заказ. Так, например, Алексей Толстой, в июне—августе 1943 г. побывавший в Ставропольском крае, в преамбуле опубликованного «Сообщения» ЧГК по этому району [11] своим именем и репутацией подтвердил «факты чудовищных злодеяний и массового истребления мирных советских граждан». Однако сравнение опубликованных и сохранившихся в личном фонде писателя [12. Оп.1. Д.26. Л.130—133] копий оригинальных документов, с которыми он непосредственно работал в процессе подготовки «Сообщения», сразу выявляет подтасовку фактов — «технология подмены»: во всех первичных документах речь шла о то-

тальном уничтожении нацистами еврейского населения края, которое в «Сообщении» ЧГК автоматически превращалось в «советских людей», «советских детей» или «советских граждан».

Конечно, в основе практики целенаправленной подтасовки и фальсификации сведений о размерах и содержании фашистских преступлений лежала воспринимаемая как прямое руководство к действию политическая воля самого И.В.Сталина. Еще в первой военной речи 3 июля 1941 г., обращенной к армии и населению, он заявил, что все ценное имущество, которое не может быть вывезено, должно безусловно уничтожаться, однако столь откровенная позиция, подкрепленная позднее рядом секретных приказов и директив, тщательно маскировалась на уровне идеологической пропаганды.

Одновременно партийно-государственное руководство

СССР тщательно скрывало реальные материальные и людские потери в войне, публикуя либо заведомо неточные данные, либо вовсе засекречивая «неудобную» информацию. Однако если основной алгоритм «двойного счета» сталинской бухгалтерии — для «внешнего» и «внутреннего» пользования — очевиден, то кем, когда, как именно и почему искажались те или иные сведения о разрушениях и потерях — в сторону увеличения или уменьшения — необходимо анализи-

ровать отдельно в каждом конкретном случае. В то же время не подлежит сомнению и тот факт, что само советское общество — на разных уровнях и часто с разной мотивацией — поддерживало и развивало инициативы своих вождей и в этом, возможно, подспудно кроется одна из причин, почему россияне не торопятся иметь реальную историю вместо мифологии.

Спустя почти полвека придется констатировать, что сталинский замысел создания фан-

тома «общественного обвинителя» фашизма вполне удался: ЧГК выполнила свою представительскую функцию в годы войны; в послевоенные годы она надежно закрыла для советского общества тему «военных преступлений», а созданные и собранные документальные материалы оказались очередной российской братской могилой, вскрывая которую, историки еще будут долго и иногда безуспешно разбираться, где — свои, а где — чужие, где — палачи, а где — жертвы. ■

Статья подготовлена в рамках проекта Российского гуманитарного научного фонда (№ 04-03-00260а).

Литература

1. Лебедева Н.С. Подготовка Нюрнбергского процесса. М., 1975.
2. Государственный архив Российской Федерации (ГАРФ). Ф.Р-7021.
3. Кнышевский П.Н. Добыча. Тайны германских репараций. М., 1994.
4. Безыменский Л. Информация по-советски // Знамя. 1998. №5. С.191—199.
5. Катюнь. Пленники необъявленной войны. Документы и материалы / Под ред. Р.Г.Пихои, А.Гейштора. Сост. Н.С.Лебедева, Н.А.Петросова, Б.Вощинский, В.Матерский. М., 1997.
6. Катюнь. Март 1940 г. — сентябрь 2000 г.: Расстрел. Судьбы живых. Эхо Катюни. Документы / Отв. сост. Н.С.Лебедева. М., 2001.
7. Яжборовская И.С., Яблоков А.Ю., Парсаданова В.С. Катюньский синдром в советско-польских и российско-польских отношениях. М., 2001.
8. Лебедева Н.С. Подготовка Нюрнбергского процесса.
9. Kocbavi A.J. Prelude to Nurenberg. Allied War Crimes Policy and the Question of Punishment. Chapel Hill; L., 1998.
10. Багдасарьян С.М. Николай Николаевич Бурденко. М., 1967.
11. Сборник сообщений Чрезвычайной государственной комиссии о злодеяниях немецко-фашистских захватчиков. М., 1946.
12. Российский государственный архив социально-политической истории. Ф.269 (А.Н.Толстой).

Почетный хищник или корова Альпийских гор?

А.Н.Островский,
кандидат биологических наук
Санкт-Петербургский государственный университет



Наскальное изображение пещерного медведя из пещеры в Пиренеях.

Здесь и далее фото автора

Черная дыра пещеры на желтом склоне известкового откоса была похожа на разинутую пасть, а косо падающие лучи заходящего солнца придавали ее неправильным краям форму огромных зубов. Вечернее безветрие плавно скользило к сумеркам, и голоса птиц, устраивающихся на ночлег, становились все тише и реже. Звон комаров, запах вечерней свежести, тихий шелест реки в межгорной долине...

Ниже по склону бесшумно качнулись ветки кустов, и неясный силуэт, едва появившись, тут

© Островский А.Н., 2005

же скрылся за ближайшим валуном. Огромная кошка, спрятавшись за камнем и, казалось, сама превратившись в камень, неотрывно следила за входом в пещеру. Янтарные глаза с широко раскрытыми черными зрачками гипнотизировали черную пустоту. Ни звука, ни движения...

Прошло уже много ночей, как обвал, вызванный таянием льда в горах, прогнал молодую пещерную львицу из ее логова. У нее скоро должны были появиться котята, и она искала новую пещеру. Чувство неуверенности на чужой территории, страх, усталость и голод гнали ее вперед. Затаиваясь в нишах

под скальными козырьками, неслышной тенью скользя в подлеске, карабкаясь по осыпям, голодная, с ободранными лапами, львица обшаривала поросшие лесом горные склоны в надежде найти укрытие. Пещеры были нередки, но одни уже заняты, другие недостаточно глубоки, в третьих пол залит водой. Только изредка отвлекаясь, чтобы кое-как насытиться, хищница шла дальше...

Эту пещеру она нашла еще вчера, однако, наученная горьким опытом, пролежала в кустах много часов, чтобы выяснить — есть ли у нее хозяин. По мере того как шло время, возбуждение кошки росло. Кончик хвоста нервно подергивался, шкура на спине вдруг начинала ходить ходуном, уши зло опускались. Никто не показывался, однако лишь к вечеру следующего дня львица решила приблизиться к черному отверстию. Она стелилась по земле, буквально ползла, часто останавливалась, прячась за камнями и подолгу выжидая. Сильное, напряженное тело готово было в любую секунду метнуться в сторону и исчезнуть в зарослях, но темнота пещеры звала ее...

Запахи, запахи... И чем явственнее становился один из этих запахов, тем сильнее вставала шерсть у нее на загривке. Пещерный медведь — давний конкурент пещерных львов. Делить, кроме пещер, им было нечего, однако, как любые крупные животные, уважающие силу соперника, они предпочитали избегать прямых столкновений...

Внезапно огромная тень, как будто оторвавшись от темного свода пещеры, метнулась к львице. Наделенная молниеносной реакцией, та рванулась в сторону, но, не удержав равновесия на осыпи, перекадилась на бок. В следующее мгновение она была уже на ногах, готова бежать или защищать себя — безумные глаза-щели, полные ярости и ужаса, оскаленная пасть, мечущийся по камням кончик хвоста. Нападавший остановился,



Альпы в окрестностях г. Лунц-ам-Зее.



Заметки и наблюдения

...Саламандра неторопливо спускалась по поросшему склону, а мы шагали по склону вверх...

низко порывивая, помотал огромной головой и вдруг легко встал на задние лапы. На фоне вечернего неба его темный силуэт выглядел поистине исполинским. Хриплый рев разорвал тишину, обнажились желтые клыки в страшной пасти, медведь шагнул к противнику. Львица отпрянула, отчаянно, зло мяукнула и метнулась вниз по склону. По острым камням, через рвущий кожу кустарник, в спасительную темноту леса...

...Ярость, владевшая медведем еще секунду назад, быстро гасла. Черная мочка чуткого носа привычно ткнулась в мох, засопела-запахтела, а когти выворотили изогнутое корневище. Громко чавкая, великан довольно жмурился. Он и не думал преследовать своего противника...

...Бока тяжело вздымались — бегать подолгу львица не умела. Остановившись во влажной низине, она нашла ручеек и долго лакала холодную воду. Какое-то движение привлекло ее внимание — вдоль ручья неторопливо шагала похожая на большого тритона, глянцево-черная с желтыми пятнами саламандра. Львица осторожно понюхала ее,

брезгливо потрясла лапой и, развернувшись, исчезла в кустарнике...

Тайны ДНК

...Глянцево-черная с желтыми пятнами саламандра неторопливо спускалась по поросшему склону. А мы шагали по склону вверх, и продолжалось это уже второй час. День дождливый, с веток капает, горные ботинки скользят на камнях, а ляжка фотоаппарата трет шею. Где-то далеко слышны крики самцов оленей. Все вокруг напоминает Северный Урал или Карелию, но, как ни странно, нет комаров — непременных спутников туристов, рыбаков и геологов. По правде сказать, это меня вовсе не огорчает.

Итак, мы идем за ДНК. По заросшим лесом склонам восточных Альп — к пещере Швабенрайт, что находится в окрестностях городка Лунц-ам-Зее. Во многих из тысяч пещер, замысловатыми лабиринтами прошивающих толщу Альпийских гор, с давних времен находили кости древних животных, и вот уже столетие, как аль-

пийские пещеры исследуют палеонтологи. Всего несколько лет назад было установлено, что в некоторых случаях в ископаемых остатках может сохраниться знаменитая молекула наследственности — ДНК, с помощью которой ученые определяют родственные отношения между живыми организмами. Энтузиазм по поводу этого открытия был поначалу настолько велик, что некоторые даже пытались исследовать окаменевшие кости динозавров. Из камня добыть ничего не удалось, ну, а если попытаться исследовать кости, которые окаменеть еще не успели? Сохраняются молекулы древней ДНК в костях только при постоянных низких температурах и отсутствии света. Подходящим объектом могли оказаться остатки плейстоценовых пещерных животных — современников неандертальцев. Первая попытка биохимического анализа была сделана четыре года назад. Результаты превзошли все ожидания! Немецким молекулярным биологам удалось найти ДНК в костях пещерного медведя, жившего в Альпах почти 100 тыс. лет назад. Кстати,



Профессор Г.Рабедер у раскопа.



Костеносная линза и череп молодого пещерного медведя в ней.



Отбор образца для анализа ДНК.



Полный скелет взрослого (но далеко не самого большого) самца пещерного медведя.



В хранилище Института палеонтологии Университета Вены.



Пещерный медведь. Модель-реконструкция О.Абея и Ф.Роубаля.

по строению она оказалась весьма схожей с ДНК обыкновенного бурого медведя. Последовали новые тесты. Выяснилось, что самые древние кости, содержащие молекулу наследственности, имеют возраст 95—80 тыс. лет. С мыслью об анализе ДНК динозавров пришлось распрощаться. Но ответ на

один вопрос порождает десятки новых. Чтобы на них ответить, нужны новые кости, причем из разных мест; и мы снова идем за ДНК...

...Вход в пещеру — узкая дыра, круто уходящая вниз. Раскопки здесь велись на протяжении нескольких лет: найдены тысячи костей (оленьих, лью-

ных, медвежьих, а также зубров, волков и косуль) и несколько относительно полных скелетов животных, в том числе пещерных медведей. Переодевшись, по сухим листьям мы сползли в темноту, и, скорчившись, медленно двинулись по низкому коридору. Фонари помогали понять, что под ногами, а высота

потолка определялась по вполне определенным возгласам впереди ползущих. Касок не надевали, так как низкий участок пещеры довольно короткий. Воздух густой — холодный и влажный, под ногами — раскисшая глина. Стены коридора покрыты известковой «плесенью» — мельчайшими известковыми кристаллами, искрящимися в свете фонарей. Иногда на стенах находят «автографы» прежних владельцев: пещерные медведи, как и их бурые родственники, где позволяла высота потолка, вставляли на задние лапы и оставляли на стене страшноватую метку.

Огромные пещерные животные — львы, медведи и гиены — знакомы многим по приключенческим книгам Жозефа Рони-старшего. Романы «Борьба за огонь» и «Пещерный лев» вдохновляли на уличные подвиги не одно поколение мальчишек. Однако современные представления об образе жизни зверей, живших в те далекие времена, совсем иные: например, несмотря на название, пещерные львы если и использовали пещеры, то, видимо, только для выведения потомства. В остальное время они предпочитали жить на открытых пространствах.

Другое дело — пещерный медведь (*Ursus spelaeus*). Этот самый крупный (2,5 м длиной и массой более тонны) хищник не мог обходиться без пещер: здесь появлялись на свет детеныши, здесь же их растили родители, которые покидали пещеру только на время кормежки, здесь же, что очень важно, медведи зимовали — впадали в спячку. А для этого иногда готовили себе неглубокую яму-лежку, устилая ее дно ветками. Все очень похоже на повадки бурого медведя. Ни тот, ни другой, например, никогда не приносили в свою берлогу или пещеру добычу. Обнаруживаемые в пещерах кости растительноядных животных попадали туда благодаря волкам и пещерным гиенам.

Обитал пещерный медведь на огромной территории (их кости обнаружены в пещерах Португалии и среднего Урала, южной Англии и Греции). К слову, наличие гор для него было вовсе необязательным: в районе Одессы, например, он селился в вымытых водой карстовых пещерах. Появился пещерный медведь на территории Европы около 100 тыс. лет назад, а вымер примерно 18–20 тыс. лет назад.

Почетный хищник или корова Альп?

...До раскопа по темному тоннелю пещеры добирались минут пятнадцать. Вся пещерная экзотика была на месте — сосульки сталактитов и алмазы капель на их кончиках, молочного-глянцевые колонны сталагмитов, тишина, мечущиеся по стенам лучи фонарей. Хлюпала мокрая глина под подошвами сапог, да время от времени мигали фотовспышки. Яма раскопа была укрыта брезентом, полиэтиленовой пленкой и досками. Мы аккуратно убрали их, и в тускловатом свете фонариков желтовато заблестели кости. Сколько же их здесь! В вертикальной стенке ямы раскопа виден толстый слой, чуть не целиком состоящий из них. В костеносном горизонте иногда встречаются по несколько таких «линз». Никто не знает наверняка, почему накапливаясь в течение десятков тысяч лет кости находят в виде таких компактных скоплений. Палеонтологи предполагают, что все дело в аккуратности пещерного медведя: облюбовав себе «квартиру», он наводил в ней порядок — сметал хлам, в том числе кости предшественников, в какой-нибудь угол.

Удивительно, но пещерный медведь, будучи по происхождению хищником, на самом деле им вовсе и не был! Нет ни одного свидетельства его плотоядности. Судя по ископаемым ос-

таткам содержимого желудка пещерного медведя и по пыльце, обнаруженной глубоко в пещерах вместе с костями медведя, он питался исключительно растениями, причем предпочитал разнотравье. (Хотя те времена и называются ледниковым периодом, климат тогда в Европе был мягче, чем сейчас, а потому растительность была не только обильнее, но и разнообразнее по составу.) К тому же коренные зубы пещерного медведя, по сравнению с другими видами медведей, самые что ни на есть «растительноядные». Эти терки использовались для того, чтобы перетирать траву, а не разгрызать кости. Вот и получается, что самый крупный европейский хищник ледникового периода был вегетарианцем, и его рацион ничем не отличался от пищи... коровы!

Конечно, при случае он мог проглотить подвернувшихся улиток, мышей и лягушек, но охотником пещерный медведь не был. А как же его страшные клыки, спросите вы? Все правильно, клыки были, причем весьма внушительные. Но использовались они, по-видимому, в качестве орудия устрашения противника. Не важно, своего брата медведя или пещерного льва. Оскал пасти такого верзилы отбивает желание с ним связываться...

...Из влажной глины отбираем несколько костей конечностей и запаковываем их в герметичные пакеты — высушить им нельзя. Теперь им предстоит путь в Германию, в Лабораторию молекулярной биологии исследовательского Центра имени Макса Планка. Изучение именно этих находок помогло решить еще одну загадку. Австрийские палеонтологи профессор Г. Рабедер и доктор Д. Нагель, известные специалисты по пещерным животным, уже довольно давно заметили, что кости пещерных медведей, обитавших в горах, в том числе альпийских, мельче, чем те, что находят в предгорьях. Известно, что самки у медве-

дей мельче самцов. Так может, самки жили повыше, а самцы — пониже? Проверили зубы, и вышло, что... пещерных медведей должно быть два вида! Прошли многие годы, прежде чем современные методы исследований позволили проверить это предположение. Анализ ДНК дал положительный ответ. Да, существовало два вида пещерных медведей, живших в одно время и практически на одной территории. Вот только на разных «этажах».

Конец исполина

...Желто-коричневые, матово-блестящие лобастые черепа невидяще смотрят на нас из тьмы тысячелетий. Почему же вымерли пещерные медведи? Не виноваты ли в этом наши предки?

О рационе людей, живших в прошлые времена, мы судим, грубо говоря, по их помойкам. То же и с обитателями плейстоцена. Уж чьих только костей там не найдено, а вот костей пещерного медведя почти нет. Изредка встречаются его клыки, использовавшиеся как амулеты или обработанные в виде наконечников копий. Вполне возможно, что древние люди иногда рисковали напасть на медведя, впавшего в спячку, как потом ходили поднимать бурого мед-

ведя из берлоги. Однако крайне маловероятно, что они охотились на него в другое время. Уж больно могуч.

По-видимому, все дело в погоде. Климат на нашей планете довольно регулярно меняется, и потепления чередуются с похолоданиями. Похолодания второй половины плейстоценового периода становились все жестче. Пик последнего похолодания пещерный медведь не пережил. Нет, он не замерз. «Корова Альп» исчезла потому, что изменилась растительность, как несколько позднее по этой же причине вымерла почти вся «ледниковая фауна» — мамонты, шерстистые носороги и большерогие олени. Пещерному медведю были нужны две вещи — пещеры и пища. Не стало подходящей для него еды, и он исчез. А с нами остался его близкий родственник — хорошо всем знакомый бурый медведь (*U.arctos*). И если захочется представить, насколько большим был пещерный медведь, достаточно взглянуть на североамериканского медведя-кадьяка (*U.a.middendorffi*), обитающего на островах и в прибрежных районах Аляски. Масса этого самого крупного из всех бурых медведей достигает 900 кг. Вот только вегетарианцем его назвать никак нельзя. Бурые медведи всеядны.



Высоко слепит отверстие — там, снаружи, выглянуло бледное альпийское солнце.

...Закрываем раскоп и по темному коридору возвращаемся к входу в пещеру. Высоко слепит отверстие — там, снаружи, выглянуло бледное альпийское солнце. Перемазанные глиной, карабкаемся к нему навстречу. Визит в царство горного короля ледникового периода окончен. ■

Таежная гостья кедровка

В.И.Булавинцев,

кандидат биологических наук

Институт проблем экологии и эволюции им.А.Н.Северцова РАН

Москва

Разные птицы в Москве зимуют. О воробьях, домовых и полевых, галках, воронах и голубях разговора нет, эти в городе и зимой и летом — у себя дома. Поздней осенью и ранней весной свистели набеги совершают. Обдерут ягоды на рябинах и боярышнике и дальше в путь, осенью на зимовку, весной в тайгу, на родину. Случается, дрозды рябинники нагрянут ненадолго. Кончились ягоды, и они пропали, как будто их и не было вовсе. Только остатки «битой» рябины на снегу напоминают до первых обильных снегопадов об их недавнем присутствии в городских скверах и парках. Грачи на помойках по московским дворам — не редкость. Зеленушки кое-где на подкормке всю зиму держатся. Это все картины обычные для большого города.

Но бывают в Москве совсем редкие гости. Залетают изредка малиновые, с жемчужным проблеском, щуры. А тут и вовсе необычные визитеры случились. Обосновались на зиму в разных московских парках кедровки, большие охотницы до орехов. За это их еще ореховками кое-где называют. За одной такой ореховой лакомкой довелось мне наблюдать в Лосином острове. Дело было в конце января. Пришли мы с товарищем, тоже любителем снимать птиц, на птичью подкормку. Утро, люди с кормом еще не подтянулись, птицы голодные. Большие синицы скачут вокруг, в глаза заглядывают, что принесли, чем кормить будут?

Насыпали семечек, товарищ крошеного яйца добавил, сухой рис положил. Рис, как ни странно, местная пищуха пристрастилась таскать и прятать в трещинах коры. На тропинку, где снег утопан, орехов насыпали для белок и соек. Они тут же, неподалеку, крутятся. Белки, которые подожерчивей, подбегают близко. Сойки же осторожничают, с соседних деревьев, что на отшибе, наблюдают за подкормкой. Изредка схватит птица, какая пошустрее, кусок хлеба и улетит подальше, в снег спрятать. На черный день запас делает. Чуть позже появился поползень. Потом пищуха, любительница риса явилась. Покрутилась у кормушки и исчезла, что-то ей не понравилось.

Вдруг, откуда ни возьмись, как из-под земли, возникла необычная птица. Размером с галку, белоснежное подхвостье, кофейно-бурое перо пе-



Кедровка за сбором орехов.

Фото автора

ресыпано жемчужно-белыми штрихами и пятнами. Крепкий острый клюв, широкие крылья. Летунья отличная, порхает словно большая пестрая бабочка. Гляжу и глазам не верю — таежная птица кедровка (*Nucifraga caryocatactes*). Заметила орехи, уселась в сторонке. Ждет удобного момента, чтобы до лакомства добраться. Мы с товарищем замерли, приготовившись снимать.

Осмотрелась птица, видимо поняла, что мы ей ничего плохого не сделаем. Нырнула на мягких крыльях к орехам, скок боком, схватила орех и в сторону. Минуту спустя снова тут как тут. Орехов много, а рот один. Жадность одолевает. Схватила один, за ним второй, уже и полный подъязычный мешок у основания клюва пером топорщится, а она никак не унимается. Хватает орех за орехом, последний в широко открытом клюве с трудом зажала. В зобу полно, больше не входит. Так и полетела с открытым клювом богатство свое прятать. Сколько раз еще прилетала, со счета сбилось. Ноги в меховых ботинках пристыли, а уходить не хочется. Больно хороша птица.

Оседло живет кедровка повсюду в лесной и таежной зоне Старого Света, где есть глухие хвойные леса и люди птиц не тревожат. У нас обычна в европейской части, в Зауралье, Западной Сибири и на Дальнем Востоке, вплоть до Сахалина и Камчатки. А вообще-то есть и другие виды кедровки: *N.columbiana*, которая обитает на северо-западе Америки; по утверждению М.А.Мензбира, два вида азиатских (они крупнее наших) — *N.multipunctata* и *N.hemispila* — из Кашмира.

Вне времени размножения кедровки могут совершать длительные кочевки с мест оседлого обитания, особенно в годы неурожая еловых и лиственничных семян, коими, вопреки своему имени, эти птицы в основном и питаются. На востоке, в местах произрастания кедр, птицы по осени запасают в больших количествах кедровые орешки. По свидетельству сибирского орнитолога В.Рябичева, в урожайные годы одна птица способна собрать 60–90 кг кедровых орехов и спрятать их в 20–50 тыс. крошечных кладовых. Большую часть их кедровка помнит и отыскивает зимой под слоем снега.

В сезон размножения, начинающийся ранней весной, еще по снегу, кедровки очень осторожны и скрытны. Гнезда устраивают в глухих участках леса. В постройке довольно внушительного по размерам гнезда участвуют оба родителя. Яйца (светлой окраски, в буроватом крапе, три-четыре штуки) насиживают по очереди около 20 дней. Птенцы вылетают из гнезда почти через месяц.

С середины лета и до осени молодые подыскивают себе место для будущей оседлой жизни. В теплое время года и при выкармливании птенцов кедровки ловят разных насекомых, особенно охотно — личинок и гусениц массовых вредителей деревьев, принося немалую пользу лесам, в которых обитают. Кроме того, кедровки активно участвуют в восстановлении лесов, поскольку часть спрятанных ими на земле семян и орешков прорастает, давая начало кедрам, елям и лиственницам. ■

Кладбище древних римлян, датированное III в., обнаружено в Йорке (Великобритания). Археологи нашли около 30 мужских скелетов, черепа которых лежали рядом с костями таза или ног (причем лодыжки одного из скелетов были стянуты металлическим кольцом). Специалисты полагают, что людей обезглавливали после смерти — скорее всего, это был ритуальный обряд, совершавшийся для того, чтобы духи мертвых не беспокоили живых.

La Recherche. 2005. №386. P.18 (Франция).

Запущенный в космос 12 января 2005 г. американский зонд «Deep Impact» через шесть ме-

сяцев должен приблизиться к комете Темпель 1. Затем с зонда на комету будет направлен реактивный снаряд массой 350 кг. Наблюдение за образовавшимся от удара кратером, а также за выброшенным из него материалом позволит получить ценную информацию о составе кометного льда и характере пород.

Sciences et Avenir. 2005. №696. P.32 (Франция).

Около половины территории австралийского штата Тасмания покрыта древними лесами, в которых много редких и эндемичных видов деревьев. Вместе с тем ежегодно 20 тыс. га вырубается на нужды бумаго-

делательной промышленности. Экологи оценивают это как настоящее бедствие! Как только перестают «петь» пилы лесорубов, вырубки с вертолетов поливают различными химикалиями. Затем разбрасывают отравленные приманки, чтобы не оставлять ничего живого (кенгуру-валлаби, опоссумов, вомбатов и др.). Половину начисто вырубленных площадей отводят под посадки неместных, но быстро растущих пород. В конце 2004 г. под давлением ассоциаций по защите окружающей среды правительство штата наконец взяло под охрану до 125 тыс. га этих древних лесов.

Terre Sauvage. 2005. №203. P.50 (Франция).

Новости науки

Астрофизика

Звезда с наименьшим содержанием металлов

Предполагается, что первое поколение звезд сформировалось через несколько сотен миллионов лет после Большого взрыва, который произошел около 14 млрд лет назад. Возникновение этих звезд знаменовало переход от водородно-гелиевой плазмы ко Вселенной со сложной структурой и разным химическим составом.

Недавние теоретические работы на предмет образования первых звезд во Вселенной привели астрономов к выводу, что это были сверхмассивные светила (несколько сотен масс Солнца), аналогов которым в современной галактике Млечный Путь нет. Возможности рождения в ранней Вселенной звезд малой массы (подобных Солнцу) эти теории не предсказывают. На сегодняшний день нет прямых наблюдательных свидетельств, соответствующих тем или иным моделям первых звезд. Один из возможных подходов к решению проблемы состоит в изучении очень старых звезд нашей Галактики. Их отличительный признак — крайне низкое содержание тяжелых элементов, в частности железа. Химический состав малометаллических звезд налагает косвенные ограничения на модели нуклеосинтеза в звездах первого поколения и на распределение их масс. Кроме того, среди бедного железом звездного населения могут обнаружиться и собственно звезды первого поколения, практически не содержащие тяжелых элементов.

На поиск звезд с низкой металличностью нацелен обзор неба, который проводится совместно астрономами Гамбургской (Герма-

ния) и Европейской южной (Чили) обсерваторий¹. В апреле 2005 г. участники этого обзора сообщили об открытии звезды HE1327-2326, которая по малости содержания металлов не знает себе равных среди всех известных звезд. Предыдущий рекордсмен — звезда HE0107-5240 — была открыта в 2001 г. в ходе того же обзора.

Поиск малометаллических светил представляет собой сложный многоэтапный процесс. Звезда HE1327-2326 впервые была идентифицирована как бедный металлом объект на сравнительно небольшом, 1.5-метровом телескопе Европейской южной обсерватории (ESO). Затем чрезвычайно низкое содержание тяжелых элементов в звезде было подтверждено с помощью спектроскопа 3.6-метрового телескопа ESO. Наконец, когда стало ясно, что обнаружен действительно уникальный объект, детальное исследование его химического состава было проведено с помощью спектрографа высокого разрешения телескопа «Subaru» (Япония).

В итоге этих наблюдений установлено, что содержание железа в звезде HE1327-2326 составляет всего $4 \cdot 10^{-6}$ от его содержания на Солнце. С другой стороны, содержания углерода и азота относительно железа удивительно высоки. Такие же свойства характерны и для упомянутой выше железodefицитной звезды HE0107-5240. Такой результат говорит о том, что история обогащения двух этих звезд тяжелыми элементами отлична от прошлого других звезд с низким содержанием металлов.

Чтобы объяснить всю совокупность данных о химическом составе названных звезд, приходится

допустить существование необычных сверхновых, в которых синтезировалось столь малое количество железа. В этом случае звезда, о которой идет речь, должна быть звездой второго поколения, образовавшейся из газа с тяжелыми элементами, синтезированными в сверхновых первого поколения. Картину химического состава обоих рекордных объектов объясняют модели сверхновых, предложенные астрономами из Университета Токио (Япония) — соавторами работы. Согласно этим моделям, предсверхновыми были не сверхмассивные звезды, а звезды с массами в несколько десятков масс Солнца.

Если же звезда HE1327-2326 представляет собой звезду первого поколения, образовавшуюся из газа с нулевым содержанием железа, то обнаруженные в ней тяжелые элементы могли появиться в атмосфере звезды в результате загрязнения межзвездным веществом. Правда, эта модель не объясняет аномально высокое содержание легких элементов. В любом случае химический состав звезды, измеренный с помощью телескопа «Subaru», налагает сильные ограничения на сценарии образования железodefицитных звезд.

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

Физика

СТМ разрывает молекулы

Уже давно никого не удивляют сообщения об использовании иглы сканирующего туннельного микроскопа (СТМ) для манипуляций с отдельными атомами на по-

¹ Nature. 2005. V.434. P.871—873.

верхности твердого тела. Более того, путем селективного возбуждения колебательных мод удается перемещать отдельные адсорбированные молекулы или инициировать их диссоциацию. До недавнего времени объектом такого рода действий могла служить лишь молекула, у которой связи составляющих ее атомов друг с другом или с поверхностью очень слабы. Эксперименты приходилось осуществлять при низких температурах: в противном случае тепловые флуктуации приводили к неконтролируемому движению атомов.

Недавно английские физики впервые с помощью СТМ избирательно оторвали атомы хлора от отдельных молекул хлорбензола C_6H_5Cl , адсорбированных на поверхности $Si(111)-7\times 7$ [3]. Попутно обнаружился интересный факт: хотя энергией, достаточной для диссоциации молекулы, обладает уже один туннелирующий электрон, процесс протекает лишь при туннелировании двух электронов. Исследователи объясняют это спецификой взаимодействия электрона с молекулярными колебательными модами.

Nature. 2005. V.434. №6991. P.36 (Великобритания); http://perst.isssp.kiae.ru/Inform/perst/5_08/index.htm

Физика. Технология

Новый метод очистки однослойных нанотрубок

Ключевая проблема технологии изготовления углеродных нанотрубок — разработка эффективных методов их очистки. Наиболее распространенные способы (термическое разложение графита и термодаталитические реакции углеродсодержащих соединений) дают продукт, который наряду с нанотрубками содержит до 80% графитовых наночастиц, а также частиц металлического катализатора, заключенных в графитовую оболочку. Для удаления этих примесей обычно применяют механические методы (фильтрацию, центрифугирование, ультразвуковое воздействие) в сочетании с химическими (окислением

в газовых или жидких средах при повышенных температурах). Однако из-за низкой производительности и значительной продолжительности такого технологического процесса нанотрубки с низким содержанием примесей получаются весьма дорогими, что ограничивает их применение.

Новый метод очистки разработан недавно в Исследовательской лаборатории ВМФ США. В эксперименте использовали однослойные трубки, полученные методами лазерной абляции и электродугового распыления графита. Каждый из образцов массой 2 г помещали в цилиндрическую камеру длиной 4 см и диаметром 1.26 см с вентиляционным отверстием. Камеру нагревали в течение 30 мин до температуры 200°C в вакууме, а затем на протяжении 5 мин до 450°C в атмосфере газообразного водорода повышенной чистоты при давлении ~35 атм. Затем водород откачивали, а образцы медленно охлаждали до комнатной температуры. Очищенные трубки исследовали с помощью просвечивающего электронного микроскопа, методами комбинационного рассеяния света, рентгеновской флюоресценции и дифракции, а также проводили их термогравиметрический анализ.

Измерения показали высокую эффективность (93%) нового метода очистки. Наряду с удалением примесей существенно снижалось число структурных дефектов нанотрубок.

Nanotechnology. 2005. V.16. P.639—646 (Европейский Союз); http://perst.isssp.kiae.ru/Inform/perst/5_07/index.htm

Эволюционная биология

Где жили предки змей?

С начала XX в. считалось, что змеи произошли от сухопутных ящериц. Однако в последние годы возобладала теория, согласно которой их предками были водные пресмыкающиеся. Аргументом в ее пользу стала находка ископаемых остатков морской змеи с крошечными задними конечностями, которую признали «недостающим

звеном» между подлинной змеей и мозазавром — гигантской морской рептилией, жившей в меловой период.

Теперь американские специалисты по эволюционной биологии С.Блейр-Хеджес и Н.Видаля (S.Blair-Hedges, N.Vidal; Университет штата Пенсильвания в Университи-Парке) «вернули» предков змей на сушу. Сопоставив гены RAG-1 и C-mos у более чем 60 современных семейств змей и ящериц, они пришли к выводу, что потомками древнего мозазавра стали крупные наземные ящерицы рода варанов (*Varanus*), не имеющие со змеями близкой генетической связи. Значит, и вымершие морские рептилии с конечностями также не могут считаться предками современных змей, и убедительных доводов в пользу морского происхождения этих пресмыкающихся больше нет.

Science. 2004. V.303. №5659. P.759 (США); Biology Letters. 2004. №1. P.29 (Великобритания).

Зоология. Акустика

Поведение слонов при цунами

26 декабря 2004 г. — еще до прихода на побережье катастрофического цунами — в поселке Кхао Лак, расположенном на юге Таиланда, слоны, на которых катались туристы, кинулись бежать от берега, унося с собой ездоков и тем самым спасая их от гибели. Подобные случаи, как теперь стало известно, имели место и на Шри-Ланке.

Биолог Ц.О'Коннел-Родуэлл (C.O'Connell-Rodwell; Станфордский университет, штат Калифорния, США) небезосновательно полагает, что слоны способны воспринимать инфразвуки, возникающие при землетрясениях, извержениях вулканов или сходе лавин¹. Все это мощнейшие выбросы энергии, сопровождаемые звуковыми вибрациями низкой частоты (до 20 Гц). Такие частоты не воспринимаются человеком, но их

¹ O'Connell-Rodwell C.E. et al. // J. Acoust. Soc. America. 2000. V.108. P.3066.

улавливают многие животные (бегемоты, тигры, отдельные виды птиц и др.). Этим и следует объяснять тот факт, что именно птицы поспешно улетели, становясь предвестниками цунами.

О'Коннел-Родуэл считает, что слоны могли воспринять через вибрации почвы нарастающее давление поверхностных сейсмических волн, распространявшихся от эпицентра и подходящих к берегам еще до выхода на берег волн цунами.

Еще в 2001 г. она доказала, что сами слоны способны вызывать вибрацию почвы мощными ударами ног, создавая «сейсмические волны» для передачи сигналов соседям¹. Благодаря механочувствительным рецепторам, расположенным в хоботе и нежных подушечках ступней, слоны могут принимать такие сигналы от соседичей, находящихся на удалении до 34 км.

П.Хилл (P.Hill; Университет г.Тулса, штат Оклахома, США) — активная сторонница расширения исследований в этой области. Она считает, что кроты, лягушки, крысы, кенгуру, скорпионы или даже кузнечики сверхчувствительны к вибрациям.

Sciences et Avenir. 2005. №696. P.14 (Франция).

Зоология

История Генриетты

Имя Генриетта ничего не говорит подавляющему большинству зоологов и натуралистов. А между тем это — самое старое из ныне обитающих животных, известных науке. Речь идет о слоновой черепахе (*Geochelone elephantopus*), издавна живущей в Австралийском зоопарке штата Квинсленд. Эта огромная рептилия так стара, что ее биография теряется в веках. Достоверно известно лишь, что в зоопарк она попала из Ботанического сада в Брисбене. Ранее проведенные исследования позволили предположить, что детенышем Генриетта была привезена

¹ Когда слон топнет... // Природа. 2002. №4. С.85.

с Галапагосских о-вов в Англию... самим Чарлзом Дарвином из его путешествия на «Бигле», а позднее переправлена в Австралию. В этом случае ей должно быть более 170 лет. Как рекордсмен-должитель она и попала в Книгу рекордов Гиннеса.

Однако такая биография Генриетты все-таки в значительной степени основывается на предположениях. Чтобы проверить их, микропалеонтолог и популяризатор науки П.Чамберс (P.Chambers) провел серьезное комплексное исследование, включая работу с архивными документами, деталями биографии Дарвина, а также результатами сравнения митохондриальных ДНК Генриетты и представителей различных популяций слоновой черепахи, ныне живущих на Галапагосских о-вах².

Нет, Генриетта не была знакома с великим эволюционистом. Ведь она происходит с о.Санта-Круз, а на «Бигль» взяли черепах с других островов — Эспаньола, Санта-Мария, Сан-Сальвадор. Кроме того, предполагалось, что из Англии Генриетту привез товарищ Дарвина по путешествию Дж.Уикхем. Однако оказалось, что поселившийся в Австралии Уикхем впервые после совместного путешествия встретился с Дарвином в Англии лишь почти четверть века спустя.

По всей видимости, Генриетту привезли в Австралию моряки, которые в середине XIX в. широко использовали гигантских черепах в качестве «живых консервов» и варварски истребляли их на Галапагосских о-вах.

Результаты молекулярно-генетического анализа позволяют уточнить возраст старушки. Выяснилось, что она относится к генетической морфе, которая не сохранилась до наших дней, т.е. Генриетта родилась прежде, чем произошло массовое уничтожение черепах на о.Санта-Круз во второй половине 30-х годов позапрошлого века. Следовательно, ей все равно должно быть не менее 170 лет, и она по праву зачислена в Книгу

² New Scientist. 2004. V.183. №2464. P.38—41.

рекордов. Стоит отметить также, что это самое старое на Земле животное сохраняет вполне достойный облик и не страдает отсутствием аппетита.

© Семенов Д.В.,

кандидат биологических наук
Москва

Медицина

РНКаза бактерий — против опухолевых клеток

Онкологические заболевания по-прежнему остаются в числе наиболее грозных диагнозов. Активный поиск новых препаратов с противоопухолевой активностью ведется ныне в лабораториях всего мира. Одно из направлений поиска связано с изучением РНКаз — ферментов, которые расщепляют рибонуклеиновую кислоту.

Противоопухолевая активность, как выяснилось, присуща РНКазам самого разного происхождения — от бактерий до млекопитающих. РНКазы бактерий обладают рядом достоинств по сравнению с ферментами млекопитающих, например, не требуют больших затрат для своего получения. Это обстоятельство привлекло внимание коллектива ученых Казани, Берлина и Москвы³, взявшихся изучать РНКазу микроорганизма *Bacillus intermedius*, называемую биназой.

В этих исследованиях было обнаружено, что биназа избирательно вызывает апоптоз (гибель) злокачественных клеток эритромиелолойкоза человека и не действует на лимфоциты крови. Данный фермент вызывал также апоптоз клеток рака легкого, но в этом случае действие биназы оказалось слабее.

Обсуждая причины селективности действия биназы на опухолевые клетки, исследователи полагают, что, по всей видимости, катионные свойства этого фермента (т.е. преобладание положительно заряженных групп в его составе)

³ Зеленихин П.В., Колтаков А.И., Черепнев Г.В., Ильинская О.Н. // Молек. биология. 2005. Т.39. №3. С.457—463.

обуславливают его сродство к опухолевым клеткам, так как их поверхность несет больше отрицательных зарядов, чем у нормальных клеток.

Полученные результаты позволяют считать разработку противоопухолевых препаратов на основе бактериальных РНКаз перспективным направлением.

© **Липина Т.В.**,
кандидат биологических наук
Москва

Охрана природы

Судьба индоокеанских «Галапагосов»

На северо-западе Индийского океана, у входа в Аденский залив, лежит принадлежащий Йемену архипелаг Сокотра, названный по имени крупнейшего из островов. Географическое положение у стыка Африки с Азией, климатические условия субтропиков, теплые воды омывающего Сокотру Аравийского моря сделали этот уголок Земли одним из уникальных по разнообразию флоры и фауны — недаром этот архипелаг называют «Галапагосами» Индийского океана. Действительно, здесь можно увидеть сообщество растений и животных, нигде более не встречающихся. Вот почему ЮНЕСКО объявила архипелаг биосферным заповедником и основала международный фонд для его изучения и охраны.

Из примерно 900 растений Сокотры около трети — эндемики. Среди них можно назвать ядовитую пустынную розу с ее привлекательно опасными цветками; «огуречное» дерево (единственное древесное растение в этом семействе), чей мясистый в основании ствол, покрытый серой корой, похож на слоновью ногу; сокотранский баобаб, ствол которого образует гигантский сосуд; огромные алоэ (по легенде, именно из-за этого растения с его заживляющими раны свойствами Александр Македонский завозил Сокотру); но самое знаменитое — «дерево драконовой крови», или драцена, чья темно-красная смола

служит отличным красителем, защищающим от ржавчины.

К характерным представителям фауны относятся павиан, леопард, гиена, аравийская газель и др., а среди животных-эндемиков насчитываются 24 вида пресмыкающихся, не менее семи видов пернатых и множество сухопутных крабов, многоножек, стрекоз и прочей живности. Все они ныне легко уязвимы благодаря человеку или завезенным сюда их новым врагам. Первый среди них — коза, беспощадно обдирающая листву и кору драконова дерева (да и климат островов становится все более засушливым). А второй враг — туристы (с тех пор, как в административной столице архипелага г.Кадюб был построен современный аэропорт, реактивные самолеты начали доставлять их сюда толпами).

Однако есть надежда, что заключенное между Программой развития ООН и правительством Йемена соглашение воспрепятствует слишком опасным усилиям тех, кто думает только о «развитии экономики» любыми путями. Для начала международная организация оплатила прибытие на архипелаг сотни зоологов, ботаников, ихтиологов, дендрологов и экологов, которые составили полный каталог всех существующих здесь форм жизни, причем были открыты сотни новых для науки видов наземных животных, рыб, кораллов и растений. Кроме того, были обучены навыкам эко-туризма десятки гидов из числа сокотранцев. Сами местные жители решили, где им следует установить для себя запрет на ловлю рыбы сетями (определено около 30 небольших акваторий), а где — вырубку живых деревьев.

Недавно Программа развития ООН выделила Йемену на природоохранные цели 5 млн долл. США; дополнительные средства предоставляют власти самой страны, а также Италии. Сокотранцы вступили в контакт с далекими в географическом отношении, но близкими по ситуации сотрудниками эквадорского Национального парка «Галапагосские остро-

ва»: у них за 45 лет заповедного существования накоплен богатый опыт не только обращения с туристами, но и борьбы с опасными вторжениями растений и животных из внешнего мира.

Science. 2004. V.303. №5665. P.1753 (США).

Охрана природы

Индонезия теряет леса

Один из крупнейших островов мира — Калимантан (Борнео), значительная часть которого принадлежит Индонезии, — числится среди важнейших лесных регионов, богатых редкими видами флоры и фауны. Экологическая система острова с древнейших времен находится в глубокой зависимости от наступления явления Эль-Ниньо—Южная осцилляция, приводящего не только к катастрофическому потеплению вод центральной части Тихого океана и атмосферы над ним, но и к засухам, временами охватывающим почти всю Индонезию. С Эль-Ниньо здесь связаны также жизненные циклы множества видов местных растений и животных.

В последние десятилетия начал главенствовать антропогенный фактор, прежде всего — вырубку лесов и превращение оголенных пространств в сельскохозяйственные земли¹. Не спасает от этого и формальное провозглашение ряда территорий охраняемыми. Коммерческая вырубку, сопровождающаяся гибелью подлеска и даже растений, не представляющих прямого интереса для концессий (обычно иностранных), проводится при полном попустительстве местных властей, зачастую материально в этом заинтересованных. Ценных древесных пород с о.Калимантан в последние 20 лет вывозится больше, чем из Латинской Америки и тропической части Африки, вместе взятых.

Масштабы и характер последствий варварского отношения к лесам Калимантана изучала американско-индонезийская группа

¹ См. также: Судьба лесов Индонезии // Природа. 2001. №11. С.81; Уникальный лес погибает // Там же. 2002. №11. С.84.

специалистов по экологии, дендрологии и лесоведению, возглавляемая Л.М.Карраном (L.M.Curran; Йельская школа лесоведения, Нью-Хейвен, США). Использовались новейшие методики, большую поддержку исследователям оказали специалисты из НАСА США, которые предоставили в их распоряжение информацию, полученную со спутников.

Установлено, что за 1985—2001 гг. девственного состояния лишились более 56% территории охраняемых низменных лесов Калимантана. А ведь эти области считаются основой биологического разнообразия острова: в регионе встречались более 420 видов оседлых птиц и 222 вида млекопитающих (из них эндемичных свыше 50% и 35% соответственно). Заповедные леса и национальные парки превращаются в сравнительно мелкие островки, где животные не могут прокормить себя и постепенно исчезают. Исключения не составляют и территории высших категорий защиты, таких как парк «Гунунг-Палунг». Среди особо пострадавших видов крупных животных — малайский медведь, или бируанг (*Helarctos malayanus*), бородатая свинья (*Sus barbatus*) и орангутан (*Pongo pygmaeus*)¹.

Исследователи делают тревожные выводы в отношении будущего этого столь важного для всей планеты региона и в который раз призывают к срочным мерам ради его спасения.

Science. 2004. V.303. №5660. P.1000 (США).

Геохимия

Радиоуглеродные «часы» станут точнее

Знать время, когда имело место то или иное природное событие, необходимо для геофизических, геохимических, палеоклиматических, антропологических исследований. Главным «хронометром» для относительно отдаленных явлений служит радиоактивный изо-

¹ См. также: Орангутан на краю пропасти // Природа. 2001. №1. С.82.

топ углерода ¹⁴C, но, по общему признанию, его показания не всегда безупречны. Причина в том, что соотношения ¹⁴C и ¹²C в атмосфере, на которых основан метод определения времени, сами непостоянны. Чтобы избежать ошибок, необходимо учитывать эти колебания с помощью некой калибровочной кривой. Такой калибровке помогают, например, измерения колец на спилях древних деревьев, стратиграфия слоев в осадочных породах, сведения о росте коралловых построек. Время от времени специалисты вносят поправки в существующие таблицы; в последний раз это случилось на недавней международной конференции в Веллингтоне (Новая Зеландия), где крупнейшие геохимики и их коллеги по смежным дисциплинам утвердили современную калибровочную кривую INTCAL 04. Однако не обо всем удалось договориться. Период от «современности» (условно принят 1950 г.) до времени, отстоящего от нас на 26 тыс. лет, особых противоречий не вызвал, а попытки углубиться в прошлое на 50 тыс. лет привели к серьезным разногласиям.

В качестве инструмента «хранения» времени предлагалось использовать сезонно отлагавшиеся осадочные слои на дне оз.Суигецу (Япония), которые довольно четко свидетельствуют о каждом годе своего «появления». Таким же инструментом могут служить и коралловые постройки на морском дне у берегов Новой Гвинеи, и осадочные породы давно пересохшего оз.Лисан на границе Израиля и Иордании, и карбонатные отложения в затопленной пещере на Багамских о-вах, и некоторые глубоководные осадки в океане, чью стратиграфию можно сопоставить с данными о палеоклимате, полученными при бурении гренландских ледников. Однако большинство ученых такие определения пока считают ненадежными.

Калибровать информацию о том, что происходило ранее 22 тыс. лет назад, по ¹⁴C рискованно, так как концентрация этого изотопа в изучаемых образцах

очень мала, а кроме того, древние образцы нередко подвергались значительной переработке под воздействием различных геохимических процессов. Например, большинство коралловых сооружений, возникших до наибольшего падения уровня Мирового океана 21 тыс. лет назад, претерпели существенные изменения, препятствующие их использованию для калибровки по ¹⁴C. Более или менее надежными остаются лишь упомянутые материалы оз.Суигецу и пещерные сталактиты и сталагмиты Багамских о-вов. Однако эти свидетели прошлого сильно различаются по своим показаниям.

В качестве компромисса на конференции была предложена таблица под названием COMPARE 04. Она основывается как на всех перечисленных данных, так и на новейших результатах датировки кораллов и пещерных отложений по соотношению в них урана и тория. Особенно красноречивой обещает быть стратиграфия осадков на морском дне. Ее заставит «заговорить» группа специалистов под руководством геохимика К.Хагена (K.Hughen; Океанографический институт в Вудс-Холе, штат Массачусетс). Объектом их изучения было дно бассейна Кариак в западной части Мексиканского залива, у берегов Венесуэлы. Осадки откладывались здесь в эпоху последнего оледенения. Применяя новейшую методику, исследователи сумели, как они полагают, «растянуть» их же собственный график событий, углубившийся лишь на 14,5 тыс. лет назад, примерно до 50 тыс. лет.

Не отстают и коллеги из Коллеж-де-Франс во главе с Э.Бардом (E.Bard): они анализировали колонку донного грунта, поднятую с глубинной части дна в районе Иберийской окраины континента, расположенной относительно близко к Гренландии. Здесь не слишком сказывается искажающее влияние Атлантики (на возраст пород, определяемый по ¹⁴C, значительно воздействовали поверхностные воды, менявшие свой состав в период последнего оледенения и по его завершении).

До сих пор датировки различными методами, относящимися к периоду между 33 и 41 тыс. лет назад, различались на 5 тыс. лет и даже более. Теперь же досадный «спор» между японским озером Сугицу и Багамской подводной пещерой может быть решен «компромиссом»: истина, вероятно, лежит примерно посередине между этими показаниями. Археологам это сулит большое облегчение: например, возраст знаменитых рисунков на стенах пещеры Шове в Южной Франции по ^{14}C определялся как близкий к 31 тыс. лет, а по новым стратиграфическим данным им уже почти 36 тыс. лет.

Геохимикам и геофизикам также предстоит учитывать новые данные. Наблюдаемое разногласие между возрастными, определяемыми по ^{14}C или иными методами, отражает атмосферные колебания в соотношениях между ^{14}C и ^{12}C , вызываемые вариациями магнитного поля Земли. Магнитные аномалии, которые по отношению между изотопами аргона относят к периоду около 41 тыс. лет назад, приводили к резкому росту образования космогенных нуклидов — ^{14}C , ^{10}Be , ^{36}Cl и ^{41}Ca . Новейшие исследования образцов из бассейна Кариакто и Иберийской окраины вместе с более ранними данными по кораллам указывают: отношение атмосферного ^{14}C к ^{12}C достигало максимума (около 700 на 1 млн выше современного уровня) в период между 39 и 41 тыс. лет назад. Таким образом, учитывая фазовый сдвиг в масштабе тысячелетия, связанный с углеродным циклом, ряд геомагнитных событий можно предположительно отнести к 40–42 тыс. лет назад; это вполне совместимо с недавними определениями по ^{10}Be , содержащемуся в грунтовой колонке с Иберийской континентальной окраины. Независимым подтверждением могут служить и определения возрастов путем анализа ^{10}Be и ^{36}Cl из гренландских колонок льда.

Специалисты ожидают существенного прогресса в определении возраста стратиграфическим методом после завершения исследований в рамках операции «North-

Grip» («North Greenland Summit Ice Core») — «Северогренландский вершинный ледяной керн»). На многое можно рассчитывать и по результатам недавнего бурения в рамках международной программы IMAGES. Эти материалы существенно пополнят базу данных по концентрации ^{14}C и ^{10}Be , а также информацию об интенсивности магнитного поля в отдаленные эпохи, так что калибровочная кривая сможет достаточно надежно описывать эпоху, отстоящую от нас на 50 тыс. лет.

Science. 2004. V.303. №5655. P.178, 202 (США).

Геофизика

Приближается III Международный полярный год

Международный совет научных союзов при ООН постановил провести в 2007—2008 гг. III Международный полярный год (МПГ). К инициативе подключилась Всемирная метеорологическая организация и другие специализированные учреждения, связанные с науками о Земле.

Первый МПГ был организован в 1882—1883 гг. по инициативе австро-венгерского полярного исследователя К.Вайпрехта (K.Weyprecht), первооткрывателя Земли Франца-Иосифа. Задача ученых, по его убеждению, состоит не в простом обнаружении новых территорий, а в углубленном исследовании геофизических процессов, происходящих в Арктике. Участвовавшие в I МПГ 11 стран создали 14 полярных станций (из них четыре — российские), причем две — в Южном полушарии. На них велись наблюдения по метеорологии и геомагнетизму, изучались полярные сияния и иные геофизические явления, доступные тогдашней научной аппаратуре.

Через 50 лет, в 1932—1933 гг., несмотря на экономическую депрессию, охватившую все развитые государства, был проведен II МПГ. Ученые 44 стран приняли участие в работе десятков высокоширотных станций и экспедиций

как в Арктике, так и в субантарктических районах. СССР стал активным участником и этого мероприятия. В распоряжении полярников была уже радиосвязь, авиация и другие средства поддержки. Впервые использовались воздушные шары с наблюдательной аппаратурой, что позволило открыть струйные течения в воздушной оболочке Земли и построить их первые карты. Хотя кризис и последовавшая за ним Вторая мировая война (а в СССР — полоса политических репрессий и запрет сотрудничества с зарубежными коллегами) помешали воспользоваться значительной частью накопленных данных, II МПГ способствовал серьезному развитию наук о Земле.

Следующим этапом на этом пути стал Международный геофизический год (МГГ) 1957—1958 гг.; он был продлен на 1959 г. и получил название Года международного геофизического сотрудничества. Этот МГГ вошел в историю не только науки, но и международных отношений как пример возможности плодотворного делового сотрудничества государств с различным политическим устройством (в нем участвовали уже 67 стран). В Антарктиде, ставшей «зоной мира и науки», работали полярные станции США и СССР, Аргентины и Чили (ранее конфликтовавших из-за территориальных притязаний), Франции и Великобритании, Японии и Австралии.

И вот теперь, по прошествии почти полувека, геофизическая общечеловечность мира готовится к III МПГ. Планирующий комитет, созданный Международным советом научных союзов во главе с К.Рэпли (C.Rapley), директором Британского управления антарктических исследований, собирает сведения о намерениях и возможностях предполагаемых участников. Один из важнейших разделов программ III МПГ касается проблем изменчивости глобального климата. Для усовершенствования климатологических моделей, которые зачастую противоречат друг другу и не позволяют прогнозировать столь существенные для всего

человечества события, требуется большой объем новой информации. Именно на климате Арктики и Антарктики в наибольшей степени сказываются идущие перемены. На карту поставлены условия жизни людей в Сибири, на Аляске, в Гренландии, Исландии, в южных районах Новой Зеландии, Чили и Аргентины; таяние шельфовых ледников Антарктиды грозит затоплением многих островных и приморских территорий. Но ученым по сей день неясно, являются ли наблюдаемые события началом длительного и мощного тренда или же это сравнительно краткосрочная тенденция.

Международная научная общественность с тревогой отмечает, что, по официальному признанию Российской академии наук, сеть полярных метеорологических станций нашей страны за последнее десятилетие потеряла в этих ключевых регионах две трети былой численности (их осталось всего 45).

Штаб будущего III МПГ уже получил около 150 предложений о включении в программу разнообразнейших видов работ и наблюдений. Институт полярных и морских исследований им.А.Вегенера (Бремерхафен) предложил план геофизических исследований интереснейшего для геотектоники региона Северного Ледовитого океана, где расположен подводный хребет Гаккеля и где происходит спрединг — расширение дна, связанное с расхождением Европейской и Северо-Американской плит земной коры. По данным 2001 г., здесь необычно высока гидротермальная активность на морском дне. Германские ученые намереваются в рамках III МПГ проводить погружения телеуправляемой подводной лодки с измерительной аппаратурой.

Рассматриваются планы привлечения астрономов, которые заинтересованы в непрерывных наблюдениях Солнца в периоды многомесячного полярного дня.

В Рурском университете (Бохум, ФРГ) намерены ввести в планы изучение лишь косвенно относящейся к геофизическим дисциплинам

проблемы биоразнообразия обитателей глубинных вод Южного океана, который возник, когда Антарктида откололась от остальных материков и новая система морских течений заставила многие организмы мигрировать или приспособиться к новым условиям среды. Недавно немецкие океанологи обнаружили в водах, омывающих Анголу, на глубине 5 тыс. м, морских червей, почти идентичных тем, которые обитают в Субантрактике.

Все эти предложения изучаются экспертами, и многие из них лягут в основу сводной программы III МПГ. По самым предварительным оценкам, общая стоимость международных работ в рамках III МПГ может составить около 1 млрд долл.

Science. 2004. V.303. №5663. P.1458 (США).

Вулканология

Льяйма обнажается

В самом центре Чили расположена гора Льяйма (3100 м над ур.м.). Это самый активный из действующих вулканов страны. Еще с начала заселения этой области европейцами в XVII в. здесь отмечались частые извержения взрывного типа, хотя и не очень сильные, но препятствовавшие освоению окружающих долин и склонов. Позже геологи установили, что Льяйма — типичный стратовулкан, т.е. построен из перемежающихся слоев лавы, пепла и других рыхлых материалов. Извержение таких вулканов начинается мощным взрывом с выбросом каменных бомб, мелких обломков и пепла, которые затем перекрываются свежей лавой. Обычно активность таких вулканов циклична: взрывы сменяются сравнительно спокойным этапом выделения газов, пока не наступит новый взрывной период, и т.д.

За тысячелетия вулкан Льяйма накопил в своем теле более 400 тыс. км³ изверженных пород. Это природное сооружение прирастало главным образом за счет лавы, изливавшейся из кальде-

ры, которая образовалась около 13 200 лет назад и за это время поставила на поверхность около 24 тыс. км³ расплавленных пород, ныне уже застывших. На склонах горы существует более 40 отдельных конусов, сложенных шлаками. Примерно 7200 лет назад основной взрывной период завершился. Тот вулкан, который мы видим теперь, характеризуется сравнительно слабыми извержениями Stromboli-анского типа (из открытого жерла выделяются довольно жидкая лава и витые «бомбочки» со шлаком, причем все это ярко светится), гавайского типа (спокойное излияние жидких базальтов, которому предшествуют слабые землетрясения, сопровождаемые лавовыми фонтанами высотой в десятки метров; расплавленные частицы сливаются в длинные стеклянные нити, а лавовая река может течь по склону со скоростью до 50 км/ч) и, наконец, изредка — слабыми плинианскими извержениями (небольшой взрыв следует за длительным периодом покоя, когда во время подземных толчков из недр выбрасываются пепел, пемза, а над землей встает туча, по форме напоминающая средиземноморскую сосну пинию).

С 2003 г. вулкан Льяйма становится все более активным: чаще ощущаются подземные толчки, сильнее выделяются газы, верхние склоны горы потемнели. Сотрудники Вулканологической обсерватории Южных Анд в Темуко (Чили), совершившие облеты горы на вертолете и самолете, отметили, что облака пара над вершиной стали немного плотнее. Новые сейсмостанции на склоне и у подножия горы тоже фиксируют нарастающую активность недр. В главном кратере внезапно полностью растаяли снег и лед, оголились стенки и дно центрального и побочного кратеров. На леднике, покрывающем восточный склон горы, появились глубокие и длинные трещины, начались ледо- и камнепады, сходят снежные лавины. Ясно, что эти явления возникают не из-за сезонных изменений погоды: даже после очередно-

го выпадения снега площадь обнажений продолжает возрастать, причем и на затемненных от солнца участках горы — это магма, приближаясь к поверхности, выделяет много тепла. Вскоре свежие трещины на леднике уже достигли 3 км в длину и 500 м в ширину. В близлежащем поселке Лос-Андес-де-Меликопейко зарегистрированы три взрывных выброса пепла высотой до 500 м над главным кратером; вертикальный столб газов поднялся на 700 м, на высоте 3900 м возникло горизонтально вытянутое облако длиной около 30 км.

Новый облет места событий показал, что тонкий слой свежего пепла, вулканических комб и лапиллей (камешков с грецкой орех) покрыл с трех сторон склоны горы. На сохранившихся пятнах снега хорошо различимы ямы от падения и борозды от скатывающихся вниз горячих камней. Окраска новых облаков говорила о том, что в их состав входят SO_2 и HCl . Ученые настояли на объявлении состояния «умеренной тревоги»: сейсмические события не слишком опасны; большее беспокойство вызывала возможность снежно-грязевых лавин и опускание по склону облаков, содержащих ядовитые или удушающие газы.

В период затишья вблизи кратера, где лед и снег недавно растаяли, были установлены две широкополосные сейсмостанции и приемник сигналов со спутника GPS. Несколько участников студенческой учебно-полевой экспедиции остались в 300 м ниже вершины, а пятеро поднялись до самого кратера. Оставшиеся с удивлением обнаружили, что на обнаженной почве лежать слишком жарко. В воздухе пахло серой. Однако к началу 2004 г. активность Льяймы несколько поутихла.

Наблюдениям и анализу этих событий была посвящена специальная научная конференция, в которой участвовали специалисты из стран Южной и Северной Америки, съехавшиеся в университетский город Концепсьон (Чили).

Bulletin of the Global Volcanism Network. 2004. V.29. №2. P.2 (США).

**Климатология.
Химия атмосферы.**

**Над Южной Атлантикой
растет озонный слой**

Научный интерес к земной озоносфере позволил установить ведущую роль озона (O_3) в качественном состоянии воздушного пространства, а также в усилении парникового эффекта. Влияние O_3 распространяется из стратосферы вниз, но главный его источник — в тропосфере, где в ходе фотохимических процессов образуются новые массы O_3 путем окисления углеродсодержащих веществ.

Информация об озоне в приповерхностном слое атмосферы за сколько-нибудь длительный период явно недостаточна, кроме того, большинство измерений проводились лишь на территории Европы и Северной Америки. Они показывают, что наиболее быстрый рост содержания O_3 относится к этапу послевоенной индустриализации (1960—1970); затем благодаря мерам, контролирующим фотохимический смог, образование оксидов азота NO_x , во многом определяющих концентрацию озона в атмосфере, снизилось, особенно заметно в Европе и США. Однако вскоре быстрый ход индустриализации в Восточной Азии дал новый толчок образованию NO_x в воздушном пространстве.

В атмосфере O_3 сохраняется от нескольких недель до нескольких месяцев, что близко ко времени переноса газов из одного полушария в другое. Поэтому общая эмиссия загрязняющих веществ из Северной Америки и Евразии способна увеличивать содержание O_3 в Северном полушарии до $60 \pm 20\%$. В Южном полушарии возрастание концентрации O_3 в тропосфере обычно связывают с сжиганием биомассы на территории Африки и Южной Америки в засушливый сезон. Но спутниковые наблюдения показывают, что по крайней мере с 1979 г. сжигание идет примерно на одном и том же уровне. Все эти выводы,

однако, сделаны на основе весьма разрозненной информации. Несколько улучшают картину исследования немецких ученых во главе с Й.Лелиевельдом (I.Lelieveld; Химический институт им.Макса Планка) при участии специалистов из Метеослужбы ФРГ. Их широкоохватывающие наблюдения относятся к 1977—2002 гг., когда научно-исследовательские суда «Meteor», «Polarstern», «Walter Herwig», «Anton Dohm» (все — ФРГ), а также «Академик Федоров» (Россия) провели 79 рейсов в Атлантическом океане (по сравнению с сухопутными измерениями океанические намного репрезентативнее).

Общий объем имеющейся теперь информации составляет более 102 тыс. часов измерений O_3 длительностью от 0.5 до 1.0 мин каждое. Эти данные относятся к воздушному слою, расположенному примерно в 25 м над ур.м. Их анализ показал, что в Северной Атлантике, между 40 и 60°с.ш., рост содержания O_3 незначителен, но в Южном полушарии такой тренд становится заметным, особенно он существует в юго-западной акватории — от экватора до 20°ю.ш. Наиболее вероятным источником «нового» O_3 можно назвать Северную Африку, хотя и США, и Европа тоже вносят свой вклад. На центральные области Атлантики влияют пассаты, несущие загрязнения из Западной Африки.

За период с 1982 по 2002 г. содержание O_3 над тропической областью Северной Атлантики возросло почти на 50%, «рекордная» в этом отношении оказалась субтропическая акватория юго-востока Атлантики, где с 1982 г. концентрация O_3 удвоилась. Причины этого заключаются в бурной индустриализации Южной Африки, причем доля африканского антропогенного воздействия все еще уступает европейской, но имеет тенденцию «догонять» ее. Серьезные климатические последствия в глобальных масштабах неизбежны.

Science. 2004. V.304. №5676. P.1409, 1483 (США).

Сейсмология. Археология

Какая может быть «польза» от катастрофы?

26 декабря 2003 г. на границе Ирана с Пакистаном (в пункте с координатами 30°с.ш., 58°в.д.) произошло мощное землетрясение. Под обломками разрушенных зданий погибло около половины населения близлежащего города Бама, насчитывавшего примерно 100 тыс. жителей. Пострадал и исторический центр Бама, сложившийся в нынешнем виде еще в XVIII в. Подземные толчки обнажили и древнюю крепость — крупнейшее в мире сооружение подобного рода, и древние могильники, открыв тем самым возможность серьезного археологического изучения черт и быта минувших веков.

В 2004 г. ЮНЕСКО организовало во главе с археологом Чж.Танигучи (J.Taniguchi) комплексную экспедицию, в состав которой вошли специалисты из Японии и Италии. Исследования велись главным образом на территории городской цитадели Арг-э-Бама, где на площади в несколько гектаров располагался торговый центр древней персидской цивилизации. Здесь в середине 90-х годов XX в. были проведены лишь небольшие предварительные раскопки. Сейчас отмечается, что сама цитадель до удивления мало пострадала от землетрясения: возможно, ее кирпичная кладка оказалась значительно прочнее, чем в более поздних зданиях.

Известный специалист по археологии и исторической сейсмологии Ш.Адль (Ch.Adle; Национальный центр научных исследований Франции в Париже) указывает, что в старинных арабских текстах упоминается о строительстве укреплений в Баме, проводившемся в период династии Са-

санидов (III—VII вв.), еще до исламизации этого региона вторгшимися арабами. Теперь стихия обнажила части сооружений, возведенных, возможно, еще при империи Ахеменидов, т.е. в V—IV вв. до н.э. Это гигантское государство в пору своего расцвета простиралось от Греции до Афганистана. История его окраин пока изучена очень слабо.

Иранские власти создали комиссию по исследованию прошлого Арг-э-Бама, первыми шагами которой стали аэрофотосъемка и лазерное зондирование с целью создания трехмерной карты цитадели. Параллельно идут работы в области антисейсмического строительства: исследуется относительная прочность различных структур, что особенно важно в регионе, где население до сих пор использует необожженный кирпич. Возглавляющий эту деятельность инженер-строитель Ф.Афар (F.Afar) установил, что традиционные сводчатые крыши, характерные для жилищ более состоятельных горожан в кварталах, близких к цитадели, лучше выдержали подземные толчки, чем плоские, принятые у бедноты. Этому способствовали также каменные фундаменты более дорогих сооружений. Признана необходимость специального руководства по строительству, учитывающего, где именно требуется применение бетона и современного обожженного кирпича.

По предварительной оценке, полное восстановление Арг-э-Бама потребует многих миллионов долларов. На первичные работы от ЮНЕСКО было получено 50 тыс. долл.; японское правительство обещало предоставить полмиллиона; этот вопрос рассматривают и власти Италии. Пока же большая часть населения Бама живет в палатках.

Science. 2004. V.303. №5663. P.1463 (США).

Археология

Первые американцы — кто они?

Археологи долгое время считали, что человек впервые появился в Северной Америке около 11 тыс. лет назад, когда палеоазиаты, переправившись через Берингов пролив, распространились по континенту. Об этом свидетельствовало радиоуглеродное датирование остатков орудий, принадлежащих охотникам так называемой культуры кловис. Однако в последние годы в Северной и Южной Америке открыты десятки гораздо более древних стоянок.

В 1990 г. археолог-любитель из г.Кеноша (штат Висконсин) нашел в запасниках местного краеведческого музея кости мамонта, на поверхности которых были видны зазубрины, явно нанесенные рукой древнего охотника.

При раскопках в близлежащих местностях тоже были обнаружены обработанные людьми кости мамонта, причем сохранились они настолько хорошо, что из них удалось извлечь коллаген, радиоизотопный анализ которого показал, что этому веществу примерно 12 тыс. лет, т.е. мамонтов убили за тысячу лет до появления носителей кловисской культуры. Более того, под грудой костей лежала кучка каменных орудий, более примитивных (а следовательно, и более древних) по сравнению с оставшимися от эпохи кловис.

Осенью 2004 г. археологи во главе с М.Уотерсом (M.Waters; Университет штата Техас в Колледж-Стейшене) приступили к раскопкам в 18 км от г.Милуоки, где при осушении болот уже находили кости мамонта с весьма «подозрительными» зарубками. Специалисты по доисторической Америке с нетерпением ждут новых открытий.

Science. 2004. V.305. №5684. P.590 (США).

Генетическая летопись населения Северной Евразии

Академик РАН И.П.Ашмарин

«Мы стоим у края необъятного моря. Тысячи различных драгоценных или вредных веществ — генов — растворены в этом море... И море это волнуется. <...> Сложными потоками переливаются, смешиваясь и крутясь, разноцветные струи, рождая новые комбинации генов... Имя этому морю — генофонд*». Так говорил о генофонде сельскохозяйственных животных один из основоположников генетики в СССР А.С.Серебровский. Он призывал видеть в запасах генов, в генофонде, такое же естественное богатство, как запасы невозполнимых природных ресурсов. Серебровский пытался установить протекающие «в пространстве» процессы «диффузии» генов и их «потоки» и считал, что этим должна заниматься особая дисциплина — геногеография. Нет сомнений, что все сказанное Серебровским можно отнести и к генофонду человечества.

Народонаселение давно уже изучается этнографами, демографами, антропологами и другими специалистами по проблемам населения. Генетики включились в исследования много позже. Тем не менее сейчас уже

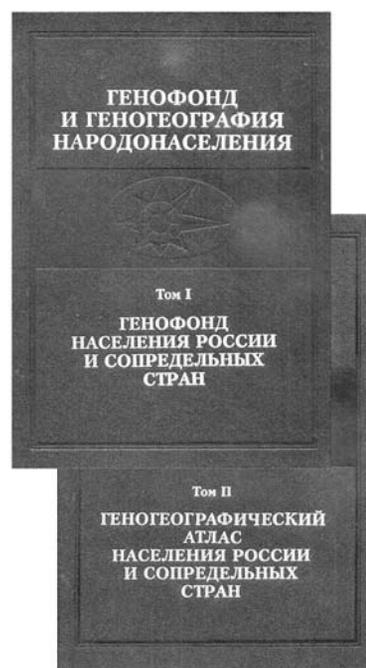
* *Серебровский А.С.* Геногеография и генофонд сельскохозяйственных животных СССР // Науч. слово. 1928. №9. С.22.

© Ашмарин И.П., 2005

получено множество сведений и по генетике человека как вида, и по генофондам народов, этносов, этнических групп, и по геногеографии. До недавнего времени территория Северной Евразии, т.е. бывшего СССР, на геногеографических картах мира была отражена как огромное белое пятно. И действительно, данные по генофонду населения всей этой части суши отсутствовали, хотя он и изучался несколькими поколениями исследователей.

Изучение это никогда не было ни планомерным, ни регулярным, да и вряд ли могло быть таким, если учесть, насколько громадной была территория СССР, разнообразны природные ландшафты, языки и культуры народонаселения. Поэтому накопленные за десятилетия сведения были фрагментарными, они не давали целостного представления о генофонде всего населения страны.

Систематизировать огромное количество разрозненных генетических данных, уже существовавших к середине 80-х годов прошлого века, взялись сотрудники Института общей генетики им.Н.И.Вавилова РАН (лаборатория генетики человека), объединив свои силы с антропологами МГУ (кафедра антропологии), где исследования по антропологической генетике



ГЕНОФОНД И ГЕНОГЕОГРАФИЯ НАРОДОНАСЕЛЕНИЯ. Отв. ред. Ю.Г.Рычков, Ю.П.Алтухов. В 2 т.

СПб.: Наука, 2000. Т.1. 611 с.; 2003. Т.2. 671 с.



Почетная грамота.

уже довольно давно стали традиционными.

Предполагалось, что итогом систематизации станет пятитомное издание, при этом первый том должен был увидеть свет в 1990 г., а последний — в 1997-м. Но по независящим от авторов и редколлегии причинам издание не осуществилось в том виде, в каком его представлял Ю.Г.Рычков, задумавший пятитомную серию, спланировавший ее структуру и руководивший коллективом авторов. Задержался и выход в свет этой коллективной монографии. Первый том («Генофонд населения России и сопредельных стран») вышел в 2000 г., а второй («Геногеографический атлас населения России и сопредельных стран») — в 2003 г. Авторский состав томов различен и включает в соответствии с проблематикой каждого из них специалистов из разных областей знания, но основная часть работы выполнена антропogenетиками и антропологами.

Пока это только двухтомная серия под общим названием «Генофонд и геногеография народонаселения». На прошедшей в Москве в минувшем году очередной книжной ярмарке, где были представлены и книги

Академиздатцентра «Наука», это издание отмечено почетной грамотой. Увидим ли мы следующие три изначально запланированные тома, остается только гадать.

«Генофонд и геногеография народонаселения» — издание, уникальное по объему (1282 страницы в двух томах), новизне и количеству научной информации. Здесь представлены систематизированные результаты популяционно-генетических исследований, выполненных антропологами, медиками и генетиками на территории бывшего СССР, включая и труднодоступные местности Сибири, Средней Азии и многих других регионов. Собрать подобного рода информацию и систематизировать ее — задачи высшего уровня сложности, так как народонаселение Северной Евразии генетически весьма многообразно. Это многообразие (различия этнически целостных групп населения) представляет собой итог генетических изменений, накопившихся в генофонде за время исторического — многовекового, а иногда и многотысячелетнего — развития того или иного этноса.

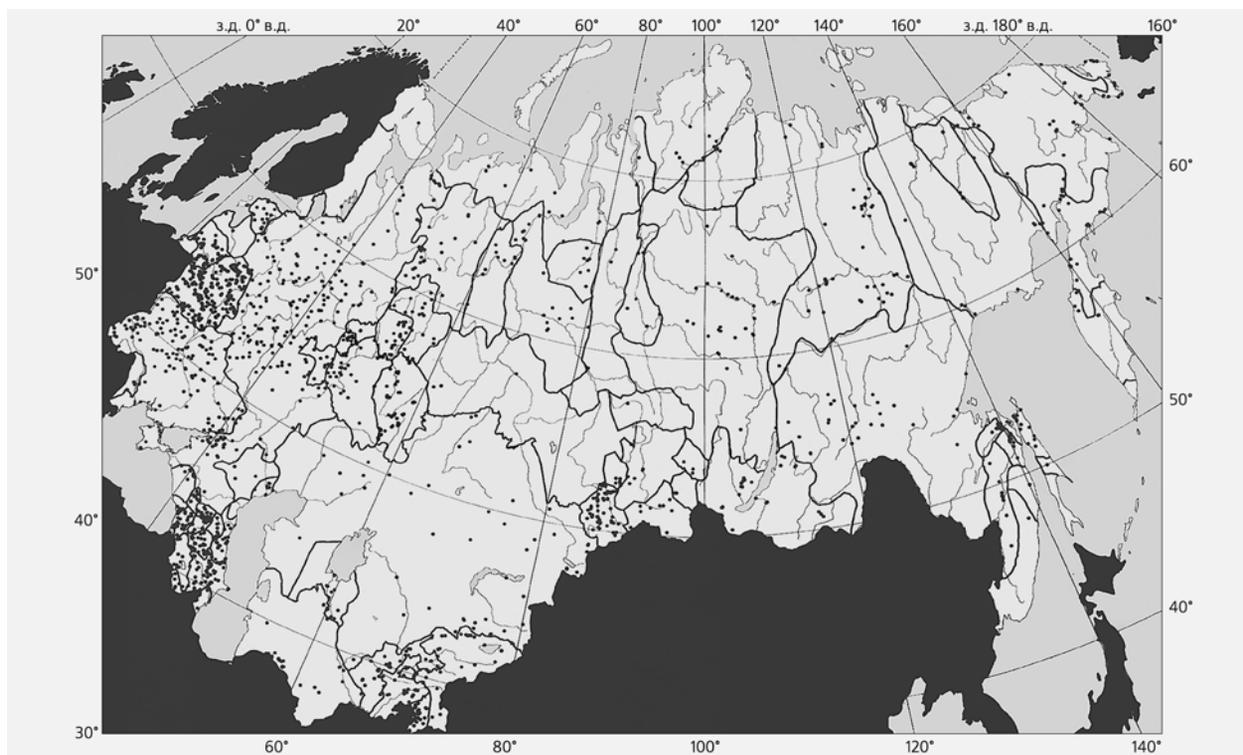
Ясно, что генетические процессы, лежащие в основе этнического своеобразия, внешне себя ничем не проявляют. Однако по прошествии времени все же виден их результат: несхожее распределение частот генетических признаков; восприимчивость или устойчивость к разным патогенным организмам; отличия в структуре заболеваемости; особенности антропологического облика населения и т.д.

Наиболее зримый результат исторического процесса являет собой этническая структура, в ее иерархичности по-своему отражена последовательность этапов этногенеза. Раскрыть и объективно оценить общую и генетическую историю этнических групп, народностей, народов и рас невозможно без скрупулезного анализа слож-

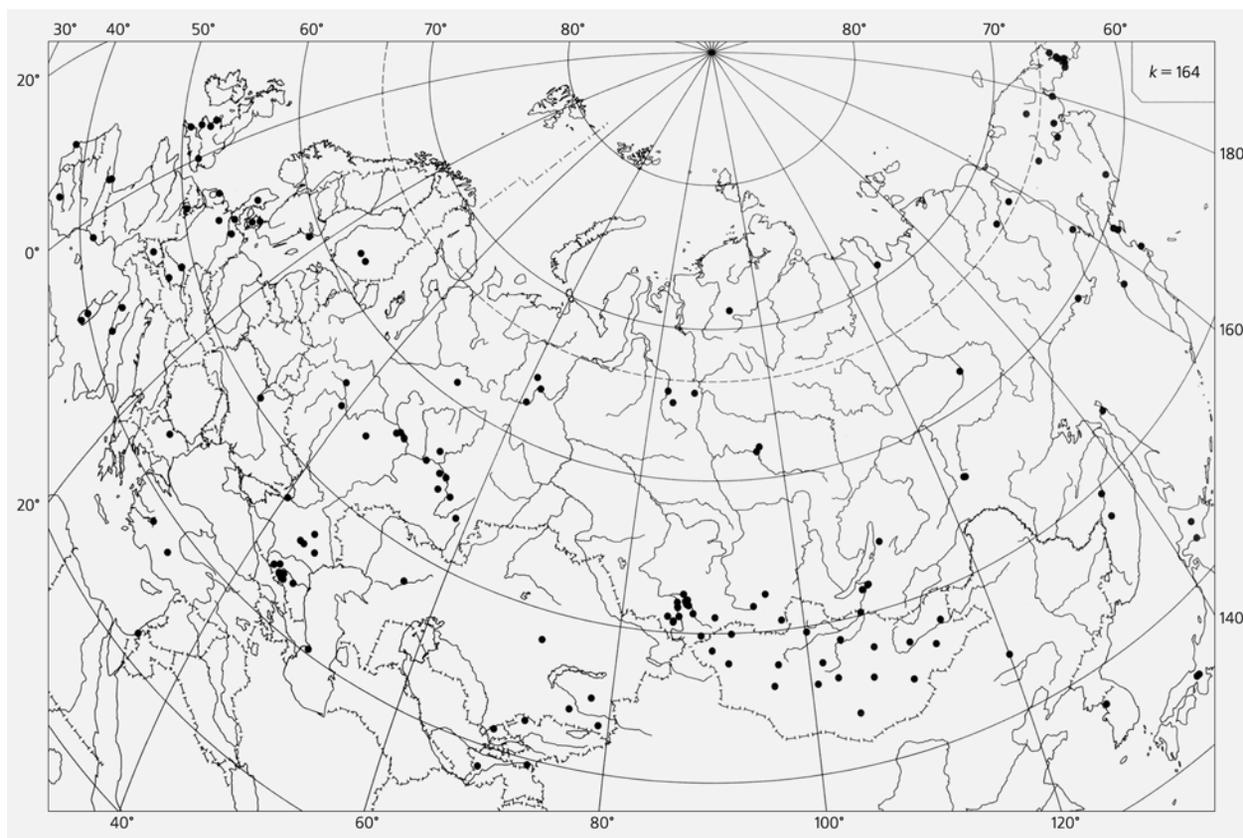
ных сочетаний генов и их географического распределения, т.е. геногеографии. Поэтому геногеографические исследования основаны, как уже упоминалось, на анализе множества генов и их сочетаний в огромном количестве популяций разного иерархического уровня. В их число входят горные аулы и кишлаки, выселки, хутора и стойбища всего лишь в несколько семей, деревни, крупные села, городки и города, где популяцию составляют несколько тысяч человек.

До выхода в свет обсуждаемой книги генофонд народов прежнего СССР оставался неизвестным. Теперь этот изъян ликвидирован. В первом томе издания «Генофонд и геногеография народонаселения» отражено состояние (на середину 80-х годов XX в.) знаний о генетической структуре многонационального населения России и сопредельных стран, об общих свойствах и важнейших особенностях его генофонда. Все эти сведения авторам удалось получить, проанализировав многочисленные показатели — и традиционные, например группы крови, и относительно новые, такие как характеристики митохондриальной ДНК. В достоверности приведенных сведений нельзя усомниться, потому что, во-первых, использован широкий круг молекулярно-генетических и иммуногенетических маркеров и, во-вторых, применены строгие статистические методы обработки данных с помощью современной компьютерной техники.

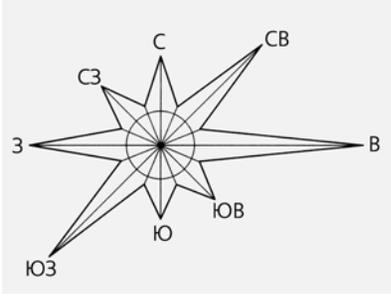
Особую ценность представляет фактический исходный числовой материал о распределении фенотипических и генных частот, сконцентрированный в табличной форме в разделе «Приложение». Этот раздел охватывает половину всего издания. В сводках содержатся и ранее не публиковавшиеся материалы кафедры антропологии биологического факультета МГУ и лаборатории генетики челове-



Опорные точки генетических данных о народах Северной Евразии (на 1985 г.).



Локализация популяций, изученных по маркерам митохондриальной ДНК.



Роза ветров генофонда
населения России
и сопредельных стран.

ка Института общей генетики. Многие генетические данные находились в научных архивах исследовательских учреждений и коллективов и в сводные таблицы включены впервые.

Насколько громадна работа, проделанная авторами обсуждаемого издания, дает представление перечень этносов и этнических групп, включенных в антропогенетический анализ: их 86. При этом количество разных полиморфных маркеров больше ста.

Во втором томе генетическое разнообразие населения Северной Евразии рассмотрено в географическом пространстве. Этот атлас состоит из двух частей — географии генов и географии генофонда — и служит единой цели: сделать структуру североевразийского генофонда зримой и более доступной для глубокого понимания протекающих в нем генетических процессов. Геногеографические карты атласа по сути можно приравнять к страницам генетической летописи, которая отражает зарождение и развитие самого населения, и потому служат историческим источ-

ником. Правда, он довольно своеобразен, поскольку изучаются генетические характеристики современных поколений. Но их несомненно можно рассматривать в качестве «свидетелей» событий прошлого. Если не всегда удастся проследить связь с современностью какой-либо археологической находки, то всегда можно выявить связь с прошлым какого-либо скопления групп генов.

Заинтересованный и внимательный читатель сумеет найти в геногеографическом атласе разнообразную информацию. Например, может выявить районы с высоким риском заболеваний, связанных с теми или иными генами, или территорию, где среди населения высока частота встречаемости генетических характеристик, которые имеют значение при переливании крови, трансплантации органов и тканей. Демограф по таким картам раскроет генетические последствия демографических процессов, а археологи и этнографы узнают, в каких районах могут быть наиболее плодотворными поиски исторических корней современного населения.

По прочтении этого издания формируется представление о целостности генофонда населения Северной Евразии, относящегося к более чем 100 этническим группам с разными способами традиционного хозяйствования, к пяти большим языковым семьям, к двум расам вида *Homo sapiens*. Геногеография населения служит ценным историческим источником сведений о путях заселения страны и о проникновении в ее пределы разных волн миграций. Карты распределения генов указывают пути таких миграций, так

же как и пути распространения новых форм ведения хозяйства, например земледелия. Именно с миграциями связан обмен генами и их комплексами между человеческими популяциями. А это, как показывает мировой опыт, может иметь как благоприятные, так и негативные последствия. Видимо, стоит задуматься, в каком направлении начнет изменяться генофонд определенных регионов.

Обсуждаемое издание содержит сведения о генетических маркерах, контролирующих иммунные и биохимические свойства крови и других тканей и потому может показаться устаревшим — ведь генетическая наука развивается стремительно, появляются новые открытия, в том числе и в области молекулярной генетики популяций человека. Но такова особенность генетической информации, что генетическая летопись народонаселения не стареет и не теряет своей ценности от того, что основная ее часть написана по данным биохимической генетики, а последние страницы — генетики молекулярной.

Неверно было бы также думать, что геногеографический подход к генетике населения высвечивает лишь прошлое. Генетические процессы не заканчиваются, они продолжают непрерывно. Поэтому с помощью геногеографии можно «разглядеть» и современные тенденции, и даже уловить географические контуры дальнейшего генетического развития населения. Так, выполненная авторами двухтомного издания «Генофонд и геногеография народонаселения» реконструкция прошлого высвечивает дорогу в будущее. ■

Шангины — семейство первопроходцев

А.Б.Веймарн,

доктор геолого-минералогических наук

Московский государственный университет им.М.В.Ломоносова

С фамилией Шангин ассоциируется слово «первый»: первые натуралисты в ряде регионов, первооткрыватели месторождений и целой рудной провинции, основатель первого за Уралом ботанического сада, первый избранный в Академию наук коренной сибиряк и первые специалисты с высшим горно-техническим образованием, подготовленные в России.

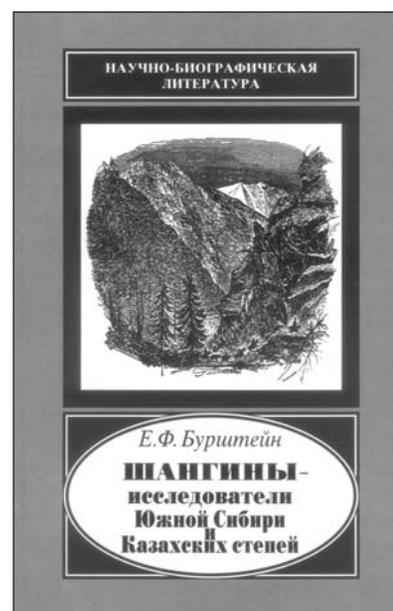
Попытку охарактеризовать семейство Шангиных впервые предпринял в 1894 г. краевед И.Я.Словцов в газете «Тобольские губернские ведомости» на основе попавших к нему нескольких документов, включая рукопись дневника путешествия П.И.Шангина в Горный Алтай. Статьи в новейшей «Энциклопедии Алтайского края» содержат мало нового, но повторяют ряд старых ошибок. Достоверные сведения о Шангиных рассеяны по крупицам в десятках документов и публикаций. Их скудость усугубляется тем, что Шангиных нередко упоминали лишь по фамилии и чину или званию. Между тем в двух поколениях семейства было три медика, заслуживших звание штаб-лекаря, двое из которых стали известными ботаниками-коллекторами, и семь горных офицеров (горное дело включало

также геогнозию, минералогию, поиски и разведку месторождений). Все это стало причиной путаницы, связанной с Шангиными и поныне затрудняющей их идентификацию.

В книге описаны научные биографии представителей алтайского семейства Шангиных (вторая половина XVIII — начало XIX в.) — члена-корреспондента Петербургской академии наук Петра Ивановича Шангина и его сыновей Ивана и Александра, братьев Семена и Никиты Шангиных, исследователей геологии, географии, флоры, полезных ископаемых Горного и Юго-Западного Алтая, Салаира, Кузнецкого Алатау, Западного Саяна, Казахских степей.

Возглавляющий «династию» *Петр Иванович Шангин*, второй из пяти сыновей мелкого канцелярского служащего горных заводов Алтая, принадлежащих Императорскому кабинету, начал трудиться в детском возрасте учеником лекаря. В 1766 г. направлен в Москву, где стажировался при Генеральном госпитале и прослушал курс медицинского факультета университета, включавший также зоологию, ботанику и минералогию.

С 1770 г. Петр Шангин — лекарь в Барнауле, с 1774 — штаб-лекарь, руководит самым крупным госпиталем округа в Змеиноморске. Попутно собирает ми-



Е.Ф.Бурштейн. ШАНГИНЫ — ИССЛЕДОВАТЕЛИ ЮЖНОЙ СИБИРИ И КАЗАХСКИХ СТЕПЕЙ.

М.: Наука, 2003. 232 с. (Из сер. «Научно-биографическая литература».)

© Веймарн А.Б., 2005

нералы и составляет гербарии, переписывается на латыни с академиком П.С.Палласом. В 1785 г. горный деятель П.А.Соймонов предложил ему принять участие в большой экспедиции. В 1786 г. Петр Шангин в чине обер-гиттенфервальтера* изучил высокогорную часть Западного Алтая — составил карту, описал гидрографию, рельеф, флору и фауну, горные породы и минералы. На базе открытых им месторождений цветных камней организуется шлифовальная фабрика, изделия которой украшали дворцы и храмы. С 1787 г. Шангин руководит разведкой и освоением рудных месторождений на Салаирском кряже. В 1793 г. Паллас публикует на немецком языке его дневники под названием «Описание примечательного минералого-ботанического путешествия в высочайшую часть Алтайских гор». В 1795 г. Шангин избран в члены-корреспонденты Петербургской академии наук. Сохранились отрывочные данные о поездках Шангина в районы, смежные с Салаиром, и о его второй экспедиции по Алтаю в 1796 г.

С 1799 по 1816 г. Петр Шангин — советник Канцелярии горного совета округа; достиг «генеральского» чина обер-берггауптмана, а с 1808 г. — придворного чина берграта 5-го класса. Впервые он упомянут как лидер группы членов Московского общества испытателей природы (МОИП) в Барнауле, третьей по численности (девять человек) после Москвы и Петербурга.

Семен Иванович Шангин, начав работать, как и брат, учеником лекаря, закончил медико-хирургическую школу в Барнауле. Пройдя подготовку при Генеральном госпитале в Москве, вскоре стал главным лекарем барнаульского госпиталя, позднее — штатным врачом в Бийске и Кузнецке. Восполняя нехватку казенных лекарств сбо-

ром лекарственных растений, совершал за ними походы и приобрел большой опыт в их использовании.

В 1799 г. Семен Шангин заболел чахоткой и был уволен в отставку, но произошло необычное: большой исцелил себя «травмами» и через полтора года вновь возглавил барнаульский госпиталь. В 1812—1820 гг. он был также инспектором медицинской части округа. Чин надворного советника дал ему потомственное дворянство.

На основе аптекарского сада Шангин заложил первый в Сибири ботанический сад с оранжереей (свыше 400 видов сибирской и китайской флоры и плантацию ревеня). Его рукопись «Медико-физические замечания о Кузнецком уезде Тобольской губернии» — один из первых трудов в области медицинской географии Южной Сибири.

Никита Иванович Шангин, младший из братьев, путешествовал по Горному Алтаю. Начал службу писарем, был маркшейдерским учеником (картографом), затем — унтер-шихтмейстером. В 1782 г. составил карту лесов в верховьях р.Алей, снабжавших рудники и заводы углем, строительным и крепежным материалом. Это одна из первых лесных карт с указанием пород деревьев (закартированы сосновые, пихтовые, березовые, осиновые леса, лесосеки и пашни). В 1786 г. отправился с Петром Шангиным в Горный Алтай, где ему доверялись самостоятельные исследования и поиски; по существу он был соавтором старшего брата. С 1796 г. шихтмейстер**, Никита Шангин управлял Газимурским заводом в Забайкалье.

В книге впервые освещены обстоятельства, прервавшие его карьеру. В августе 1798 г. Никита Шангин посетил казарму. Сидевший на нарах гренадер кричал, что казарма прогнила и скоро обрушится. Разгневанный Шан-

гин, услышав от гренадера, что тот служит государю, пробормотал: «Великое дело ваш государь». Последовали донос, следствие, военный суд, дело в Тайной экспедиции. Резолюция императора Павла определила Шангину бессрочную каторгу. Весной 1801 г. Александр I ликвидировал Тайную экспедицию и амнистировал репрессированных. Никита вернулся на Алтай. В 1803 г. он «приставлен к лесным делам», позднее произведен в 12-й класс. Каторга не прошла бесследно: в 1813 г. в Императорский кабинет сообщают о том, что берггешворен (подпоручик) Шангин, «будучи одержим болезненными припадками, наконец, от апоплексического удара <...> помер». Семьи он не имел.

Иван Петрович Шангин, старший сын Петра Шангина, обучался в Петербургском горном училище. В 1804 г., когда училище было преобразовано в Горный кадетский корпус, стал его первым выпускником. На Алтае Иван Шангин работал в лаборатории, побывал в командировке в Забайкалье, руководил разведкой и разработкой Николаевского и Белоусовского серебро-свинцовых месторождений, вел поиски руд.

Его призванием были экспедиции. Еще в 1804 г. Иван Шангин сопровождал ботаника А.Залесова в горах Алтая. В 1806 г. он изучил долины рек Томи и Мрас-су на юге Кузнецкого Алатау и р.Абакан в Западном Саяне, дал их физико-географическое описание с элементами геологии, выявил месторождения яшмы, агата и других цветных камней. В 1808 г. он детальнее обследовал бассейн р.Абакан и месторождения, наметил место шлифовальной фабрики. Ставить ее в неосвоенном районе Императорский кабинет не решился.

Главным событием в жизни Ивана Шангина стало путешествие его горного отряда при военной экспедиции 1816 г. в Казахские степи, за государствен-

* Обер-гиттенфервальтер — чин майора, который давал потомственное дворянство.

** Шихтмейстер — офицерский чин, который давал личное дворянство.

ную границу. Маршрут пролегал от крепости Св. Петра к Кокчетавскому нагорью, затем по притоку Ишима Терсаккану в бассейн р.Сарысу. Предполагалось двигаться к горам Каратау, но засуха и падеж лошадей заставили повернуть к низовьям Нуры и водоразделу бассейнов Сарысу, Нуры и озера Балхаш. За пять месяцев была впервые обследована огромная территория.

Результат экспедиции — топографическая и петрографическая карты (масштаб 20 верст в дюйме), детальные планы, «Дневные записки», коллекции пород и руд, гербарии. Отчет Ивана Шангина был представлен Александру I. Топокарта отразила основные черты орографии региона, развенчав географические легенды о соединении Урала и Алтая широтным хребтом. Появились данные о распределении геологических формаций. Описанное Шангиным на Сарысу-Тенизском водоразделе перекрытие гранитов слоистыми породами вновь установили в 1950-е годы.

Из 30 «рудников» и «приисков», нанесенных на карту, автором книги идентифицированы 23, в основном серебро-свинцовых и медных. Иван Шангин впервые описал железные руды, медистые песчаники, вольфрамит в кварцевых жилах, подпочные яшмы и порфиры, хризопраз. Помимо уже описанных в статьях Шангина месторождений (Кайракты, Алмалы, Кеншоки и др.), им были выявлены месторождения Кызылеспе, Самомбет, медистые песчаники по р.Кара-Кенгир. Между Уралом и Алтаем появилась новая рудная провинция.

Отчет Ивана Шангина получил высокую оценку. Его произ-

вели из 12-го класса в 9-й, приняли в члены МОИП и Петербургского минералогического общества. Он работал над проектом разведки и эксплуатации месторождений, но Императорский кабинет отказался осваивать их в отдаленной и неспокойной степи. Изменилось и отношение к Шангину. Ему предъявили финансовые претензии; тяжба измотала его. Иван Шангин заболел и в 1822 г. умер в возрасте 38 лет.

Нелегкой была и судьба его открытий. Имя Шангина упоминали в обзорах истории исследования региона, но многое, сделанное им, забылось. Первым натуралистом на Западном Саяне считают П.А.Чихачева (1842). При жизни Ивана Шангина были опубликованы лишь извлечения из «Дневных записок», посмертно — доклад о месторождении диоптаза. Рукопись и атлас скрылись в архиве военного ведомства. Месторождения, не описанные в публикациях, заново открывались в середине XIX — начале XX в., а находки в степях минералов вольфрама в 1920-е годы были восприняты как сенсация.

Александр Петрович Шангин — младший сын Петра Шангина, упомянутый во многих источниках XIX в. как писатель и горный деятель, прожил очень короткую жизнь.

Окончив в 1804 г. с малой золотой медалью теоретический курс в Горном кадетском корпусе, он два года изучал рудники и заводы Алтая и Салаира, а в 1807 г. представил итоговую работу. Кабинет присвоил Александру Шангину чин 13-го класса. По дороге на Алтай из-за болезни суставов и воспаления легких он был вынужден остановиться в Москве. Судьба Шанги-

на не волновала чиновников: его уволили, обязав вернуть остаток денег. Между тем по представлению президента МОИП графа А.К.Разумовского первая часть его работы «Описание Кольвано-Воскресенских рудников...» с горно-геологической характеристикой месторождений была опубликована в виде книги. Шангина восстановили в штате округа, но приехать до 1809 г. он не смог. Направление его, с ревматизмом и слабыми легкими, на медеплавильный завод выглядит наказанием. Александр Шангин готовил второе, расширенное издание книги, но через три года умер от обострения болезни в возрасте 25 лет, оставив 18-летнюю вдову.

Горный кадетский корпус закончили также трое сыновей Семена Шангина. Горный офицер *Яков Семенович Шангин*, в 1820-е годы — инспектор горного училища в Барнауле, приложил усилия к расширению учебного плана и повышению качества подготовки. Был поднят вопрос о создании в Барнауле высшего учебного заведения. В Петербурге идею не поддержали: учебный план был урезан, число учащихся уменьшено.

Биографии Шангиных показаны на широком историческом фоне. Описаны возникновение и развитие горного округа на Алтае, геолого-географическая изученность Казахских степей, история создания системы среднего и высшего горно-геологического образования в России и другие вопросы, позволяющие лучше понять исторические реалии эпохи. Обширная библиография (свыше 250 источников) и аннотированный именной указатель (около 350 персонажей) облегчают восприятие материала книги. ■

Археология

Г.Е.Афанасьев, С.Н.Савенко, Д.С.Коробов. ДРЕВНОСТИ КИСЛОВОДСКОЙ КОТЛОВИНЫ. М.: Научный мир, 2004. 240 с.

Книга знаменует собой новый подход к археологическому картографированию. В основу работы были положены как архивные материалы, так и собственные полевые исследования авторов. Именно благодаря их вкладу число известных памятников археологии в окрестностях Кисловодска удвоилось и к настоящему времени составляет более 800 объектов (с учетом их бытования в различные хронологические периоды).

Сам процесс картографирования осуществлялся в электронной форме с использованием программ для формирования географических информационных систем, так что фактически была создана универсальная археолого-географическая информационная система «Кисловодск». Она включает несколько векторных слоев, отображающих речную сеть, рельеф местности, современные грунтовые и шоссейные дороги, родники, населенные пункты в окрестностях Кисловодска. Отдельным слоем в виде точек наносятся археологические памятники. Эта точечная информация сопровождается базой данных, в которой есть сведения о названиях памятников, их типе, культурной атрибуции. Памятники имеют сквозную нумерацию, которая связана с фиксацией археологических объектов в процессе полевого исследования. Кроме того, в книге приведены растровые слои с аэрофотосъемкой и космосъемкой региона, а также специально созданная для Кисловодской котловины программа моделирования климатической ситуации (современной и раннесредневековой).

Издание рассчитано на археологов, историков и краеведов, преподавателей и студентов исторических факультетов вузов, а также всех, кто интересуется археологией Северного Кавказа и применением современных компьютерных технологий в археологии.

Ботаника

И.А.Шанцер. РАСТЕНИЯ СРЕДНЕЙ ПОЛОСЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ: Полевой атлас. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2004. 423 с.

К сожалению, даже самые популярные из существующих отечественных определителей рассчитаны на достаточно искушенных в ботаническом отношении пользователей. Новый полевой атлас — это попытка сделать определение окружающих нас дикорастущих растений доступным и увлекательным занятием для человека, не имеющего никакой специальной подготовки. Карманный формат книги позволяет взять ее с собой в дорогу для определения растений непосредственно в природе.

В средней полосе европейской части России насчитывается почти 2 тыс. видов растений; в книге описано всего 679 наиболее часто встречающихся, а также редких и нуждающихся в охране видов. Атлас охватывает территорию нечерноземной (Тверской, Ярославской, Ивановской, Нижегородской, Рязанской, Владимирской, Московской, Калужской, Смоленской областей) и севера черноземной полосы (Брянскую, Орловскую, Тульскую, Липецкую, Воронежскую, Белгородскую, Курскую области).

В издании атласа использовано 690 цветных фотографий, сделанных автором во время полевых экспедиций. Для максимального облегчения работы с атласом все фотографии рас-

тений сгруппированы по простейшему принципу — в соответствии с окраской цветка.

История науки

СЕРГЕЙ ИВАНОВИЧ ВАВИЛОВ: Новые штрихи к портрету. Авт.-сост. В.М.Березанская. Вып.2.Ч.1. М.: ФИАН, 2004. 164 с. (Из сер. «Портреты».)

Издание книги приурочено к 70-летию Физического института им.П.Н.Лебедева РАН и посвящено Сергею Ивановичу Вавилову, его основателю и директору с 1934 по 1951 г., президенту Академии наук СССР с 1945 по 1951 г.

Сборник состоит из четырех глав. Первая — документальный рассказ о жизни Вавилова с 1908 по 1917 г., где опубликованы найденные в архиве Театрального музея им.А.А.Бахрушина письма, путевые открытки и фотографии из личного архива, а также из архивов бывших и нынешних сотрудников ФИАНА.

Вторая глава, воспоминания Н.Л.Тимофеевой, составлена из двух документов и расшифровки аудиозаписи беседы (между Н.Л.Тимофеевой и В.М.Березанской). Этот текст очень ценен как свидетельство человека, в течение многих лет знавшего Сергея Ивановича и работавшего непосредственно под его руководством.

Третья глава — авторизованная расшифровка доклада Б.М.Болотовского, сделанного им на Ученом совете в ФИАНе по случаю 110-летия со дня рождения Вавилова и посвященного истории открытия эффекта Вавилова—Черенкова.

В четвертой главе представлена статья историка отечественной науки В.Д.Есакова, в которой на основе ставших доступными архивных материалов уточнен взгляд на избрание Вавилова президентом Академии наук СССР.

Освоение космического пространства в СССР

В.Л.Пономарева,

кандидат технических наук

*Институт истории естествознания и техники им.С.И.Вавилова РАН
Москва*

Первая советская Государственная программа исследования и освоения космического пространства была разработана на основании представленного в 1958 г. С.П.Королевым документа «Предварительные соображения о перспективных работах по освоению космического пространства». 10 декабря 1959 г. она была утверждена решением ЦК КПСС и СМ СССР.

До 1966 г. программа включала изучение околоземного космического пространства автоматическими искусственными спутниками Земли, исследование Луны и планет автоматическими межпланетными станциями (АМС), создание первых спутников с человеком на борту, отработку операции сближения и стыковки космических аппаратов на орбите, создание спутника с экипажем два-три человека. По этому плану (с некоторым отставанием по времени) и развивалась в эти годы наша космическая программа.

Когда был создан Институт космических исследований (ИКИ) Академии наук СССР, в его работу была включена широкая сеть научно-исследовательских институтов и конструкторских бюро.

Луна

Первым объектом исследований стала Луна. Не только потому, что она является ближайшим к нам небесным телом, но и потому, что изучение Луны важно для понимания происхождения и эволюции Солнечной системы.

Рассматривалось несколько вариантов: облет Луны для фотографирования ее обратной стороны, доставка на Луну и подрыв на ее поверхности ядерного заряда (вспышка от взрыва, зафиксированная всеми земными обсерваториями, подтвердит факт попадания в Луну; этот вариант был отвергнут ввиду его очевидной опасности) и, наконец, мягкая посадка на Луну.

Задача попадания в Луну оказалась очень сложной научной и технической проблемой: требовалось попасть в движущуюся цель с расстояния 384 тыс. км. Недобор или перебор скорости в конце активного участка всего на 1 м/с (при том, что необходимая скорость составляет около 11 км/с) приводит к промаху от точки прицеливания на 250 км, а время старта надо выдержать с точностью до нескольких секунд. Расчет и классификацию траекторий полета к Луне (попадаю-

щие, пролетные и облетные) впервые выполнил сотрудник Института прикладной математики В.А.Егоров.

Штурм Луны начался в конце 1958 г., однако все попытки запуска аппаратов к Луне, как наши, так и американские, были неудачными. Первый успешный запуск советской ракеты к Луне состоялся 2 января 1959 г. Это была четвертая по счету попытка. Из-за незначительного отклонения одного из параметров станция промахнулась на 6 тыс. км, и третья ступень с контейнером, в котором находилась научная аппаратура и вымпел с изображением герба Советского Союза, на Луну не попали. У нас не принято было сообщать о неудачах, и в печати появилось сообщение о новом крупном достижении Советского Союза в исследовании космоса: впервые в Солнечной системе была создана искусственная планета, которая получила имя «Мечта». Так неудача превратилась в успех.

«Отрицательный результат тоже результат», — говорил Королев. Отрабатывалась техника, способы управления и многое другое. Даже если аппарат не достиг поставленной цели (например, не попал в Луну), на траектории полета он передавал на Землю новую информацию

© Пономарева В.Л., 2005

о межпланетном пространстве, очень нужную для дальнейшего развития исследований.

14 сентября 1959 г. советская автоматическая станция «Луна-2» достигла поверхности Луны. Впервые аппарат, изготовленный человеком, достиг другого небесного тела. Исследования, проведенные с помощью научной аппаратуры, установленной на борту «Луны-2», показали, что Луна не имеет собственного магнитного поля и радиационных поясов.

Аппарат «прилунился» (точнее сказать, врезался в Луну на огромной скорости) в Море Дождей, между кратерами Архимед, Аристилл и Автолик (сейчас этот район называется Залив Лунника) и доставил на поверхность Луны вымпел с гербом СССР. Вымпел имел форму шара, поверхность которого состояла из пятиугольных металлических пластин с надписью «СССР. Сентябрь 1959». При ударе аппарат должен был разбиться, а пластины разлететься вокруг, как, без сомнения, и произошло.

Это замечательное достижение нашей науки и техники имело огромный политический резонанс. Американские газеты писали, что Н.С.Хрущев (как раз на те дни пришелся его визит в США) привез с собой Луну в чемодане.

4 октября 1959 г., ровно через два года после начала Космической эры, был совершен облет Луны. Станция «Луна-3» передала на Землю фотографии ее обратной стороны, и люди впервые увидели изображение той стороны нашего естественного спутника, которая всегда была от них скрыта.

Для того, чтобы это сделать, требовалось решить целый ряд чрезвычайно сложных научно-технических проблем, которые условно можно разделить на две группы: обеспечение условий фотографирования (расчет траектории, управление полетом, обеспечение необходимой ориентации станции для фотогра-

фирования, радиосвязи, передачи изображений на Землю и др.) и разработка средств для получения фотоизображений в необычных условиях космического полета. Обе «группы» включали в себя массу проблем, многие из которых в истории развития техники возникли впервые.

Для решения этой задачи был разработан ряд наземных комплексов и бортовых систем для управления полетом и работой фотоаппаратуры: программно-временное устройство, командная радиопередача, система ориентации. «Луна-3» — первый космический аппарат, снабженный системой управления движением и сложным радиокомплексом. Эти системы — прародители современных неизмеримо более сложных и совершенных систем, работающих теперь «на цифре».

При расчете орбиты необходимые значения параметров траектории получили за счет воздействия поля притяжения Луны. Траектория полета должна была обеспечить получение максимального объема информации; безопасное возвращение АМС на близкое расстояние к Земле для надежной передачи полученных изображений, чтобы при подходе к Земле станция не задела атмосферу и не сгорела в ней. Задача осложнялась еще и тем, что для успешной передачи на Землю фотоснимков по радиоканалу АМС должна подходить со стороны северного полушария, так как первый в стране пункт дальней космической связи был построен в Крыму на горе Кошка. Эти расчеты проводились в Отделении прикладной математики Академии наук, в ОКБ-1 и в НИИ-4.

Для фотографирования в НИИ-380 (ныне Всесоюзный научно-исследовательский институт телевидения) разработали автоматическую фототелевизионную систему «Енисей». К фотоаппаратуре предъявлялись специфические и весьма жесткие требования (по выдерживанию температуры объективов

и самого фотоаппарата, по термостойкости пленки, по сохранению свойств фотореактива, по защите пленки от засветки космическим излучением и т.д.).

Вполне понятное стремление при первом фотографировании обеспечить охват возможно большей площади привело к неблагоприятным условиям освещения: поверхность Луны высвечивалась прямыми лучами Солнца, поэтому детали рельефа не давали теней и могли распознаться только благодаря различию их отражательной способности, и информативность полученного материала была не слишком высокой.

Для возможности дешифрирования и привязки к селеноцентрическим координатам захватили небольшую область видимой стороны с уже известными образованиями.

Полученные со станции «Луна-3» материалы охватывали примерно 60% поверхности невидимого полушария Луны. На этих снимках различимы детали, имеющие в поперечнике размер не менее 50 км. После дешифрирования выявили и описали около 400 невидимых с Земли образований на лунной поверхности, установлены их селенографические координаты. Государственным астрономическим институтом им. П.К.Штернберга был выпущен «Атлас обратной стороны Луны», составлены карты и каталоги. Международный астрономический союз присвоил новым объектам имена. На Луне появились Море Мечты с заливом астронавтов, Море Москвы, кратеры и цирки Джордано Бруно, К.Э.Циолковского, Д.И.Менделеева, Г.Герца, И.В.Курчатова, М.В.Ломоносова, Дж.К.Максвелла и др.

Интересно отметить, что в сообщении о запуске ни слова не было сказано о его главной цели. Как пишет академик Б.Е.Черток, если по современной теории надежности оценить вероятность успешного выполнения задачи фотографирования созданными тогда

средствами, шансы на успех не превышали 20—30%. Но самоотверженность и энтузиазм людей, работавших над решением этой чрезвычайно сложной задачи, все преодолели!

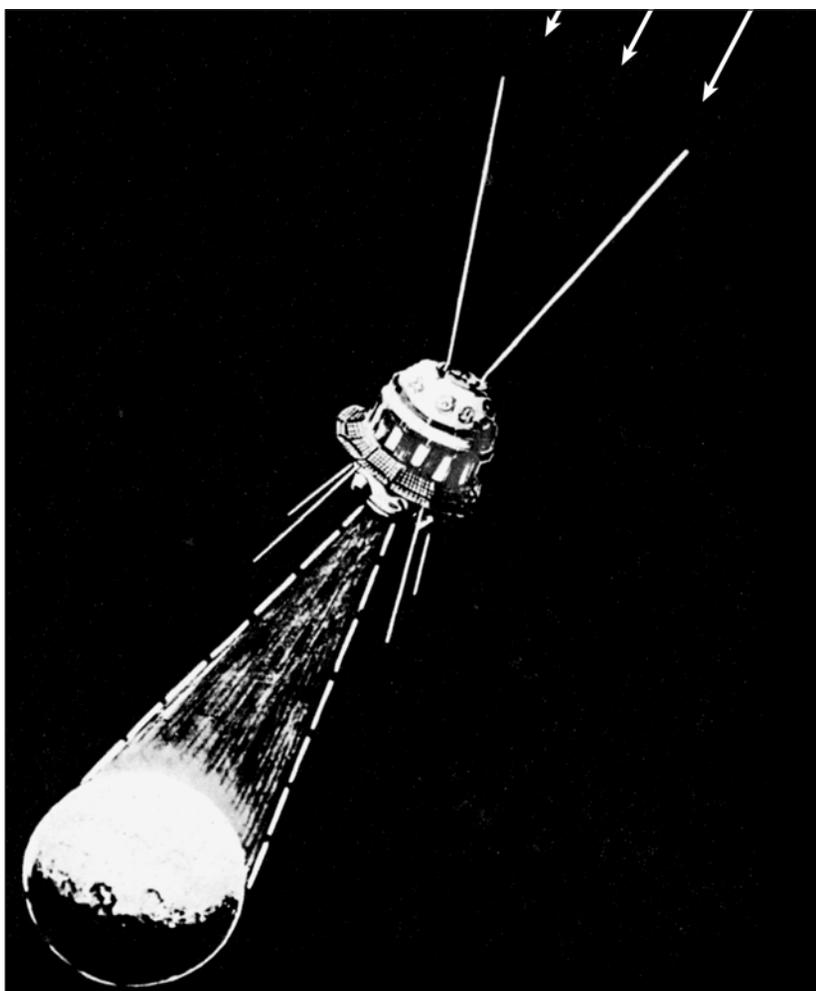
Любопытный штрих: вспоминая об истории первого фотографирования Луны, Черток упоминает о таком факте: богатый французский винодел объявил, что подарит тысячу бутылок шампанского тому, кто покажет обратную сторону Луны, и выполнил свое обещание. После долгих согласований на всех уровнях шампанское разошлось, как это часто у нас бывает, в основном среди «непричастных»...

В 1965 г. Королев передал межпланетную тематику Г.Н.Бабкину в НПО им.С.А.Лавочкина, все последующие полеты к Луне и планетам осуществлялись на разработанных там аппаратах.

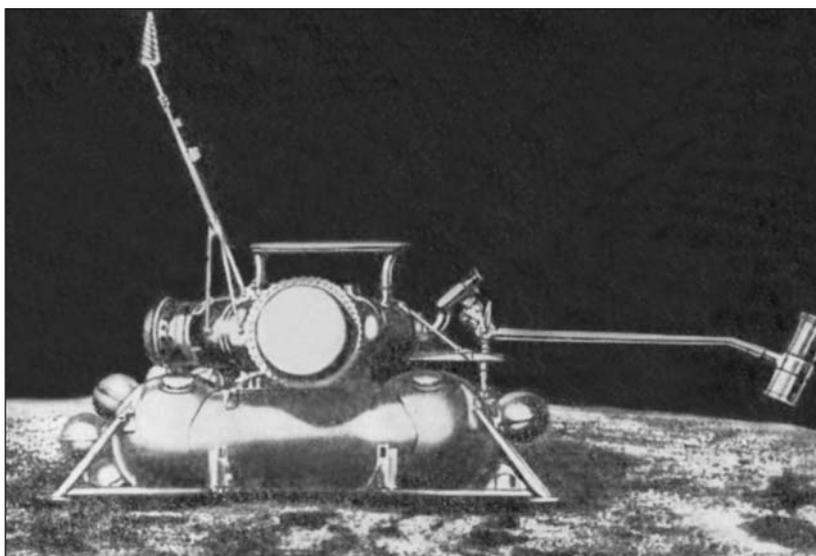
Ракета-носитель со станцией «Луна-9» стартовала 31 января 1966 г., а уже 3 февраля станция совершила первую мягкую посадку на другое небесное тело. Сферический спускаемый аппарат отделился от двигательного отсека, мягко прилунился, раскрыл четыре лепестковые панели, закрывающие антенны и телекамеру, и передал на Землю панорамное изображение лунного ландшафта. Выяснилась структура лунного грунта — оказалось, что в месте посадки он достаточно плотный, вроде пемзы.

Мягкая посадка на другое небесное тело — новая и очень сложная научно-техническая задача. Отсутствие на Луне атмосферы исключало использование парашюта. Нужно было с помощью ракетного двигателя затормозить аппарат, летящий со скоростью 2.5—2.7 км/с, до нуля и именно в тот момент, когда он вплотную приблизится к поверхности Луны. Она отрабатывалась при запусках «лунников» с четвертого номера по восьмой.

В том же году для изучения гравитационного поля Луны была запущена станция «Луна-10». 31 марта она вышла на орбиту искусственного спутника Луны.



Взаимное положение автоматической станции «Луна-3», Луны и Солнца в момент фотографирования Луны.



Посадочная ступень автоматической станции «Луна-16» с грунтозаборным устройством.



Испытания «Лунохода-1» в наземных условиях, имитирующих лунный грунт.

Это был первый искусственный спутник другого небесного тела.

В сентябре 1970 г. станция «Луна-16» совершила мягкую посадку в районе Моря Изобилия, произвела бурение, взяла образцы лунного грунта и доставила их на Землю. Это было первое в истории космонавтики возвращение космического аппарата с другого небесного тела; исследовали химический состав лунного грунта и определили абсолютный возраст пород морского и материкового типа, что является одной из фундаментальных проблем изучения планет.

Чтобы решить эти задачи — осуществить мягкую посадку или создать искусственный спутник другой планеты — нужно было научиться корректировать (или задавать) траекторию полета космического аппарата. Это стало возможно после разработки точных систем ориентации и создания корректирующих ракетных двигателей, способных неоднократно включаться в условиях космического пространства.

В ноябре 1970 г. «Луна-17» доставила на Луну дистанционно управляемый аппарат «Луно-

ход-1». При разработке этого аппарата во ВНИИ Трансмаш (Ленинград) рассматривались разные способы передвижения на Луне — шагающие, прыгающие, ползущие,двигающиеся на гусеницах или на колесах механизмы. В конце концов остановились на последнем варианте.

Колес было восемь — по четыре с каждой стороны. Каждое колесо имело свой собственный двигатель (небольшой электромотор в ступице), поэтому луноход мог двигаться и при отказе одного или нескольких колес. Специальные шипы обеспечивали хорошее сцепление с грунтом при малой (в шесть раз меньше, чем на Земле) силе тяжести. Для испытания ходовой части на Земле был построен специальный лунодром со всеми элементами лунной поверхности (кратерами, трещинами, камнями и прочим). Материалы для строительства привезли с потухших и действующих вулканов Камчатки.

Управляли луноходом по радио- и телеканалам операторы с Земли. Это было очень непросто, так как команда управления шла до аппарата 1,3 с и столько

же времени требовалось на ответ лунохода «Вас понял». Имелся бортовой электронный блок управления, который контролировал движение и останавливал луноход в опасных ситуациях.

Однажды при попытке преодолеть кратер, который наземному экипажу из-за неблагоприятного освещения не показался сложным, луноход опасно накренился. Тут же включилась автоматика и остановила аппарат. В другой раз аппарат специально направили в кратер с крутыми склонами и большим количеством камней, который ученым непременно нужно было исследовать. Это была сложная задача, но усилиями наземного экипажа и автоматики справились.

За 10 месяцев «Луноход-1» прошел расстояние 10 540 м, обследовав площадь 80 тыс. м². Более чем в 500 точках изучались физико-химические свойства Луны, на Землю было передано огромное количество научной информации, в том числе около 200 панорам и более 20 тыс. отдельных снимков.

В январе 1973 г. на Луну был доставлен «Луноход-2». Выполняя программу исследований и передавая результаты на Землю, он в течение пяти месяцев прошел 37 км.

Венера

Венера всегда закрыта толстым слоем облаков, и сведения о ее поверхности и атмосфере до начала полетов автоматических межпланетных станций были довольно скудными. В 1959 г. советские специалисты начали радиолокационные исследования Венеры с Земли. Удалось определить температуру, период обращения вокруг оси. Вращение оказалось обратным, период обращения составил примерно 244 сут. Полученные тогда значения довольно хорошо совпадают с современными. Первым аппаратом, который достиг поверхности планеты, стала стан-

ция «Венера-3» (межпланетный перелет продолжался с 16 ноября 1965 г. по первое марта 1966 г.). В 67-м была предпринята попытка мягкой посадки. Спускаемый аппарат станции «Венера-4» представлял собой шар диаметром 1 м. При его торможении в атмосфере перегрузка достигала 300 единиц. Спуск на парашюте продолжался 94 мин. В течение этого времени на Земле принимали уникальную научную информацию. Впервые были получены данные об атмосфере планеты. На высоте 22 км, когда давление достигло 18 атм, а температура 277°C, станция прекратила существование — она не была рассчитана на такие условия.

После полетов следующих станций, которые погибали при спуске, стало ясно, что спускаемые аппараты следует рассчитывать на снижение в сверхплотной раскаленной атмосфере. Станция «Венера-7», достигшая поверхности планеты, передала, что давление составляет 100 атм (как в океане на глубине 800 м), а температура 475°C. Наиболее успешным в этой серии был полет станции «Венера-8», которая села на дневной стороне планеты и в течение 50 мин передавала информацию.

В 1975 г. были запущены станции нового типа «Венера-9» и «Венера-10». Станции состояли из двух частей — орбитального блока и спускаемого аппарата. За двое суток до встречи с планетой от станций отделились спускаемые аппараты и продолжили полет к планете, а орбитальные блоки перешли на орбиты искусственных спутников планеты. Станции «Венера-9» и «Венера-10» стали первыми искусственными спутниками Венеры. Со спускаемых аппаратов были получены панорамные изображения поверхности планеты. Несмотря на плотную атмосферу и густую облачность, по освещенности виды напоминали пасмурный день на Земле, а местность представляла собой каменистую пустыню

с большим количеством валунов гигантского размера.

Исследования Венеры, хоть и не всегда успешные, продолжались. В 1981 г. стартовали станции нового поколения «Венера-13» и «Венера-14». Их спускаемые аппараты взяли и исследовали пробы грунта и через орбитальный блок передали на Землю уникальную научную информацию. В 1983 г. на орбиту искусственного спутника Венеры были выведены станции «Венера-15» и «Венера-16». В течение восьми месяцев они вели радиолокационную съемку планеты. По результатам их исследований были составлены карты северного полушария планеты. Ее рельеф оказался сложным, с горами, впадинами, кратерами. Самые крупные из них получили имена: например, каньон Артемиды, равнина Снегурочки.

Почти все полеты советских станций к Венере были успешными, ее называли «русской планетой».

Марс

Первым аппаратом, запущенным к Марсу, стала советская автоматическая межпланетная станция «Марс-1», которая стартовала 1 ноября 1962 г. Полет продолжался семь с половиной месяцев, станция прошла на расстоянии 195 тыс. км от Марса. В марте 1963 г., когда станция удалилась от Земли на расстояние 106 млн км, связь с ней оборвалась.

19 и 28 мая 1971 г. были запущены АМС «Марс-2» и «Марс-3». Станция «Марс-2» вышла на орбиту искусственного спутника Марса, от нее был отделен спускаемый аппарат, который разбился при посадке. Научная аппаратура и небольшой шагающий марсоход погибли, но вымпел с изображением герба СССР все же попал на поверхность Марса. Это третий вымпел, доставленный на другие планеты (второй был отправлен на Венеру).

2 декабря 1971 г. спускаемый аппарат станции «Марс-3» совершил мягкую посадку на поверхность планеты. Посадка осуществлялась по такой схеме: спускаемый аппарат сначала вышел на орбиту искусственного спутника Марса, после отработки корректирующего импульса перешел на траекторию снижения, затем была введена парашютная система. Аппарат опустился на поверхность Марса, после чего раскрылись лепестковые панели, закрывавшие аппаратуру, и началась работа. В состав научной аппаратуры входили приборы для измерения атмосферного давления, температуры и скорости ветра, масс-спектрометр для определения химического состава атмосферы, состава и физико-химических свойств грунта. Аппарат начал передавать информацию, но через 20 с связь прервалась. Понять, что произошло, было невозможно.

В 1974 г. подошло «стартовое окно» для полета к Марсу, когда условия для запуска наиболее благоприятны по энергетическим соображениям. Запущены четыре «Марса», из них только полет станции «Марс-5» оказался частично удачным. Так что Марс был не столь благосклонен к нам, как Венера.

Программа «Фобос» предназначалась для исследований Марса и его спутника Фобоса. Это было очень интересно, так как в свое время существовали гипотезы, что Фобос является не естественным, а искусственным спутником Марса.

Два аппарата стартовали в июле 1988 г. с интервалом в несколько дней. Полет должен был продолжаться 200 сут. Планировалось, что приблизившись к планете, аппараты выйдут на сильно вытянутую орбиту над экватором, проработают на ней около 60 сут, после чего перейдут на круговую орбиту с периодом обращения 8 ч. Программой предусматривалось приближение к поверхности Фобоса на 50 м и проведение исследований

на этой высоте, после чего от аппаратов отделяются исследовательские модули для изучения Фобоса. Один из них мог скачками передвигаться по его поверхности. Состав пород предполагалось изучать с помощью лазерной пушки. Исследования Марса и Фобоса должны были продолжаться около года.

Этот проект стал международным, в нем участвовали ученые и специалисты многих стран Европы и Европейского космического агентства.

Из-за ошибки оператора «Фобос-1» вышел из строя, и все попытки оживить его остались безрезультатными. «Фобос-2» после коррекции, проведенной по команде с Земли, вышел на орбиту спутника Марса с периодом обращения 77 ч. После четырех витков начались операции по сближению с Фобосом. С 21 марта станция передавала информацию на Землю, а 27-го связь с ней была потеряна. Как показал последующий анализ, основной причиной неудачи

оказались конструктивные недостатки этих аппаратов.

Проект «Вега»

В 1986 г. ожидалась комета Галлея, которая появляется в окрестностях Земли раз в 76 лет. Для ее исследования был разработан международный проект «Вега». В конце декабря 1984 г. стартовали две межпланетные автоматические станции — «Вега-1» и «Вега-2». Они направились к Венере по пролетной траектории. 9 и 13 июня 1985 г. от них отделились спускаемые аппараты, а пролетные блоки, изменив траекторию с помощью гравитационного поля Венеры, полетели «догонять» комету.

На высоте 65 км от спускаемых аппаратов в свернутом виде отделились аэростатные зонды. По команде автоматики зонды развернулись и заполнились гелием. Под «воздушным шариком» была подвешена гондола с размещенной в ней научной

аппаратурой. После сброса балласта зонды опустились на высоту около 50 км, на которой и дрейфовали, изучая розу ветров и атмосферу Венеры. Связь с зондами продолжалась до исчерпания источников питания, почти 46 ч. За это время они успели пролететь около 12 тыс. км.

В начале марта 1986 г. «Вега-1» и «Вега-2» приблизились к ядру кометы Галлея на расстояние немного меньше 9 тыс. км. Они подверглись интенсивной бомбардировке частицами хвоста кометы, но тем не менее передавали на Землю телевизионное изображение ядра. Измерения производились на всем участке сближения с ядром, полученная информация передавалась на европейский спутник «Джотто», который для этого приблизился к ядру на расстояние около 600 км.

В проекте принимали участие Европейское космическое агентство, Япония, США. Это был последний грандиозный проект XX века. ■

ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

Научные редакторы
О.О.АСТАХОВА
Л.П.БЕЛЯНОВА
Е.Е.БУШУЕВА
М.Ю.ЗУБРЕВА
Г.В.КОРОТКЕВИЧ
К.Л.СОРОКИНА
Н.В.УЛЬЯНОВА
Н.В.УСПЕНСКАЯ
О.И.ШУТОВА

Литературный редактор
С.В.ЧУДОВ

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
С.В.ЧУДОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры:
В.А.ЕРМОЛАЕВА
Е.А.ПИМЕНОВА

Графика, верстка:
Д.А.БРАГИН

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

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

Адрес редакции: 119991,
Москва, ГСП-1, Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-24-56
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 14.10.2005
Формат 60×88 1/8
Офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 770
Набрано и сверстано в редакции

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