

ПРИРОДА

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ПОПУЛЯРНЫЙ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ АКАДЕМИИ НАУК СССР



**С КАКОЙ СКОРОСТЬЮ
РАСТУТ ГОРЫ ?**

ИЮЛЬ **7** 1988



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор академик Н. Г. БАСОВ	Доктор философских наук Н. В. МАРКОВ
Кандидат физико-математических наук А. И. АНТИПОВ	Ответственный секретарь В. М. ПОЛЫНИН
Доктор физико-математических наук Е. В. АРТЮШКОВ	Доктор исторических наук П. И. ПУЧКОВ
Член-корреспондент АН СССР Р. Г. БУТЕНКО	Заместитель главного редактора академик Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙ
Доктор географических наук А. А. ВЕЛИЧКО	Доктор философских наук Ю. В. САЧКОВ
Академик В. А. ГОВЫРИН	Заместитель главного редактора доктор биологических наук А. К. СКВОРЦОВ
Член-корреспондент АН СССР И. Р. ГРИГУЛЕВИЧ	Академик АН УССР А. А. СОЗИНОВ
Заместитель главного редактора Ю. Н. ЕЛДЫШЕВ	Академик В. Е. СОКОЛОВ
Член-корреспондент АН СССР Г. А. ЗАВАРЗИН	Доктор геолого-минералогических наук М. А. ФАВОРСКАЯ
Академик В. Т. ИВАНОВ	Заместитель главного редактора кандидат технических наук А. С. ФЕДОРОВ
Доктор физико-математических наук Н. П. КАЛАШНИКОВ	Заместитель главного редактора член-корреспондент АН СССР Л. П. ФЕОКТИСТОВ
Доктор физико-математических наук С. П. КАПИЦА	Академик В. Е. ХАИН
Доктор физико-математических наук И. Ю. КОБЗАРЕВ	Доктор физико-математических наук А. М. ЧЕРЕПАЩУК
Кандидат физико-математических наук А. А. КОМАР	Доктор физико-математических наук В. А. ЧУЯНОВ
Академик Н. К. КОЧЕТКОВ	
Доктор геолого-минералогических наук И. Н. КРЫЛОВ	

НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Главный Кавказский хребет. См. в номере: **Никонов А. А.** С какой скоростью растут горы?

Фото В. Е. Гиппенрейтера.

НА ВТОРОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Листы из гербария Екатерины II. См. в номере: **Караваяв М. Н., Баландин С. А.** Гербарий Екатерины II и английский «дипломатический букет».

НА ЧЕТВЕРТОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ. Вид с Владимирской горки в Киеве. См. в номере: К 1000-летию крещения Руси.

Фото В. П. Казанцева.



© Москва «Наука»
Природа 1988



— символ межправительственной программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (The Man and the Biosphere). Этим символом обозначены материалы, которые журнал «Природа» публикует в рамках участия в деятельности этой программы.

В номере:

4 Вольфсон С. А., Ениколопов Н. С. РАЗМЫШЛЕНИЯ О ПОЛЬЗЕ И ВРЕДЕ ХИМИИ

Загрязнение окружающей среды, обусловленное развитием промышленности, и прежде всего химического комплекса, — проблема не менее глобальная, чем атомная угроза, опасность химического и биологического оружия. Не пора ли и химикам принести клятву верности Природе, похожую на клятву Гиппократу у врачей.

14 Кушин В. В. СМЕРЧ

Принося неисчислимые беды человечеству, он ревниво оберегает свои тайны. И все-таки... его парадоксальные особенности прекрасно укладываются в новую теорию смерча.

24 Никонов А. А. С КАКОЙ СКОРОСТЬЮ РАСТУТ ГОРЫ?

Два противоположно направленных процесса — тектоническое поднятие и разрушение горных пород — определяют изменение высоты гор. Оценка этого изменения имеет не только теоретическое, но и практическое значение — все больше объектов строится в горах.

32 Миркин Б. М. ФИТОЦЕНОЛОГИЯ В ОХРАНЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Можно ли создать лес, близкий к природному оригиналу, или посеяв сено, взрастить луговые травы? На эти и другие вопросы, связанные с охраной растений и целых сообществ, дает ответ современная фитоценология.

43 Пущаровский Ю. М. XIX ГЕНЕРАЛЬНАЯ АССАМБЛЕЯ МГС

В центре внимания — свойства ядра, мантии и земной коры.

44 Пармузин Ю. П. ЗАТЕРЯННЫЙ МИР ПУТОРАНА

Малоизвестная и почти не освоенная заполярная страна многочисленных рек и озер, с реликтами животного и растительного мира, выпукло проявила законы географической зональности.

56 К 1000-ЛЕТИЮ КРЕЩЕНИЯ РУСИ

Принятие христианства послужило укреплению русской государственности, решительно повлияло на развитие науки, искусства, общественных установлений. Новые исторические и археологические исследования позволяют уточнить даты и характер событий X в. и понять их развитие в XI—XIII вв.

Рапов О. М. КОГДА ХРИСТИАНСТВО ПРИШЛО НА РУСЬ (58)

Хорошев А. С. ХРИСТИАНИЗАЦИЯ РУСИ ПО АРХЕОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ (68)

77 Плешак Т. В. КЛЕСТЫ НА СОЛОНЦАХ

Необходимость в минеральном питании иногда становится страстью к добыче соли любимыми способами.

78 Кравченко С. М. МОЖНО ЛИ УВИДЕТЬ КОНВЕКЦИЮ В МАНТИИ?

Конвекцию в мантии Земли обычно изучают геофизическими методами, но недавно выяснилось, что возможен и собственно геологический подход, поскольку границы конвективных ячеек отражаются в структурах земной коры.

86 Гинзбург В. Л. ПАМЯТИ РИЧАРДА ФЕЙНМАНА — ЗАМЕЧАТЕЛЬНОГО ФИЗИКА И УДИВИТЕЛЬНОГО ЧЕЛОВЕКА

15 февраля 1988 г. умер Ричард Фейнман — «замечательный физик и учитель физиков», как пишет о нем в своей заметке В. Л. Гинзбург, лично знавший Фейнмана. Одна из последних публикаций Р. Фейнмана — рассказ об участии в работе комиссии по расследованию причин катастрофы «Челленджера».

Фейнман Р. МИСТЕР ФЕЙНМАН ЕДЕТ В ВАШИНГТОН (90)

НОВОСТИ НАУКИ

101 Экспедиция на «Мире»: март — апрель 1988 г. (101) • Индийский спутник ИРС-1А (101) • Сверхновая 1987А: поляриметрические наблюдения и интерпретация (102) • Возраст и

химический состав Млечного Пути (102) * Галактические «ураганы» и образование галактик (103) * Загадка облаков «Лайман-альфа» (103) * Ультразвук увеличивает срок службы полупроводниковых приборов (104) * Молекулярная разметка (105) * Лазерно-дуговое воздействие на металлы (105) * Технологические возможности новых сверхпроводников (106) * Инфракрасные лазеры в хирургии (107) * Что кодирует антионкоген? (107) * Одни и те же гены работают по-разному (107) * Вкус и циклические нуклеотиды (108) * Тромбоциты — свидетели депрессии (109) * Вирус СПИДа действует иначе (109) * Нервная ткань стимулирует иммунитет (109) * Новое в изучении нейронов (110) * Фактор роста нервов и старение мозга (110) * Тяжелые металлы нарушают синтез липидов (110) * Ишемическая болезнь сердца старит (111) * Лунные циклы пресноводного зоопланктона (111) * Выведение кур в «пробирке» (112) * Как плавают латимерия (112) * Судьба черного грифа (113) * Акулы — угроза подводным кабелям (113) * 116-й рейс «ДЖОЙДЕС Резолюшн» (114) * Сейсмичность Земли и межпланетная среда (115) * Эль-Ниньо и землетрясения (115) * Сверхдлинный океанографический разрез (116) * Гидротермальная активность в трое Окинава (116) * Новая подводная лаборатория (117) * Луна и разливы Нила (117) * В аляскинской тундре становится теплее (118) * Морские суда влияют на климат (118) * Железо, фитопланктон и глобальные уровни CO₂ в атмосфере (118) * Лагушка в янтаре (119) * «Сауна» первобытного человека (119) * Древнейшие пивовары (119)

РЕЦЕНЗИИ

- 120** Тоом А. Л. **СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА РЕФЛЕКСИЮ** (на кн.: Проблемы рефлексии. Современные комплексные исследования) **Лебедев О. А. ПАЛЕОНТОЛОГИЯ В ФОТОГРАФИЯХ И РИСУНКАХ** (на кн.: М. Ф. Ивахненко, В. А. Корабельников. Живое прошлое Земли) (122)

НОВЫЕ КНИГИ

- 123** Карлов Н. В. Лекции по квантовой электронике (123) * **Вагнер Й.** Африка: рай и ад для животных (124) * **Моисеев Н. Н.** Экология человечества глазами математика (124) * **Гусakov Б. Л., Петрова Н. А.** Перед лицом великих озер (124)

ВСТРЕЧИ С ЗАБЫТЫМ

- 125** **Караваев М. Н., Баландин С. А.** ГЕРБАРИЙ ЕКАТЕРИНЫ II И АНГЛИЙСКИЙ «ДИПЛОМАТИЧЕСКИЙ БУКЕТ»

Научные редакторы:

И. Н. АРУТЮНЯН,
О. О. АСТАХОВА,
Л. П. БЕЛЯНОВА,
А. В. ДЕГТЯРЕВ,
М. Ю. ЗУБРЕВА,
Г. В. КОРОТКЕВИЧ,
В. В. МАЙКОВ,
Л. Д. МАЙОРОВА,
Н. Д. МОРОЗОВА,
Е. М. ПУШКИНА,
Н. В. УСПЕНСКАЯ

Литературные редакторы:

Н. Б. ГОРЕЛОВА,
И. В. ДМИТРИЕВА,
Г. И. ПАНКОВА

Художник С. И. МИРОНЕНКО

Художественные редакторы:

Л. М. БОЯРСКАЯ,
Д. И. СКЛЯР

Заведующая редакцией

О. В. ВОЛОШИНА

Корректоры:

О. Н. БОГАЧЕВА,
Т. Д. МИРЛИС

В номере использованы

фотографии:
В. Б. ГОЛУБА,
Я. КАЛВОДЫ,
В. А. КУПРИЯНОВА,
В. К. ОРЛОВА,
С. М. РУМЯНЦЕВА,
В. СКИПЧИНСКОГО,
К. Д. СТАРОДУБА

В художественном оформлении номера принимали участие:

С. Г. ГУНДЛАХ,
В. С. КРЫЛОВА,
Б. И. КУЗЬМИН,
Е. К. ТЕНЧУРИНА

Ордена Трудового Красного
Знамени издательство «Наука»

Адрес редакции:
117049, Москва, ГСП-1,
Мароновский пер., 26.
Тел. 238-24-56, 238-26-33

Сдано в набор 03.05.88

Подписано в печать 17.06.88

Т—00163

Формат 70×100 1/16

Офсетная печать

Усл. печ. л. 10,32

Усл. кр.-отт. 1445,6 тыс.

Уч.-изд. л. 15,0

Бум. л. 4

Тираж 54 000 экз.

Зак. 1215

Ордена Трудового
Красного Знамени
Чеховский полиграфический
комбинат
ВО «Союзполиграфпром»
Государственного
комитета СССР
по делам издательств,
полиграфии
и книжной торговли.
142300, г. Чехов
Московской области

РАЗМЫШЛЕНИЯ О ПОЛЬЗЕ

С.А.Вольфсон, Н.С.Ениколопов



Станислав Александрович Вольфсон, доктор химических наук, заведующий лабораторией Института химической физики АН СССР. Занимается вопросами технологии синтеза полимерных и композиционных материалов. В качестве эксперта неоднократно участвовал в разработке прогнозов и научно-технических программ развития промышленности синтетических полимеров в СССР и в странах СЭВ.



Николай Сергеевич Ениколопов, академик, директор Института синтетических полимерных материалов АН СССР, председатель Научно-технического совета «Полимеры в народном хозяйстве» при ГКНТ СССР. Область научных интересов — синтез, структура и свойства полимерных и композиционных материалов. В последние годы активно разрабатывает проблемы реакций в твердой фазе под действием давления и деформации сдвига. Лауреат Ленинской премии.

НА ПРОТЯЖЕНИИ многих лет мы справедливо гордились достижениями химии и химической технологии. Некоторые негативные явления, связанные с загрязнением окружающей среды, казались нам досадными случайностями, обусловленными чьей-то неграмотностью, некомпетентностью или просто разгильдяйством. Однако в последнее время эти явления стали все чаще привлекать наше внимание. В эпоху гласности информация о них стала более доступна. Истории, связанные с загрязнением Байкала и Ладоги, гибелью Кара-Богаз-Гола, состоянием воздушной среды в Ереване, Уфе, Нижнем Тагиле и многих других городах, отравлением почв в Молдавии и Узбекистане, всколыхнули общественное мнение, показали, к какому опасному пределу мы подошли. Не пора ли спокойно и критично взглянуть этим фактам в глаза, разобраться в нашем химическом хозяйстве самим. Не пора ли перестать отмахиваться от страстных выступлений наших писателей в защиту природы и оценить, куда завел нас научно-технический прогресс.

Перестройка нашего общества, экономики на интенсивный путь развития требует глубоко критического осмысления проделанного, понимания причин и следствий того, что принято называть экстенсивной стадией развития промышленности. Задача эта, и вообще очень сложная, связана с действием множества факторов, но прежде всего — ведомственного подхода, особой ведомственной психологии, присущей, как показал опыт, всем без исключения работникам промышленности, поскольку эта психология вошла в их плоть и кровь.

Начнем издалека. Понятие ноосферы впервые сформулировал наш великий соотечественник В. И. Вернадский, но многие положения, вытекающие из этого понятия, еще ждут детальной разработки. А время не ждет. В последней четверти XX в. человечество столкнулось со многими проблемами глобального характера, угрожающими дальнейшему существованию нашей цивилизации. Об атомной угрозе, опасности химического и биологического оружия слышаны все. Чтобы снизить, а в конечном счете — устра-

И ВРЕДЕ ХИМИИ

нить эту опасность, нужны разумные политические решения, инициатива, добрая воля и, конечно же, адекватное понимание этой опасности.

Но и загрязнение природы, обусловленное достигнутым уровнем развития промышленности, и прежде всего химическим комплексом, представляет собой не менее грозную проблему. На Западе в ответ на эту угрозу возникло движение «зеленых». В нашей стране долгое время эта проблема почти не обсуждалась, будучи отданной на откуп ведомствам.

Что такое химический комплекс? Это группа отраслей народного хозяйства, деятельность которых основана на химическом превращении вещества. Сюда входят и собственно химическая промышленность, нефтехимия, металлургия, производство удобрений и части строительных материалов, целлюлозно-бумажная, часть деревообрабатывающей промышленности, производство химических средств защиты растений, биотехнология и пищевая промышленность. Если к этому добавить топливную энергетику и значительную часть ядерной энергетики, то мы увидим, какую огромную роль играет химия в современном обществе.

Становление и интенсивное развитие металлургии и химической промышленности началось в Европе в XVII—XVIII вв. Дефицит многих природных продуктов вызвал рождение химического синтеза, которому оказалось под силу заменить многие из них. Уже стекло и цемент, изобретенные в эпоху древних цивилизаций, представляют собой синтетические материалы. Появление на рубеже XX в. пластмасс, синтетических каучуков и волокон, композиционных материалов сыграло огромную роль в ускорении научно-технического прогресса, большинство достижений которого связано именно с этими материалами.

В нашем веке влияние химии стремительно возрастало, химическая технология стала проникать во все новые для себя области, облегчая, делая более удобной жизнь людей, повышая производительность труда, увеличивая количество пищи, энер-

гии. Появился лозунг химизации народного хозяйства, т. е. дальнейшего целенаправленного его насыщения химическими технологиями.

ЦЕНА, КОТОРУЮ НУЖНО ЗАПЛАТИТЬ

Оглядываясь на историю развития химии, нельзя не проникнуться гордостью за достижения ученых и инженеров. Профессиональные химики и были довольны, престиж химии рос, молодежь охотно заполняла лекционные залы и лаборатории. Правда, за последние годы этот поток поубавился, что во многом связано с неэффективностью преподавания этого предмета в школе, сухостью учебников, но это уже отдельный вопрос.

Для приобщающихся к химическим и сопряженным с химией наукам открывались новые захватывающие воображение перспективы: сверхпрочные материалы, биотехнология, синтетическая пища, эффективные лекарственные вещества, мембраны, катализаторы, замкнутые космические циклы жизнеобеспечения, протезы, заменяющие поврежденные внутренние органы...

Эти задачи по силам самым талантливым, но и для остальных открывалось широкое поле деятельности. Дальнейшее поступательное развитие промышленности, совершенствование технологий, продуктов, материалов, наращивание производства, поскольку всего не хватает, практически вся химическая продукция дефицитна.

Задумывались ли профессиональные химики о том, какой ценой дается человечеству все, ими достигнутое? Речь не об ассигнованиях на научные исследования и строительство заводов. И не о судьбе беспрельдно преданных науке ее адептов, готовых просиживать за работой день и ночь, жертвовать здоровьем. Нет, речь идет об остальном человечестве, ради которого и (хочется верить) в интересах которого развивается научно-технический прогресс. Ведь ничто и никогда не дается даром. Какова обратная сторона химического прогресса?

Заметим сразу, что химики с удовольствием говорят и пишут о своих достижениях, но обычно умолкают, когда речь заходит об отрицательных последствиях их собственной работы. Даже в своем узком кругу об этом говорить не любят. Хорошим тоном считается с юмором вспоминать о взрывах и загораниях, о том, как кто-то и чем-то «надышался».

Профессиональные заболевания? Аллергия? Необходимость к 40 годам часто отказываться от экспериментальной работы из-за хронических заболеваний? Да, это все так, но на это следует смотреть, как на неизбежную плату за увлекательную жизнь в науке.

Не все химики трудятся в науке? Не все успевают к этому возрасту стать руководителями? Но ведь есть молоко, сокращенный рабочий день, на многих производствах еще и бесплатное питание, ранние сроки выхода на пенсию. Это все льготы, призванные компенсировать избыточную профессиональную вредность.

С древнейших времен работа со многими химическими веществами осознавалась как вредная. Недаром частенько на этих работах использовали рабов, военнопленных, заключенных. Медицина заинтересовалась профессиональными заболеваниями и стала их систематически изучать примерно в начале нашего века. Появились понятия о профессиональном риске, вредных профессиях, уровне вредных концентраций.

Профилактические меры для работников, занятых в химическом комплексе, — это одно из завоеваний трудящихся. А как быть с теми, кто живет рядом с опасными производствами, потребляет или использует в своей деятельности химические продукты?

На страже их интересов призвана стоять санитарная инспекция. Каждый новый продукт, материал, изделие проходят специальные испытания. Одни материалы пригодны для контакта и хранения пищевых продуктов, другие нет. Одни рекомендуются для домашнего применения, пошива белья и одежды, другие запрещаются. Непрерывно возрастает число новых продуктов и материалов. Меняются наши представления о вредности и полезности уже известных.

Недавно пресса сообщила о трагических событиях на нескольких металлургических заводах, где в больших количествах используют аргон¹. Но ведь это безвред-

ный инертный газ! Так и записано во всех учебниках и инструкциях. Действительно, безвредный в небольших концентрациях. Но когда этот тяжелый газ используют в больших масштабах и он, бесцветный и не имеющий запаха, заполняет помещения, вытесняя из них воздух, один его вдох становится смертельным!

Синтетические волокна — одно из крупных завоеваний химии. Их широкое использование вместо шелка, шерсти вызвало восторги у авторов научно-популярных статей. Но впоследствии оказалось, что у многих людей ношение одежды из синтетических тканей приводит к неприятным ощущениям, аллергическим заболеваниям. В США аллергиями разного вида болыны более 25 % детей. Число аллергических заболеваний стремительно возрастает во всем мире и у нас тоже. В чем причина?

Медики обычно отвечают, что это обусловлено широким применением синтетических лекарств, синтетических моющих средств, загрязненностью воздуха, синтетическими добавками к пище. Аллергии — это теневая сторона химизации нашей жизни. Но если бы только аллергии.

Химические процессы преобразования вещества сопряжены с поглощением и выделением энергии, использованием воды, воздуха, твердых, жидких и газообразных ископаемых продуктов и с образованием огромного количества разнообразных отходов, побочных продуктов. Отходы эти загрязняют землю, воду и атмосферу. Очень редко они бывают безвредными, значительно чаще, к сожалению, вредными и опасными. Даже безвредные отходы и продукты нашей деятельности, накапливаясь в больших количествах, способны стать злыми оборотнями. Достаточно вспомнить нарушение баланса углекислого газа в атмосфере.

К промышленным отходам следует добавить многообразные отходы потребления. Разлив нефтепродуктов в море и прибрежных водах уже неоднократно приводил к катастрофическим последствиям. Пластмассовые отбросы загрязняют Мировой океан и сушу, поскольку биологически не разлагаемы.

Медики ввели понятие о предельно допустимых концентрациях вредных веществ в воздухе и воде вокруг промышленных предприятий. Это пресловутые ПДК, вокруг которых ломается столько копий. Постепенно ужесточаются нормы допустимых загрязнений, расширяются санитарные защитные зоны вокруг предприятий. Еще не так давно, на нашей памяти отходы просто сбрасывали в водоемы, отвозили подальше и выбра-

¹ Сазонов Г. Домой из цеха не вернулись // Правда. 1988. 18 февр. С. 6.

сывали на свалки, закапывали, сжигали. Теперь за это повсеместно штрафуют.

Некоторые виды отходов начали собирать для переработки. Число таких отходов постепенно растет. Появилась идея создания безотходных или малоотходных производств. Для экономии энергии предлагается разрабатывать энергосберегающие процессы.

Другими словами, химики не сидят без дела — прогресс в деле защиты природы от воздействия химии как будто налицо. Откуда же всеобщее возмущение?

Есть несколько ответов на этот вопрос. Проще всего сказать, что рост суммарных мероприятий по защите природы от вредных воздействий химического комплекса не успевает за развитием самого химического комплекса. Виновато ускоренное валовое развитие промышленности. Технология, вполне пригодная вчера, сегодня при массовом использовании является источником загрязнений. Устаевают защитные нормы; их часто просто не успевают пересматривать. Преодолены некоторые пороговые возможности природы аккумулировать, биогенно разлагать химические продукты.

Когда несколько лет назад появилось сообщение, что мошь «научилась» питаться нейлоном, большинство химиков встретило его разочарованием. Еще одна попытка создать «вечный» материал провалилась. В свете современных представлений об экологии это была еще одна победа Природы над неразумным человечеством.

Промышленные производства гигантских размеров теперь создаются быстрее, чем ученые успевают провести фундаментальные исследования и выработать научно обоснованную концепцию развития того или иного региона. Так было с Байкалом, Кара-Богаз-Голом, Прикаспийской низменностью.

Глобальные последствия нашей промышленной деятельности в большинстве случаев оказываются полной неожиданностью для инженеров. Их не обучали рассчитывать отдаленные результаты такой деятельности. Узкий техницизм, отсутствие гуманитарного взгляда на природу как на нечто уникальное, ведомственные амбиции и ложно понимаемая честь мундира усугубляют положение дел.

Если вокруг большинства «проектов века» кипят страсти, то что говорить о действующих, в большинстве случаев давно морально и физически устаревших производствах, которыми столь богат химический комплекс? Наличие современной и эффективной рабочей системы очистки выбросов и стоков на химическом предприятии —

это закономерность или случайность, правило или исключение из правил? У нас нет надежной статистики, но все мы понимаем, сколь трудно встретить директора предприятия, спокойного за положение дел с охраной окружающей среды на вверенном ему заводе.

ПРОБЛЕМЫ НАУЧНЫЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ

Впрочем, все эти страсти могут и не взволновать ученого академического типа. Послушайте, скажет он, в чем тут научная проблема? Концентрирование и развитие производства привели к отрицательным последствиям? Это логично и закономерно. Нужно увеличить ассигнования на научные исследования. Разработаны же теории моделирования, есть квалифицированные ученые. Проблема вредных выбросов, отходов, стоков химических производств теоретически решается. Всегда можно разработать химический, физический или биологический путь их ликвидации, модификации, нейтрализации, превращения в ценные продукты.

У работника отраслевого НИИ или заводской лаборатории такая постановка вопроса энтузиазма не вызовет. Они, работники прикладной науки, твердо знают, что любая операция с отходами и выбросами сопряжена с необходимостью иметь дополнительное оборудование, тратить дополнительную энергию и материалы. В любом случае все это тяжелым грузом ложится на себестоимость основного продукта, которую необходимо понижать, а не повышать.

Для тех, кто проектирует, финансирует и размещает производства химического комплекса, проблема стоит еще острее. Критерий экономичности требует максимального снижения капитальных и текущих затрат на создание любого производства. Иначе снижается эффективность, удлиняются сроки окупаемости вложенных средств, труднее «выбить» эти средства и т. д.

Да, в принципе пути ликвидации почти всех вредных отходов производства существуют или могут быть разработаны, но где взять средства на их разработку и создание. Уже сейчас на некоторых новых производствах доля средств, затрачиваемых на очистку стоков и выбросов, приблизилась к 30 %. Если же прикинуть все нами не сделанное, все невыплаченные долги, то наберется огромная сумма во многие десятки миллиардов рублей.

Даже сама постановка подобного воп-

роса для многих причастных к делу ведомственных специалистов выглядит нелепой. Ну нельзя же серьезно говорить о значительном повышении себестоимости продукции химического комплекса только из-за ужесточения требований по охране природы. Нельзя же планировать затрату огромных государственных средств на мероприятия, которые не дадут прироста выпуска продукции.

И вот уже мы слышим по радио и телевидению, читаем в газетах и журналах мнения компетентных специалистов: хотите пользоваться современным комфортом? Хотите, чтобы было электричество и тепло в доме? Хотите читать газеты и журналы, досыта есть, ходить модно одетыми? Смиритесь. Смиритесь с загрязнением рек, озер, земли и атмосферы. Смиритесь с гибелью зверей, птиц и рыб. Смиритесь с болезнями XX века. Это неизбежно. Это объективное следствие научно-технического прогресса.

СЛОМАТЬ СТЕРЕОТИП

Насмешники уже сочинили крылатую фразу: химия или жизнь! Но подождем соглашаться, ведь на карту поставлено наше будущее и будущее наших детей и внуков. Оставим в стороне эмоции. Допустим, что мы хотим и сохранить природу, и накормить людей, и обеспечить их одеждой, энергией и комфортом хотя бы на уровне мировых стандартов нашего времени. Так ли неразрешима эта задача, как нас хотят в этом убедить представители ведомств.

Для этого прежде всего нужно пересмотреть некоторые укоренившиеся стереотипы. Вернемся к критерию экономичности. Это из-за него системы очистки, «отягчающие» проекты, урезаются до минимума, строятся в последнюю очередь, а то и вообще остаются на бумаге. Из-за него на действующих производствах частенько нарушают технологические регламенты, стараются сэкономить на очистке энергию и материалы.

С этим злом пытаются бороться, нарушителей штрафуют, воспитывают. Помогает, но не очень. Впрочем, известны и более эффективные меры, принимаемые за рубежом. Датчики и приборы, непрерывно контролирующие ситуацию вокруг производства, находятся в ведении местных органов власти. В условиях гласности можно рассчитывать, что эти местные власти перестанут «входить в положение» руководителей производств.

Труднее переломить психологию работников плановых органов. Нужна гласная вневедомственная экспертиза проектов. Нужно всемерно повысить престиж и ответственность экспертизы. К ней следует привлекать специалистов широкого профиля. Идеально было бы объединить такую экспертизу с конкурсами проектов или хотя бы их технико-экономических обоснований.

Казалось бы, легче всего перестроить науку. Но и тут действует довольно жесткая система приоритетов: престижно заниматься новым процессом, новым продуктом, новым материалом; очистка сточных вод, утилизация отходов — гораздо менее престижно. Часто хочется, чтобы этим занимался кто-то другой. Но в каком технологическом НИИ эти проблемы занимают доминирующее положение? Да и многие ли получили Ленинские или Государственные премии, ордена и почетные звания за создание очистных сооружений?

А ведь пора давать за это самые высокие отличия. Пора выдвинуть эту проблему на самое приоритетное место. Шутка ли: ведь нужно перестроить **большинство имеющихся промышленных технологий**. Пора перестроить в этом плане фундаментальную науку. Пора начать систематическую пропаганду среди ученых и инженеров. Пора по-иному учить школьников и студентов. Ведь создание новых технологий, усовершенствование старых — это только полдела. Нужно научиться экономить воду, собирать отходы, мусор, спасать от загрязнения каждый клочок земли. Нужно привить новую экологическую культуру.

Нужно, наконец, повнимательнее изучить, что в этом плане делается у наших соседей.

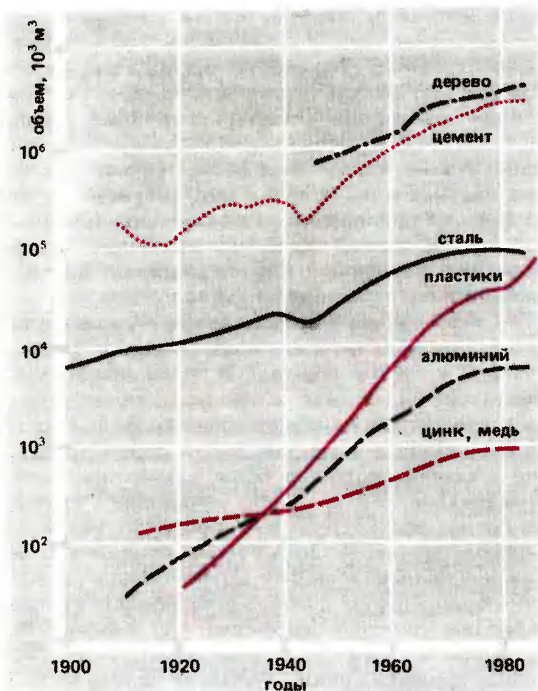
ОБРЕМЕНИТЕЛЬНОЕ ЛИДЕРСТВО

Обратимся к примеру тех наших соседей, которые в силу более высокой развитости химического комплекса раньше нас столкнулись с действием порождаемых им отрицательных факторов. Обратимся к примеру США. За последнее десятилетие в их экономике произошли существенные перемены, затронувшие и химический комплекс. Прежде всего резко сократилось производство чугуна и стали, остановились многие металлургические заводы.

На протяжении многих десятилетий мы считали, что именно объем производства этих материалов определяет экономическую мощь страны. Во имя чего американцы добровольно уступили нам первенство?

Есть две веские причины. Первая — производство и переработка металлов чрезвычайно энергоемки. Вторая — металлы быстро ржавеют, несмотря на все меры по защите от коррозии. Получается, что значительная часть производимого металла уходит на замену ржавчины, и чем больше мы производим металла, тем пропорционально больше потери. Не в этом ли одна из основных причин парадокса, в котором очутилась наша промышленность? Мы производим металла больше всех в мире, больше, чем США, Япония и ФРГ вместе взятые, а нам его не хватает.

Конечно, отрицательную роль играет большая металлоемкость оборудования, нерациональное использование, низкое качество металла.



Рост производства конструктивных материалов в XX в. (Из: Duckworth W. E. // Materials in Engineering Applications. 1979. Vol. 1. № 9.)

Как выходят из этого положения США и другие развитые страны? Они уже давно сделали упор на развитие производства пластмасс и конструктивных материалов. Эти материалы требуют на свое создание и переработку значительно меньше энергии,

Энергозатраты на производство конструктивных материалов (Гкал/м³):

Дерево	2,6
Цемент	17
Сталь	375
Пластмассы	86
Алюминий	844
Медь	1100
Цинк	449

они медленнее подвергаются старению. Стальная труба может выйти из строя через 3—5 лет, а в особо трудных условиях за 1,5—2 года. Пластмассовые трубы служат по 30—50 лет и больше. Полиэтилен и стеклопластик выдерживают самые агрессивные среды. Кроме того, полимеры значительно легче металлов. На этом основан бум по использованию их в авиации, автомобилестроении, производстве других транспортных средств. Снижение массы — это опять-таки снижение потребления энергии. Наконец, переработка пластмасс намного дешевле переработки металлов.

Основные области применения конструктивных пластиков (%)

Отрасли	Поликарбонат	Полиформальдегид
Автомобилестроение	15	10
Приборостроение	25	28
Машиностроение	18	20
Бытовая техника	2	15
Медицинская техника	30	—
Строительство	—	17
Другие отрасли	10	10

Мы производим металла в 2 раза больше, чем США, а пластмасс в 4,5 раза меньше.

По производству минеральных удобрений мы опередили все развитые капиталистические страны, но не получили адекватной отдачи от сельского хозяйства. Сейчас предлагается ускоренно развивать производство средств защиты растений. Все эти вещества отнюдь не безопасны. При неправильном применении они приносят больше вреда, чем пользы. Химики могут выполнить социальный заказ: разработать технологии и организовать производство. Недаром у нас есть для этого целое Министерство минеральных удобрений. Но кто гарантирует эффективность применения этих веществ? Доказательства спорны и часто

неубедительны. Поспешность решений creativa крупным просчетом, как не раз уже бывало. Действительно ли нам нужно первенство по производству минеральных удобрений и пестицидов, или его лучше уступить другим?

Критика технической политики Министерства водного хозяйства приобрела огромный размах. Дефицит воды в наших южных районах и одновременно засоление почв — это все следствие применения морально устаревшей технологии. Каналы и арыки были хороши в старину. Керамические дренажные трубы — это тоже отжившая свой век технология. Давно пора перейти на пластмассовые трубы, от полива — на подпочвенное орошение, ведь полезный расход воды при поливе составляет всего несколько процентов.

Несколько лет назад в США приняли ряд законов, касающихся функционирования химического комплекса. Например, потребление энергии должно было уменьшиться на 25 %, а вредные выбросы в атмосферу — на 30 %. Наверное, эти законы не вызвали восторга у руководителей химических фирм. Но их пришлось выполнять под угрозой разорительных штрафов и при жестком контроле без какой-либо корректировки. При этом объем производства химической промышленности за последние 5 лет вырос на 10 %.

Эти достижения США. А в Западной Европе Европарламент принял закон, согласно которому с 1991 г. запрещается использовать любую полимерную пленку и пластмассовую упаковку, если они не будут биоразлагаемы. Можно представить себе, какое уныние царит в лагере производителей пластиков широкого потребления — полиэтилена, полистирола, поливинилхлорида и др.

В ряде европейских стран введены премии за сортировку мусора в момент его выбрасывания: пластмассовые отходы в один контейнер, металлические в другой, стеклянные в третий. Индустрия переработки отходов, мусора быстро развивается. Сегодня нам еще кажется, что разработанные для космических кораблей циклы жизнеобеспечения — это нечто, близкое к фантастике. Мы не успеем оглянуться, как из космоса они спустятся на Землю.

СУДЬБА СТАРЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЦЕНТРОВ И НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Эти факты, а также множество других, приводимых в прессе, заставляют за-

думаться самого упрямого проводника традиционной технической политики. Но он быстро приходит в себя. Конечно, говорит он, когда речь идет о создании и размещении новых производств, необходимо учитывать достижения научно-технического прогресса. И нам есть чем похвастаться. Вот новый процесс синтеза поликарбоната — ценного конструкционного пластика, жизненно необходимого для развития нашей промышленности, сделан на самом современном уровне². Недаром выстроилась целая очередь зарубежных фирм, желающих его приобрести. А между тем в производстве этого пластика используется фосген — боевое отравляющее вещество времен первой мировой войны.

Заметим от себя, что материал этот действительно очень нужен, и сейчас большая его часть закупается за рубежом. Но новое производство оказалось трудно разместить. Общественность города Уфы, на который пал выбор проектировщиков, не устроили заверения специалистов и их гарантии по поводу совершенства мер защиты. Достаточно было вспомнить уроки Бхопала, Чернобыля. К тому же, ситуация в городе, и так переполненном химическими производствами, одна из наиболее удручающих. Решение о строительстве было отменено.

Но зачем, спрашивается, нужно было потенциально опасное производство располагать в черте города? В этом вопросе о поликарбонате, как в фокусе, скрестились многие сегодняшние проблемы. Ведь город был выбран в качестве места строительства по канонам, которые были узаконены десятилетиями. Здесь есть площадка, сырье, энергия, вода, трудовые ресурсы, развитая инфраструктура. Затраты на строительство минимальные, в любой другой точке страны они будут намного больше. Вредность производства, опасные выбросы? Но, помилуйте, в проекте предусмотрены прекрасные системы защиты плюс большие средства на обустройство прилегающей территории. Город только выиграл бы (это мнение проектировщиков). И ведь местные руководители всего год назад легко и просто подписали все документы.

Да, действительно, год назад все было легко и просто. Ведь никто посторонний ничего об этом не знал и поэтому не мешал. А теперь просчеты с проектированием обойдутся дорого.

² Вольфсон С. А. Основы создания технологического процесса получения полимеров. М., 1987. С. 80.

Ситуация в Уфе типична: у нас около 100 старых промышленных центров находятся в подобном состоянии. Им нужно срочное лечение, а иногда и хирургическое вмешательство. Так было уже в Ереване, где пришлось закрыть важное для страны, но сильно загрязнявшее воздух производство синтетического каучука.

Понятно, почему проектировщики стремятся разместить новые производства или интенсифицированные старые в обжитых местах. Это дешевле. Но интересы людей при этом выпадают из поля зрения. Когда-то заводы строились на окраинах. Но города выросли, и заводы оказались окружены жилыми кварталами. Вывод химического производства даже из Москвы — сложнейшая проблема. Вспомним, сколько лет ушло на перепрофилирование Дорогомилковского химзавода. А ведь еще несколько заводов продолжают дымить в Москве.

Сложна проблема перепрофилирования Щекинского химкомбината, расположенного рядом с Ясной Поляной. До сих пор не удается решить эту проблему на Кусковском химзаводе, несмотря на принятие ряда мер по этому вопросу.

И все же ведомствам или тем, кто их заменит, придется выводить химию из городов. Этот момент уже наступил, и ведь не обязательно доводить дело до открытых конфликтов. Нужно срочно разрабатывать государственную программу, перепрофилировать производства.

НОВАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА

Идеи организации современных химических технологий уже сформулированы. Они должны быть безотходными или в крайнем случае малоотходными, энергосберегающими, высокоэффективными, комплексными. Создание таких технологий — задача исключительной сложности. Мы не привыкли, например, беречь энергию — она стоит копейки и мало влияет на себестоимость химической продукции. Мы не привыкли беречь воду по той же причине. Мы традиционно отдаем предпочтение более простым и надежным решениям, хотя их время, возможно, уже прошло.

Вот еще два примера из истории технологии полимеров. Одна о полиформальдегиде — конструкционном пластике, входящем вместе с поликарбонатом в группу инженерных пластиков. Как и поликарбонат, он впервые был создан в начале 60-х годов. У нас в стране параллельно велись разработки двух вариантов техно-

логии. Одна — сложная, энергоемкая, по существу, воспроизводила зарубежную. Другая была оригинальной, экономичной, но менее надежной.

При выборе варианта для промышленной реализации на одну чашу весов была положена большая надежность процесса, а на другую — все остальные преимущества. Нетрудно догадаться, какой из этих технологий отдали приоритет руководители промышленности.

Сырьем для получения полиформальдегида является природный газ, а не нефть, как для большинства других полимеров. Это, а также отличные свойства материала привлекают к нему внимание во всем мире. Однако из-за сложности технологии этот пластик до последнего времени не получил такого распространения, как полиэтилен, полипропилен, полистирол.

Недавно японская фирма «Асахи» разработала дешевый, экономичный процесс синтеза полиформальдегида и за короткое время развила мощности 100 тыс. т в год. И это в Японии, где рынок перенасыщен полимерами! В основу процесса положены идеи, которые мы развили 20 лет назад³. Но наш процесс прямого синтеза из мономера так и остался на уровне опытно-промышленной установки.

Еще удивительнее судьба отечественного полипропилена. Мы располагаем огромной сырьевой базой для развития производства этого очень ценного пластика. И ведь наша страна была пионером в разработке оригинального и экономичного процесса синтеза без использования растворителя. Первая промышленная установка была создана в начале 60-х годов специалистами Института химической физики АН СССР и технологами Московского нефтеперерабатывающего завода⁴. Но и в этом случае некоторые недоработки, качество продукта позволили критикам отечественной технологии настоять на закупке морально устаревшей технологии за рубежом.

Прошло около 20 лет, и ведущие фирмы-производители полипропилена пришли к технологии, близкой к той, которая разрабатывалась в нашей стране. Мы же должны, по существу, возобновлять разработки заново, а пока огромные количества ценнейшего сырья сжигать в факелах нефтеперерабатывающих заводов.

В принципе, все согласны в том, что отечественным разработкам нужно открыть «зеленую улицу». Но это на словах. А на

³ Там же. С. 77—78; 164—165.

⁴ Там же. С. 77.

деле хозяйственный механизм построен так, что ведомствам, да и руководителям производства, несравненно выгоднее «пробить» закупку импортной технологии, да еще «под ключ», чтобы на всем готовом. При этом риск сводится к минимуму, ответственность тоже.

Массовые закупки комплектной технологии привели к печальным последствиям. Наши собственные разработки пошли «на полку», катастрофически стала отставать индустрия химического машиностроения.

В основе многих просчетов экономической политики лежит и неправильное понимание некоторыми руководителями промышленности так называемого японского феномена — быстрого развития японского химического комплекса на основе закупленных лицензий.

Для постановки «на поток» разработок современных технологий необходимы кооперация усилий с зарубежными партнерами, приобщение к международному опыту. Но путем **равноправного** участия, а не закупок «под ключ». Напомним, что в результате разумной экономической политики Японии из импортера технологий очень быстро превращается в крупнейшего экспортера. А если сравнить купленные нами и проданные за рубеж технологии, то становится грустно. Баланс не в нашу пользу.

О МЕТОДЕ КНУТА И ПРЯНИКА

Перестройка химического комплекса на экологически чистые процессы параллельно с его ускоренным развитием (нельзя забывать, что при избытке металла и удобрений нам остро не хватает большинства его продуктов) — задача огромной сложности. Она потребует не только солидных капиталовложений, но и мобилизации научной, инженерной и рабочей мысли, большого напряжения сил, повышения эффективности науки, переподготовки кадров, повышения квалификации.

У нас сложилось крайне неравномерное распределение научных сил по различным отраслям химического комплекса, нарушены пропорции в самой науке. Повсеместно не хватает современных приборов, средств оргтехники, реактивов, опытных баз, лабораторного и опытного технологического оборудования. В течение многих лет мы всеми правдами и неправдами добывали приборы и оборудование за валюту вместо того, чтобы вложить эту валюту в создание собственных производств этих приборов и оборудования.

Нагромождение проблем способно привести в уныние любого, но будем уповать на целительную силу перестройки народного хозяйства. Пробуждение чувства социальной ответственности вместе с экономической заинтересованностью производителей в результатах их работы, а не только в выполнении плана, должны дать эффект.

Очень важно сломать ведомственную разобщенность и научиться концентрировать научные и инженерные силы на основных направлениях работ. Необходимо сломать диктат головных отраслевых организаций, приведший к монополизации науки.

Ученым не хватает информации о реальном положении дел в промышленности. Большая ее часть «засекречена» ведомствами и доступна крайне ограниченному числу лиц. С другой стороны, руководители предприятий часто просто не знают, к кому обратиться за помощью. Выход из положения уже подсказан жизнью — посреднические кооперативные центры информации. Но ведь создан и ВНИЦентр, который мог бы взять на себя функции главного координатора.

Каждая отрасль имеет собственный научно-технический журнал. Однако как мало там рекламы, предложений, заказов. Иностраные научно-технические журналы дают эту информацию в избытке. Настало время, когда наши журналы обязаны заполнить информационный вакуум. Руководители предприятий и даже НИИ должны иметь возможность публично заказать нужные им разработки, невзирая на ведомственную принадлежность. Ученые, инженеры, изобретатели должны иметь возможность рекламировать (именно рекламировать!) свои результаты.

Сейчас каналы подобной информации причудливы: газетные статьи, научно-популярные журналы, телепередачи, фельетоны, выставки и т. п. Все это обрывочно, часто некомпетентно. Реальные проблемы химического комплекса должны быть доведены до каждого члена многотысячного отряда ученых. Не будет информации — не будет идей.

Взаимоотношения науки и производства все еще плохо отрегулированы. Особенно много нареканий вызывает авторское право на изобретения в его современном виде. Надуманные ограничения, невообразимая сложность «выбывания» вознаграждений, практически полное бесправие изобретателей — все это не способствует прогрессу.

Возможности широкого и свободного объединения творческих личностей и кол-

лективов продолжают сдерживаться мас-сой бюрократических препон. О гибких, динамичных связях науки с производством пока остается мечтать. Характерно, что число временных коллективов, созданных за последние годы, соизмеримо с числом постановлений, регламентирующих их деятельность.

О частой неэффективности принимаемых «сверху» решений свидетельствует наш собственный опыт работы по созданию технологии переработки полимерных отходов. Количество этих отходов огромно: около 1,5 млн т изношенных шин ежегодно, 250 тыс. т отходов заводов резинотехнических изделий, сотни тысяч тонн отходов изделий из поливинилхлорида, полиэфиров, полиуретанов и других пластмасс, синтетических волокон, текстиля, кожи, несколько миллионов тонн целлюлозосодержащих материалов (отходы деревообработки, растениеводства, целлюлозной промышленности). Общий объем этих материалов сопоставим с ежегодным объемом выпуска пластмасс. Только ничтожная часть этих синтетических и природных полимеров, аккумулирующих большое количество затраченной на их изготовление энергии, поступает на переработку. Остальное сжигают, закапывают, бросают.

Никакими постановлениями (а их было немало) решить эту проблему не удавалось, пока предприятия не были в этом заинтересованы. Но даже при заинтересованности в создании безотходного производства нужна еще эффективная технология. Нам впервые удалось предложить такую технологию, основанную на тонком измельчении в порошки разнообразных полимерных материалов при минимальной затрате энергии (так называемая упруго-деформационная технология)⁵. Результаты лабораторных экспериментов, проведенных в Институте химической физики АН СССР, опытных работ, выполненных на нескольких заводах, произвели большое впечатление на многих отечественных и зарубежных специалистов.

Порошки — это еще не конечный продукт, но методами порошковой технологии из них можно получать разнообразные материалы и изделия. Например, часть резиновых порошков можно использовать как добавки в резиновые смеси, из этих порошков можно получать композиционные материалы, покрытия, улучшенные по свойствам асфальтовые и бетонные смеси, жидкое связующее для брикетирования углей, пористые шланги для подпочвенного орошения, с помощью которого можно экономить более 90 % воды, используемой для полива, и т. д.

Конечно, каждый раз нужно разрабатывать специальную технологию переработки порошка в конкретное изделие. При интенсивной работе можно за несколько лет вернуть в промышленный обиход огромное количество ценных полимерных материалов, которые сейчас безвозвратно теряются, да еще и загрязняют окружающую нас природу.

Технология предложена нами около 8 лет назад. Пока она внедрена лишь на нескольких предприятиях. Почему? Ведь выгода экономически доказана. Ответ таков: нет специализированного оборудования, нет комплектных линий для переработки порошков. Ни одно предприятие Министерства химического машиностроения не хочет заниматься его разработкой. Госнаб СССР и несколько министерств обсуждали проблему, но, по-видимому, испугались масштаба задач и их сложности. Некоторые, например бывшее Министерство заготовок, выступили категорически против, так как новая технология (безотходная!) подрывала сложившиеся в отрасли стандарты.

Сейчас новой технологией заинтересовались наши болгарские коллеги. Поступают запросы и предложения от зарубежных фирм. Не получится ли, как это бывало уже не раз, что отечественная технология вернется к нам из-за рубежа, щедро оплаченная валютой?

Перед химической наукой и промышленностью нашей страны стоят огромные по сложности задачи. Отнесемся к ним со всей серьезностью, которую они заслуживают.

Врачи, получая диплом, приносят клятву Гиппократу. Не пора ли и химикам принести клятву верности Природе.

⁵ Enikolopian N. S., Akopian E. L., Nikolsky V. G. // *Makromol. Chem. Suppl.* 1984. Vol. 6. P. 316—330; Enikolopian N. S. // *Ibid.* Vol. 8. P. 109—117.

СМЕРЧ

В.В.Кушин



Виктор Владимирович Кушин, доктор технических наук, начальник лаборатории Института теоретической и экспериментальной физики. Автор 50 изобретений и около 100 научных работ главным образом в области разработки ускорителей ионов и их применения в народном хозяйстве. Многие годы занимается также проблемами тепловых, электрических и гравитационно-тепловых процессов в атмосфере и других средах.

В ТЕЧЕНИЕ последних лет на многие районы Европейской части СССР обрушивались свирепые атмосферные вихри — смерчи, самым страшным из которых был Ивановский смерч 1984 г. Он переворачивал подъемные краны, автомашины, вагоны и даже погнул рельсы на железнодорожном полотне.

Необычайная сила — характерная черта всех смерчей. Вот описание разрушения моста, совершенного одним из смерчей в прошлом веке (смерч «Ирвинг», 1879 г.): «Мост был новый, стальной, длиной 75 м, он стоял поперек движения смерча. Воронка коснулась его, подняла, закрутила с исключительной силой. Вся структура моста превратилась в плотный сверток из стальных балок и тросов... Сверток оказался столь компактным, что полностью исчез в реке, хотя ее глубина была всего 2 м»¹. Такие катастрофические смерчи по масштабам разрушений и их площади (400 км² и более) сравнимы со взрывом ядерной бомбы. Правда, они бывают не чаще 1 раза в 10—15 лет. Что касается обычных смерчей, то в США их регистрируют более 1500 в год. В районе, получившем название «Аллея торнадо» (торнадо — американское название смерча), регулярное появление смерчей весной и осенью превратилось в настоящее бедствие. Все это заставляет более пристально исследовать природу смерчей — с применением авиации, локации, космонавтики, мобильных бригад для погони за смерчами с тем, чтобы добыть достоверную информацию из недр самого смерча. Ведь среди исследователей нет согласия даже по наиболее важным параметрам, таким, например, как скорость потоков в смерче: дистанционные измерения дают значения не более 400—500 км/ч, а многочисленные косвенные свидетельства со всей определенностью указывают на возможность существования в смерче потоков, движущихся с околосветовыми скоростями. Не спешит раскрывать смерч и другие свои тайны. Так, до сих пор нет ответов на вопросы:

Почему смерч, который во всех справочниках определяется как атмосферный вихрь, падает на землю с высоты? Разве он тяжелее воздуха?

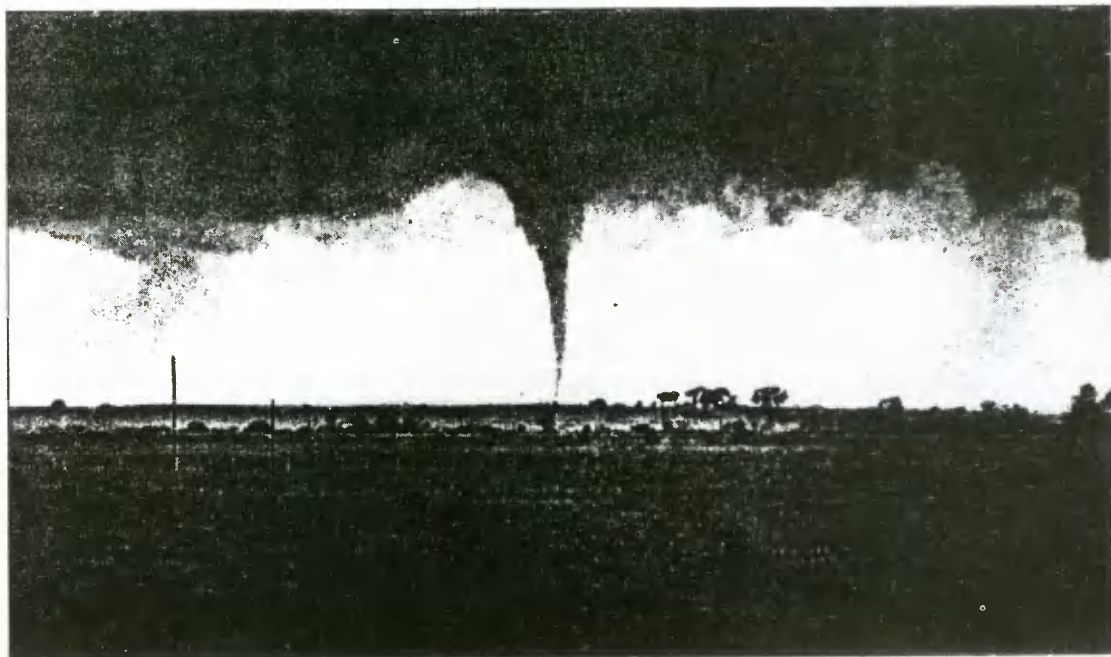
Что представляет собой воронка смерча?

Что придает ее стенкам столь сильное вращение и огромную разрушительную силу?

Почему смерч устойчив?

Исследовать смерч не просто трудно, но и опасно — при непосредственном контакте он уничтожает не только измерительную аппаратуру, но и наблюдателя. Тем не менее «портрет» смерча, пусть написанный крупными мазками, существует.

¹ Наливкин Д. В. Смерчи. М., 1984. С. 52.



Вид смерча со значительного расстояния. Вверху: Канзасский смерч 1974 г. (снимок сделан с расстояния 18 км в начальный период развития смерча, когда он был еще слабым, а воронка — узкой и длинной). Представленная на снимке картина типична для подавляющего большинства из 1500 смерчей, которые ежегодно регистрируются в США. Они проходят до 15—20 км со скоростью до 50—60 км/ч. Внизу: катастрофический Ивановский смерч 9 июня 1984 г. Это сильно развитый смерч с диаметром у земли до 1,5—2 км. Начавшись в 40—50 км южнее Ивана, смерч сохранял свою бешеную силу почти до Костромы, производя по пути сильные разрушения.

ПОРТРЕТ СМЕРЧА

Начнем с определения, например тако-го: «Смерч — это часть грозового облака, которая имеет быстрое вращение вокруг вертикальной оси. Сначала вращение видно только в самом облаке, затем часть его отвисает вниз в виде воронки, которая постепенно удлиняется и, наконец, соединяется с землей в виде громадного столба — хобота. Внутри него сильное разрежение»². Заглянуть внутрь смерча довелось немногим. Вот одно из таких описаний: «Смерч, подхо-дя к наблюдателю, прыгнул, поднялся на высоту 6 м и прошел над его головой. Диаметр внутренней полости был около 130 м, толщины стенки — всего 3 м. Стенка быстро вращалась, вращение было видно до самого верха и уходило в облако. Когда смерч прошел над головой наблюдателя и снова опустился к земле, то коснулся дома и в одно мгновение смахнул его»³.

Из обширного моря подобной инфор-мации о смерчах можно извлечь лишь весьма скудные достоверные количествен-ные данные (см. табл.).

Приведенное в таблице значение мощ-ности 30 ГВт (примерная мощность всех электростанций Волжского каскада) полу-чено для одного из мощных смерчей, ко-торый, пересекая Рейн, за считанные секун-ды сделал в реке траншею глубиной до 7 м, шириной 80 м и длиной 600 м с водяны-ми стенками и дном, унеся при этом в обла-ка не менее 300 тыс. т воды.

Характерно, что граница смерча обыч-но очерчена очень резко. Например, в При-

балтике 21 сентября 1967 г. «смерч вырвал в саду ряд яблонь, но оставил висеть не-тронутыми яблоки на деревьях соседних рядов»⁴. Известны и более впечатляющие случаи, например когда в налетевшем смер-че исчезли и коровник и корова, но женщи-на, доившая ее в коровнике, осталась сидеть на месте и возле нее, как и прежде, стоял дойщик с молоком.

Разнообразием своего поведения смерч похож на всесильного джинна, ко-торый считает необходимым не только продемонстрировать свою небывалую силу, но и подчеркнуть особую ловкость и хит-рость, втыкая соломинки в деревянные щеп-ки или оцепивая кур только с одного бока.

Все эти фантастические проявления смерча позволили Р. Бредбери написать об этом атмосферном явлении следующие строки: «Смерч — это разумное существо, интеллект которого складывается из интел-лекта его жертв. Чтобы скрыть свои тайны, он охотится за теми, кто близок к их раскры-тию, и убивает их, избавляясь от врага и попутно становясь еще умней»⁵. Что же, оставим за фантастами право строить самые невероятные гипотезы, хотя и исследователи выдвигают порой не более правдоподоб-ные предположения, например что смерч — это продукт антигравитации или геологи-ческих разломов, что он представляет собой сгусток плазмы и т. п. Существует множество моделей смерча, но даже вместе взятые они не в состоянии объяснить всех загадок этого удивительного явления природы.

Теория гравитационно-тепловых про-цессов, разработанная автором этих строк

⁴ Микалаюнас М. М. Смерч небывалой силы // Человек и стихия-84. М., 1984. С. 53.

⁵ Цит. по: Алексеева Л. Небесные сполохи и зем-ные заботы. М., 1985. С. 125.

Ориентировочные параметры смерчей

Параметры	Минимальное значение	Максимальное значение
Высота видимой части смерча	10—100 м	1,5—2 км
Диаметр у земли	1—10 м	1,5—2 км
Диаметр у облака	1 км	1,5—2 км
Линейная скорость стенок	20—30 м/с	100—300 м/с
Толщина стенок	3 м	—
Пиковая мощность за 100 с	30 ГВт	—
Длительность существования	1—10 мин	5 ч
Длина пути	10—100 м	500 км
Площадь разрушения	10—100 м ²	400 км ²
Вес поднятых предметов	—	300 т
Скорость перемещения	0	150 км/ч
Давление внутри смерча	0,4—0,5 атм	—



Характерная картина уничтожения соснового леса сильным смерчем. Сокрушительным боковым ударом своей плотной дождевой стенки смерч ломает сосны, как спички, а обломки уносит с собой. Березы, клены, дубы чаще всего вырываются с корнями. Давление, которое оказывает стенка при ее полной остановке на преграду, есть $p_p = \rho_c v_c^2$ (ρ_c — плотность стенки, v_c — ее скорость). Для сильного смерча [$v_c = 140$ м/с, $\rho_c = 50$ кг/м³], $p_p = 10^6$ Па (или 10 атм). Такой удар не может выдержать даже очень прочная постройка.

в 1984—1986 гг., позволяет вполне однозначно ответить не только на главный вопрос «что же такое смерч?», но и объяснить характерные особенности этого грозного явления⁶.

ФИЗИЧЕСКАЯ ПРИРОДА СМЕРЧА

Для разработки теории смерча из большого числа противоречивых фактов было выбрано следующее достоверное утверждение, с которым согласны все исследователи: воронка смерча всегда приходит на землю сверху, а, «ослабев», вновь поднимается ввысь.

По закону Архимеда, падать в атмосферу могут только те предметы, вес которых больше веса вытесненного ими воздуха. Внутри воронки смерча воздух разрежен, следовательно, такая воронка может опу-

титься только в том случае, если ее стенки значительно тяжелее воздуха. Вспомним наблюдателя, которому волею судеб удалось заглянуть внутрь смерча. По его оценкам, толщина стенок была 3 м, а диаметр полости — 130 м. Если на основании характера разрушений предположить, что разрежение в полости было 0,5 атм, то, как показывают расчеты, у такого смерча плотность стенок должна быть более 7—8 кг/м³ — в 5—6 раз больше, чем у воздуха. При различных соотношениях между диаметром воронки, толщиной ее стенок и степенью разрежения в ней плотность стенок воронки может быть различной, но обязательно выше плотности окружающего воздуха в несколько, а возможно и в десятки раз.

Что же может быть плотнее воздуха в верхних слоях тропосферы, где зарождается смерч и откуда он «сваливается» на землю? Только вода и лед. Поэтому единственно правдоподобной, на наш взгляд, представляется следующая гипотеза: воронка смерча есть особая форма существова-

⁶ Кушин В. В. Гравитационно-тепловые процессы в смерчах. Препринт ИТЭФ № 35. М., 1987.

ния мощного вращающегося потока дождя и града, свернутого в спираль в виде тонкой стенки конической или цилиндрической формы. Содержание воды в стенках воронки по массе должно во много раз превосходить содержание там воздуха. Иными словами, существующие в литературе утверждения о том, что воронка смерча представляет собой воздушный вихрь или плазму, противоречит законам аэростатики: вихрь с чисто воздушными стенками и разрежением внутри его полости может только подниматься вверх, как это действительно бывает всегда с вихрями, которые зарождаются у поверхности земли.

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СМЕРЧА

Если воронка смерча обладает массивными стенками, их вращение должно приводить к расширению воронки и понижению давления воздуха внутри нее из-за действия центробежных сил. Расширение происходит до тех пор, пока перепад давления Δp снаружи и внутри не уравнивается действия центробежных сил. Если выделить из стенки площадку S , то снаружи на нее будет действовать сила $\Delta p S$. Равновесие с центробежными силами наступит при условии

$\Delta p S = \frac{\sigma v^2}{R} S$, где σ — масса, приходящаяся на единицу площади стенки, v — скорость стенки, R — радиус воронки.

Исходя из этого кинематического условия, можно воссоздать теоретический «портрет» воронки смерча средней силы: диаметр 200 м, высота — 1,5—2 км, давление внутри воронки — 0,4—0,5 атм, скорость вращения 100 м/с, толщина стенки 10—20 м, содержание дождя в стенке — 200—300 тыс. т. Воронка присасывается к земной поверхности, сдвигая с нее верхний покров и окрашиваясь таким образом в цвет своей «добычи». Она способна поднимать предметы с массой до 5 т/м² и поэтому легко переносит вагоны, автомобили (в литературе описан случай, когда смерч сбросил крышку весом 300 т с водонапорного бака). При этом, если поверхность земли в месте контакта гладкая, скорость вращения воронки меняется незначительно, равновесие стенки с внешней средой не нарушается и даже в непосредственной близости от воронки не ощущается дуновения ветра (вспомним, как остались нетронутыми яблоки на ветвях почти рядом со смерчем). Иногда равновесие нарушается — когда сверху по-

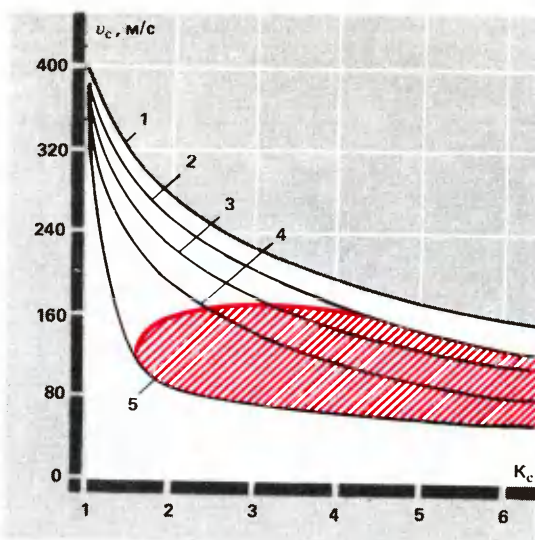


Диаграмма кинематического равновесия воронки смерча. Чтобы смерч упал на Землю сверху вниз, его вес P , который складывается из веса его стенки и разреженного воздуха во внутренней полости воронки, должен быть обязательно больше веса вытесненного воронкой воздуха. Для воронки цилиндрической формы это условие приводит к следующему строгому

неравенству: $v_c > \frac{R \rho_0}{2L} (1 - \xi)$. Здесь R — радиус воронки,

ρ_0 — плотность окружающего воздуха, L — толщина стенки, $\xi = p_i/p_e$ — отношение давлений внутри и вне воронки. Если ввести величину K_c , которая показывает, во сколько раз воронка тяжелее вытесненного ею воздуха, то условие существования воронки выразится соотношением:

$$\frac{1 - \xi}{K_c - \xi} = \frac{v_c v_c}{2 p_e}$$

v_c — линейная скорость вращения воронки. Это выражение и есть условие кинематического равновесия воронки, по сути дела, условие ее существования. Белым на диаграмме выделена вся теоретическая область существования воронки, а штриховкой — область значений параметров воронок смерчей, которые наблюдались в природе. Кривым 1—5 соответствуют следующие значения относительного давления внутри воронки: $\xi = 0; 0,25; 0,5; 0,75; 0,9$.

ступает избыточный поток вращающегося дождя, усиливающий действие центробежных сил. В этих случаях возникает так называемый каскад: присасываясь к земле воронка с огромной скоростью разбрасывает вокруг себя избыточные массы и в результате способна оттолкнуть даже довольно крупные предметы.

Особенно необычные явления возникают при столкновении воронки с преградой. Имея высокую плотность и огромную скорость, воронка наносит по преграде мощный боковой удар с перепадом давления

до 10 атм, ломая, как спички, деревья и разрушая постройки. При этом в стенке воронки образуются разрывы с перепадом давления снаружи и изнутри около 0,5—0,6 атм. Все, что оказывается вблизи разрыва, немедленно засасывается в воронку (например, человек за 1 с перебрасывается на 10—20 м и, как правило, даже не успевает осознать, что с ним произошло). Поскольку скорость вращения стенки, а следовательно, и скорость перемещения разрыва около 100 м/с, то за 0,1 с он передвинется примерно на 10 м. Поэтому из двух предметов, находящихся в непосредственной близости друг от друга, один может исчезнуть, а другой даже не ощутить дуновения (как это было в случае с исчезнувшей коровой и неподвижным подойником).

СВЕРХЗВУКОВОЙ ВИХРЬ ВНУТРИ ВОРОНКИ

В ранних исследованиях на основании многочисленных косвенных данных утверждалось, что скорость потоков в смерче достигает звуковых и даже сверхзвуковых скоростей (поэтому он втыкает соломинки в дерево, грохочет как тысячи тракторов и т. п.). Однако современные локационные измерения показали, что из многих сотен смерчей, в том числе самых мощных, ни один не имел скорости вращения больше 100—110 м/с. Поэтому в последних работах ведущих специалистов в этой области данные о существовании потоков со звуковыми скоростями в смерче считаются ошибочными и просто игнорируются. Если же подойти к этим противоречивым данным на основе разработанной выше картины, то все оказывается значительно проще. Как только в стенке смерча при столкновении с преградой образуется брешь, то в нее устремляется поток воздуха извне, и его скорость v_1 можно оценить по известной формуле Бернулли $v_1 = \sqrt{2\Delta p / \rho_0}$. Поскольку плотность воздуха $\rho_0 = 1,3 \text{ кг/м}^3$, а перепад давления $\Delta p = 0,5 \text{ атм}$ ($5 \cdot 10^4 \text{ Па}$), то скорость ворвавшегося внутрь воронки потока составит 300 м/с. Все сразу становится на свои места: смерч — это двухслойный вихрь. Локационные и прочие наблюдения извне не могут проникнуть внутрь воронки и поэтому фиксируют скорость вращения внешней дождевой стенки смерча, которая, согласно разработанной теории, действительно, составляет не более 100—150 м/с. А все косвенные свидетельства относятся к вторичному воздушному вихрю, у которого скорость близка к звуковой или даже превосходит ее.

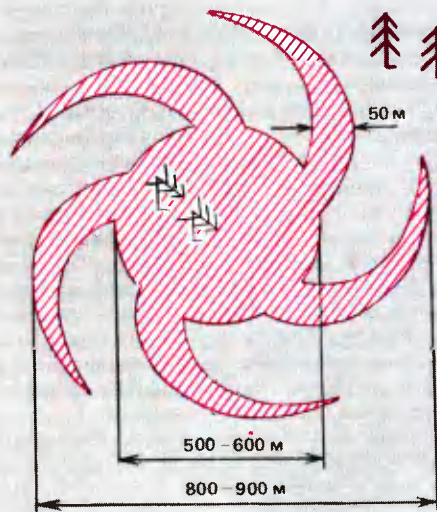


Схема разрушений, оставленных в сосновом бору недалеко от Костромы катастрофическим Ивановским смерчем. Штриховкой обозначены участки полного уничтожения деревьев: круглая площадка и 5 просек. Общее количество поваленных деревьев — около 5000. Поскольку на перелом одной сосны тратится около 20 МДж, общее количество энергии, которое затратил смерч на создание этой площадки, составляет около 100 ГДж. Находясь над площадкой, смерч продолжал всасывать в себя наружный воздух через образовавшиеся просеки. Полная энергия проходящих через 5 просек потоков определяется из соотношения: $\Delta W = \frac{5}{2} \rho_0 v_n^2 S_n \Delta t$ (v_n — скорость потока, S_n — площадь поперечного сечения просеки, Δt — время до следующего прыжка смерча). Если $v_n = 300 \text{ м/с}$, $\rho_0 = 1,3 \text{ кг/м}^3$, $S_n = 50 \text{ м}^2$ и $\Delta t = 25 \text{ с}$, то $\Delta W = 1000 \text{ ГДж}$, причем весь входящий поток направлен почти точно по касательной к кромке смерча.

Очень важен вопрос, куда направлен поток воздуха, ворвавшегося внутрь воронки. Если воронка падает на гладкую поверхность (мелколесье, мелкие рытвины или бугры), между ними возникает кольцевая щель. Поток, поступающий внутрь воронки сквозь такую щель, направлен к оси смерча и поэтому не имеет никакого вращения. В этом случае происходит быстрое торможение воронки как за счет ее трения о землю, так и за счет заполнения воронки невращающимся вторичным потоком. При наличии крупных препятствий (деревьев, строений, крупных оврагов и бугров) по окружности воронки образуются, как уже отмечалось, разрывы. Из-за перепада давления затормозившиеся обрывки стенки будут двигаться по сворачивающимся спиралам, в результате чего между соседними обрывками

возникнут узкие вертикальные щели-проходы, через которые внешний воздух будет врываться внутрь воронки. Поскольку эти проходы направлены по касательной к окружности воронки, то поступающий воздух закручивается вокруг оси смерча в ту же сторону, что и внешняя стенка воронки. В этих случаях сама воронка тормозится, но зато вторичный вихрь приобретает вращение, энергия которого может превосходить энергию потерь. В таких случаях смерч неожиданно обретает особую силу.

Иногда обрывки воронки, образовавшиеся после столкновения с препятствиями, замыкаются сами на себя, и тогда в нижней части смерча образуется несколько более мелких воронок. Необходимо подчеркнуть, что воронка смерча — весьма устойчивое образование, она может существовать долго, поддерживать сама свое вращение — лишь бы в нее в достаточном количестве поступал сверху вращающийся поток воздуха.

Хлынет ли из грозовой тучи обычный дождь, или обрушится воронка смерча (по сути дела скрученный дождь) — все это определяется процессами в верхних слоях тропосферы. Рассмотрим эти процессы.

РОЖДЕНИЕ СМЕРЧА

Смерч — детище грозового облака. Обильные пары воды, попавшие в облако из нижних слоев тропосферы, конденсируются и выделяют теплоту конденсации. За счет этого воздух оказывается теплее и легче окружающего более сухого воздуха, и ввысь устремляется мощный восходящий поток. Облако становится резко неустойчивым, в нем возникают стремительные восходящие потоки теплого воздуха, которые выносят массы влаги на высоту 12—15 км, и столь же стремительные холодные нисходящие потоки, которые обрушиваются вниз под тяжестью образовавшихся масс дождя и града, сильно охлажденных в верхних слоях тропосферы.

Иногда грозовое облако образуется в результате «косого» столкновения теплого и холодного воздушных потоков, в результате чего оно приобретает вращение вокруг вертикальной оси. В таком облаке восходящие и нисходящие потоки направлены не по вертикали, а закручены вокруг общей вертикальной оси, формируя особый двухслойный вихрь высотой 12—15 км и диаметром 3—5 км, так называемый мезоциклон. Более

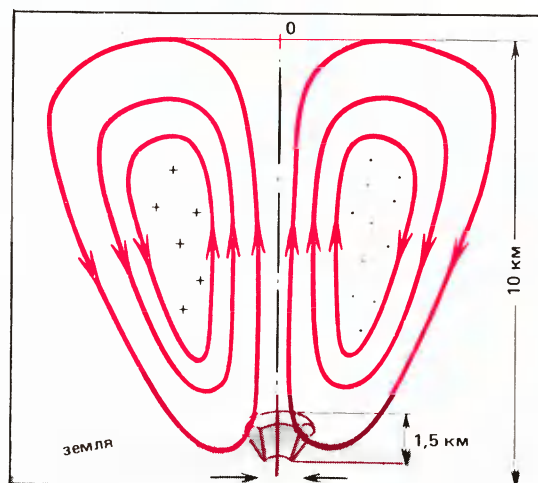
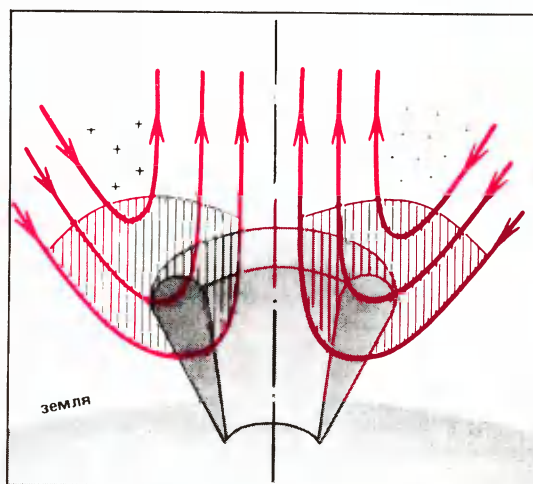


Схема образования воронки смерча. Вверху: массы дождя и града, разбросанные в верхней части двухслойного вихря сравнительно равномерно, скапливаются в его нижней части, где нисходящий поток увлекается вверх восходящим потоком [эта область обозначена штриховкой]. Здесь дождь и град сворачиваются во вращающийся цилиндрический слой с плотными стенками, который постепенно вытягивается вниз под действием сил тяжести и дает начало образованию воронки смерча [показана серым]. Внизу: приблизительное соотношение геометрических размеров между верхней, активной, зоной смерча, которая скрывается в облаках и с земли не видна, и его нижней, пассивной, зоной-воронкой. Воздушные потоки в левой части рисунков направлены от наблюдателя [+], в правой части — на наблюдателя [-].

² Васильев А. А., Шметтер С. М. Влияние кучево-дождевых облаков на условия полета. М., 1984.

холодный и потому более плотный нисходящий поток, пропитанный дождем и градом, образует внешний слой вихря, а восходящий теплый влажный поток размещается внутри него и вращается в ту же сторону, что и внешний слой.

Когда у нижней кромки облака-вихря скапливается большое количество вращающегося дождя и града, то они выпадают из облака вниз в виде тонкослойной конической или цилиндрической воронки смерча. Интенсивное образование града, крупных капель и выбрасывание их из стенок вихря приводит к резкому уменьшению диаметра воронки до 1—1,5 км, а также к резкому возрастанию скорости вращения стенок воронки. Когда образовавшаяся воронка становится тяжелее вытесненного ею воздуха, она обрушивается на землю.

Так рождается обычный смерч, который существует за счет ресурсов материнского облака. Он может превратиться в катастрофический, но только при определенных условиях. Каких же? Чтобы ответить на этот вопрос, нам придется сделать небольшое отступление.

Известно, что температура воздуха в атмосфере постепенно понижается с высотой. Это фундаментальное свойство любой газовой среды, находящейся в поле тяготения, и связано оно с тем, что воздух в атмосфере постоянно перемешивается и при своем движении вверх расширяется и охлаждается (поскольку давление падает с высотой), а при движении вниз, соответственно, нагревается. Градиент температуры T' выражается известной формулой: $T' = -\frac{g}{R_0} \frac{\kappa - 1}{\kappa}$, где $R_0 = 287$ Дж/кг·град —

универсальная газовая постоянная, g — ускорение свободного падения, κ — коэффициент адиабаты. Для двухатомного газа, каковым является воздух, $\kappa = 1,4$, следовательно, $T' = 9,8$ град/км. Полный перепад температуры составляет 70—80° и на высоте 12—15 км царит 50—60-градусный мороз.

Теперь, вооружившись этими сведениями, попробуем ответить на поставленный вопрос. Мы уже говорили, что при столкновении с препятствием кромка воронки рвется и скорость ее вращения резко возрастает. Внутри воронки создается такое разрежение, что она в состоянии поднять на большую высоту воду непосредственно с поверхности земли. Если вода, попав в материнское облако, будет превращаться в град, то процесс захвата воды может стать неудержимым, катастрофическим: чем больше будет поднято воды, тем больше выделится тепла, тем более мощным будет поток восходящего

воздуха и т. д. Достаточно всего 200—300 г воды на 1 м³ воздуха, чтобы из-за выделения теплоты перехода вода — лед температура воздуха внутри воронки не падала ниже 0 °С даже на высоте 12—15 км, где мороз, как мы уже говорили, достигает 60 °С. Резкий перепад температур снаружи и внутри смерча и создает ту силу, которая поддерживает восходящий и нисходящий потоки в смерче. В результате смерч самостоятельно, теперь уже независимо от ресурсов материнского облака, снабжает себя водой, которая ему необходима и для компенсации энергетических затрат, и для восполнения ее убыли из стенок. Более того, смерч часто сам создает над собой новое облако, которое в дальнейшем сопутствует ему, были бы только на пути речки, озера, болота.

Что же кладет предел неудержимому росту мощности катастрофического смерча? В термодинамическом отношении он представляет собой гигантскую гравитационно-тепловую машину, в которой вниз падает холодный воздух, совершая работу A_1 , а вверх поднимается теплый воздух, и на его подъем требуется затратить работу A_2 . Ввиду большей плотности падающего холодного воздуха $A_1 > A_2$. Избыток работы идет на увеличение кинетической энергии смерча ΔW . Положим, что высота смерча есть H , его сечение S_0 , а v_0 скорость воздушного потока, который движется вверх внутри воронки. Тогда изменение кинетической энергии смерча за 1 с выразится соотношением:

$$\Delta W = \rho_0 S_0 v_0 g H \Delta T / T_1,$$

где $\rho_0 = 1,3$ кг/м³ — плотность воздуха при нормальных условиях, ΔT — перепад температур между восходящим и нисходящим потоками, $T_1 = 300$ К — температура у поверхности Земли. Прикинем, чему может равняться ΔW для конкретного смерча, у которого например, радиус $R = 100$ м, высота $H = 15$ км, перепад $\Delta T = 30$ К, расход газа $v_0 S_0 = 2,8 \cdot 10^6$ м³/с. Тогда для ΔW получается значение 50 ГДж/с. Это гигантская мощность, в 10 раз превосходящая мощность Братской ГЭС, и всю ее смерч может потратить на разрушение. При этом, однако, он должен регулярно пополнять с земли запасы своего «топлива» — воды. Поскольку теплоемкость воздуха составляет 1 кДж/кг·град, то для создания перепада температур $\Delta T = 30$ К между потоками восходящий поток должен получать в секунду не менее 150 ГДж тепловой энергии. Теплота перехода вода — лед $q = 335$ кДж/кг,



Финальная фаза смерча. Смерч вышел на участок рыхлой песчаной почвы и всосал в себя солидную порцию песка. Его нижняя часть замедлилась и отстала от уходящей верхней части воронки. Поэтому образовалась почти горизонтальная перетяжка, которая вот-вот порвется, и нижняя часть воронки рухнет вниз, на землю, а верхняя уйдет в материнское облако. На снимке видна структура смерча: основной четко очерченный вертикальный столб-хобот смерча, окруженный «чехлом», который образован выброшенным сквозь стенки песком. У основания смерча виден «каскад» в виде валунов из почвы, отброшенных от основания смерча нисходящим потоком.

следовательно, смерч должен каждую секунду засасывать и превращать в лед не менее 450 т воды. При этом воду он должен засасывать достаточно равномерно, так как, захватив сразу слишком много воды, например $2-3 \text{ кг/м}^3$, он сможет поднять свою «добычу» не выше $1-2 \text{ км}$, т. е. на высоту, где вода не сможет выделить теплоту перехода вода-лед. Поэтому там, где есть глубокие водоемы (моря, большие озера),

смерчи относительно слабы. Наоборот, если воды мало, то перепад температуры между потоками уменьшается и смерч чахнет от жажды. Поэтому в засушливых районах катастрофических смерчей тоже не бывает.

Здесь следует сделать одно замечание. В восходящем и нисходящем потоках количество воды примерно одинаково, и, следовательно, работа, которая тратится на подъем воды, полностью возвращается потоку при падении воды вниз. Поэтому в смерче могут длительно циркулировать потоки с очень высокой концентрацией воды ($2-3 \text{ кг/м}^3$ и более). Однако резкие изменения концентрации воды приводят к возникновению перетяжек и, как следствие, к разрушению смерча. Таким образом, естественным пределом увеличения мощности смерча является потеря воды из стенок во время его движения.

ИСКУССТВЕННЫЙ СМЕРЧ

Бывало, что деятельность человека случайно приводила к возникновению искусственных смерчей. Так, при пожарах в Дрездене и Гамбурге во время бомбардировок 1944—1945 гг. из образовавшихся от пожаров густых туч свешивались вниз смерчи высотой в несколько сотен метров. При сильных лесных пожарах также наблюдалось возникновение смерчей, правда, они редко опускались до земли. Ставились также эксперименты по созданию искусственных смерчей. В частности, известны две успешные попытки создания смерчей с помощью очень мощных нефтяных горелок-метеотронов⁸. Сто таких горелок были размещены на площади 100 м^2 , и при сжигании за 15 мин 15 т нефти удавалось получать плотные облака, из которых вниз свешивались воронки смерчей высотой около 100 м.

Подробный анализ показал⁹, что для возбуждения смерча топливо выгоднее сжигать не на земной поверхности, а предварительно распылять его по высоте будущего смерча и непрерывно подпитывать при этом воронку потоками воздуха, смешанными с водой и закрученными вокруг вертикальной оси. Количество топлива, необходимое для возбуждения мощного искусственного смерча, оценивается в 500 т. Не останавливаясь на конкретных вариантах создания искусственного смерча, рассмотрим вопрос о том, насколько полезными могут оказаться такие гравитационно-теп-

⁸ Dessens J. // Nature. 1962. Vol. 193. P. 4810.

⁹ Кушин В. В. Указ. соч.

ловые (ГТ) установки при решении энергетических проблем сегодня и завтра, имея в виду проблемы обеспечения их топливом (водой!), а также множество экологических проблем, связанных с созданием мощных ГТ-установок

Конечно, практическое освоение таких гигантских энергоустановок с питанием от экологически идеального источника энергии, каким является вода морей, океанов, рек, могло бы существенно облегчить решение энергетических проблем, которые стоят перед человечеством. Ведь для покрытия только прироста энергетических потребностей в 2000 г. придется сжигать дополнительно к сегодняшним расходам еще до 5 Гт условного топлива в виде нефти, газа, угля, урана. В то же время это же количество энергии Солнце отдает земным морям и океанам всего за 30—40 мин. Поэтому даже широкое применение ГТ-установок не должно приводить к вредным экологическим последствиям в крупных масштабах.

Образно говоря, гравитационно-тепловая энергетическая установка с использованием искусственного смерча представляет собой газовую горелку высотой 12—15 км, в которой сгорает не газ или нефть, а обычная вода из любого естественного водоема, которая, превращаясь в лед, отдает воздушным потокам всю свою теплоту, включая теплоту фазового перехода вода — лед. Турбогенераторы такой установки могут размещаться как в восходящем, так и в нисходящем потоках смерча. Все выделенное тепло отдается верхним слоям тропосферы, а вниз на поверхность земли падает своеобразная «зола», «шлак» от этого процесса — замерзшая вода (град). На единицу мощности в 1 ГВт необходимо подавать в смерч 15—20 т воды каждую секунду, которые будут возвращаться на землю уже в виде льда и охлаждать ближайшие окрестности вокруг установки. Эти проблемы понижения температуры окружающей среды вблизи ГТ-установки требуют особого изуче-

ния. Но даже не касаясь вопросов возможного использования искусственных смерчей для целей энергетики, можно определенно назвать те районы, где уже сейчас было бы полезно создать мощные искусственные смерчи. Это те районы, где зарождаются тайфуны и ураганы. Длительное существование смерча приведет к заметному понижению температуры вблизи поверхности Земли и, следовательно, к понижению темпа испарения воды из океана. Тем самым процесс возникновения неустойчивости атмосферы в данном районе будет замедлен и зарождающийся тайфун ослаблен.

Подведем итоги. Все-таки что же такое смерч? С точки зрения физика-метеоролога, воронка смерча — это скрученный дождь, неизвестная ранее форма существования осадков. Для физика-механика — это необычная форма вихря, а именно: двухслойный вихрь с воздушно-водяными стенками с резким различием в скорости и плотности обоих слоев. Для физика-теплотехника смерч — гигантская гравитационно-тепловая машина огромной мощности, в которой мощные воздушные потоки создаются и поддерживаются за счет теплоты, которая выделяется водой из любого естественного водоема, когда она попадает в верхние слои тропосферы.

Изложенная здесь гравитационно-тепловая теория смерча объединила в себе эти точки зрения и позволила с единых позиций объяснить все, даже самые невероятные и фантастические свойства смерча. Вместе с тем эта теория — еще одно предостережение человечеству. Нам просто повезло, что контраст температур, влажности, скорости ветра в теплых южных и холодных северных атмосферных фронтах невелик, и поэтому во многих районах рождение смерчей сравнительно редкое явление. Если установившееся равновесие нарушится, смерч повсеместно превратится в настоящее стихийное бедствие.

С КАКОЙ СКОРОСТЬЮ

А.А.Никонов

Изменения Земли так медленны в сравнении с коротким периодом нашей жизни, что на них не обращают внимания.

Аристотель



Андрей Алексеевич Никонов, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта АН СССР. Занимается современными движениями земной коры и сейсмотектоникой. Автор многих работ по этим проблемам, в том числе монографий: Голоценовые и современные движения земной коры. М., 1977; Сейсмоструктура и землетрясения в зоне сближения Памира и Тянь-Шаня (в соавторстве с А. В. Ваковым и И. А. Веселовым). М., 1983. Неоднократно публиковался в «Природе».

ПОСТАВЛЕННЫЙ в заголовке вопрос не так прост, как это может показаться с первого взгляда. Прежде всего, что считать ростом гор? Если, например, на вершинах увеличивается толщина льда, то такой рост, как бы он ни был важен сам по себе, процессов, происходящих в недрах, не отражает.

Геологу важно знать величины перемещений вещества на глубине, скорости поднятия участков земной коры, которые, вздымая массивы горных пород, ведут и к подъему горных хребтов. А разрушение вершин и гребней горных хребтов и снос материала вниз под действием гравитации постоянно снижают их высоту. Именно эти противоборствующие процессы — тектонические поднятия и денудация — и определяют, в конце концов, рост горных массивов. Исследование такого взаимодействия и его результата — изменения высоты гор — задача необычайно сложная и пока на количественном уровне не решенная.

А между тем ее решение имеет не только теоретическое значение. Особую важность приобретают знания о движении земной коры для инженерно-геологических и строительных целей. Вспомним лишь некоторые крупные промышленные объекты в горах: перевальную железную дорогу на Кавказе, каскад гидроэлектростанций на реке Ингури, нефтепровод «Дружба» через Карпаты — для их строительства и эксплуатации нужны были реальные данные о скорости роста гор. Как же они определяются в наши дни?

МЕТОДЫ КОСВЕННЫЕ И ПРЯМЫЕ

Пожалуй, самый древний способ определить, насколько поднялась суша вообще и горы в частности, состоит в том, чтобы найти современную высоту отложений, которые первоначально накапливались в море. Уже в VI в. до н. э. знаменитый Пифагор, зная, что морские раковины встречаются далеко от океана, делал вывод о том, что «равнины поднимались в горы».

Обычно считают, что уровень Мирового океана менялся в пределах 100—200 м. Между тем морские отложения находят в горах на высоте нескольких километров. Нередко эти породы имеют возраст от 15 до 40 млн лет, и в этих случаях заключение о недавнем быстром (в геологических масштабах) поднятии горных систем не вызывает сомнения. Среднюю или минимальную скорость поднятия горной системы оценить в этих случаях не так сложно,

РАСТУТ ГОРЫ ?

разделив высоту залегания данных слоев на время, прошедшее после окончания их формирования.

В сущности, этот же принцип используют для определения интенсивности поднятия гор по континентальным отложениям и так называемым уровням рельефа. В процессе роста гор (а появляются они, как правило, на месте равнины) образуются так называемые поверхности выравнивания — ровные участки в полосе перехода гор к равнине. В ходе расширения и дальнейшего подъема горной системы обычно возникает целый ряд таких поверхностей, или иначе — лестница опорных уровней. Чем выше опорный уровень, тем он древнее. То же относится к речным террасам.

Определить высоту сохранившихся уровней и террас, относительную или абсолютную, труда не составляет, хотя верхние из этих образований нередко дошли до нашего времени лишь в виде фрагментов. Труднее установить их возраст, особенно когда дело касается древних образований. В последнее время все в большей мере удается использовать для датирования отложений и уровней в горах ряд современных методов — радиологический, палеомагнитный, термолуминесцентный. Получая значения абсолютного возраста опорных уровней, мы можем приступить и к расчетам скорости последовательного возвышения гор в геологическом времени.

Сравнительно недавно в Японии и нашей стране появился новый палеоботанический подход к решению проблемы роста горных систем¹. Смысл его состоит в том, что по комплексу растительных остатков в слоях разного времени можно определить на основе современных экологических характеристик высотный интервал, в котором они произрастали перед захоронением. Зная современную высоту расположения слоев и

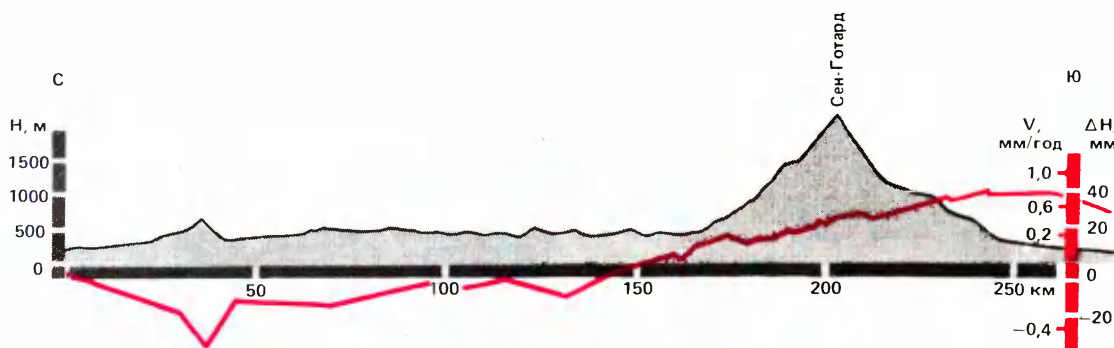


Чертов мост на пути к Сен-Готардскому перевалу в Альпах. Гравюра XVIII в. С тех пор, как он был построен в XIII в., горы здесь поднялись примерно на 1 м.

определив их возраст, можно рассчитать скорость «вознесения» слоев (конечно, вместе с горной страной). Японский исследователь в Гималаях использовал макроостатки растений, мы же при работах в Восточном Памире использовали спорово-пыльцевой анализ.

Получает распространение и еще один способ определения скорости роста горных массивов — исследование слагающих их магматических и метаморфических пород. Дело в том, что современные геохимические и петрологические методы дают возможность в ряде случаев определять, при каких температурах возникли те или иные интрузивные (внедрившиеся) породы и на какой глубине это могло произойти. Современное высотное положение таких пород и их температура определяются по данным непосредственных наблюдений. Зная первичные и современные характеристики, и в том числе температурный градиент, несложно установить, на какую величину рассматриваемые комплексы пород приблизились к земной

¹ H s ũ J. // The Palaeobotanist. 1976. Vol. 25. P. 131—145; Пахомов М. М., Никонов А. А. // Доклады АН СССР. 1983. Т. 269. № 2. С. 435—439.



Изменение высоты рельефа (ΔH) и расчетная среднегодовая скорость движений земной коры (V) за 50 лет на профиле через Центральные Альпы. Данные получены с помощью повторного нивелирования. H — высота рельефа над ур. м. (По ф. Жанришару, 1975 г.)

поверхности со времени своего возникновения. Возраст внедрения магматических пород определяется радиометрически. После этого можно оценить скорости приближения интрузивных тел к земной поверхности и даже из абсолютного поднятия вместе с массивами вмещающих горных пород. Примеры тщательно выполненных работ такого рода относятся к Альпам и Гималаям.

Все упомянутые геологические и геоморфологические методы, разумеется изложенные здесь весьма упрощенно, носят косвенный характер. Их используют для расчета средних значений скорости поднятия гор за достаточно долгий период (десяtkи миллионов, миллионы, иногда сотни тысяч лет). Для определения современных движений применяют прямой геодезический метод измерения.

Речь идет о повторном высокоточном нивелировании вдоль специально проложенных трасс. Хотя такие работы в пределах крупных горных систем все еще проводятся редко, этот способ может характеризовать реальную скорость движений за несколько десятков лет и, казалось бы, сулит большие возможности.

Итак, в настоящее время мы имеем несколько разных методов, с помощью которых можно пытаться оценить скорость поднятия горных систем. Хотя для разных горных систем объем исходной информации и ее точность неодинаковы, правильно было бы сравнить между собой данные каждого из методов сначала для одной и той же горной страны, а уже потом по разным горным системам.

Большинство имеющихся данных отно-

сится к Альпийскому подвижному поясу, а именно к таким горным системам, как Альпы, Карпаты, Кавказ, Памир и Гималаи.

Казалось бы, все просто: привести сравнительные данные, сопоставить их между собой, определить сходство и различия и вывести средний результат.

ЧТО ИЗВЕСТНО О ПОДНЯТИЯХ ГОР

Первая цифра, которую стоит принять во внимание и запомнить, это 0,6 мм/год. Такова средняя скорость воздымания горных массивов мира. Она выведена чехословацким геологом З. Кукалом на основе данных о средней высоте гор и продолжительности горообразования².

Определенные традиционными геологическими и геоморфологическими методами скорости воздымания Альп, Карпат, Кавказа, Памира и Гималаев в среднем за время новейшего горообразования (миллионы лет) составляют 0,1—1,3 мм/год. Близкие значения скорости поднятия в течение последних нескольких миллионов лет дали палеоботанические свидетельства: 1—1,3 мм/год в Гималаях и Тибете и 0,2—2 (возможно, до 4) мм/год на Памире. Сходные величины — 0,3—1 мм/год получены для Альп и Гималаев по скорости остывания и выхода на поверхность интрузивных и метаморфических пород за десятки миллионов и миллионы лет. Единственное исключение представляет особенно активный район массива Нанга Парбат в Гималаях,

² Кукал З. Скорость геологических процессов. М., 1987.

где таким путем скорость оценивается в 5 мм/год за период 2—0,5 млн лет назад и 9 мм/год за период от 0,5 млн лет назад до настоящего времени.

В целом максимальные за период в десятки миллионов и миллионы лет скорости подъема Альп, Памира, Гималаев оказываются несколько выше (0,6—2 мм/год), чем для Карпат и Кавказа (0,1—0,5, возможно до 1,2 мм/год), что коррелирует с высотой самих горных систем. Но если обратиться к средним значениям скорости современного (за десятки лет) поднятия по геодезическим данным, то обнаруживаются существенные расхождения.

Для суждения о современном поднятии Альп наиболее надежными можно считать значения, полученные путем повторного нивелирования в Швейцарии. Доверие к ним основано на большой тщательности измерений, большом интервале времени между

ними (50 лет), воспроизводимости результатов. Согласно этим измерениям, осевая часть Альп у Сен-Готардского перевала поднимается относительно равнинных территорий со скоростью от 0,7 до 1,4 мм/год. Близкие значения получены в альпийских районах Франции и Италии.

Результаты повторного нивелирования в Гималаях дают основание считать значение вековой скорости поднятия этой горной системы не выше нескольких миллиметров в год. Таким образом, оказывается, что в настоящее время Альпы и Гималаи поднимаются с той же скоростью, что и в предшествующие миллионы и десятки миллионов лет.

Однако скорости современного поднятия Карпат, Кавказа и Памира, по данным нивелирования, оказываются в десятки и сотни раз выше, чем значения для тех же горных систем и вообще для Альпийского подвижного пояса на новейшем этапе его развития (миллионы лет). Так, на известных картах современных вертикальных движений земной коры, изданных в разные годы, Карпаты поднимаются со скоростью

Остатки древних поверхностей выравнивания в массиве Канченджанга [8593 м] в Гималаях. По таким поверхностям фиксируют этапы поднятия гор в результате поднятий коры.



Сопоставление значений современных движений земной коры (мм/год) для столиц восточноевропейских стран по картам разных лет издания

Город	Год издания карты				
	1973	1975 1977	1979 1982 1984	1985	1986
Бухарест	—1,7		—0,5	0—1	—3,7
София	+0,3	—2,0 +1,0	—0,6	—1,8	—3,5
Будапешт	—2,3		+0,5	—0,5	—0,9
Прага	—0,2		0 +0,5		—1,7
Варшава	—0,5	+0,5		—3,5	—3

2—2,5 мм/год, 4 мм/год и 6 мм/год, а Большой Кавказ — даже со скоростью 8—13 мм/год.

Столь же различны оценки скорости современных вертикальных движений почти для любого участка в пределах Восточной Европы (см. табл.).

Какую бы из полученных геодезистами величин скорости поднятия ни выбрать, оказывается, что в целом Карпаты и Кавказ должны были бы приобрести свою современную высоту за время 0,5—1 млн лет. Между тем, по геологическим данным, хорошо известно, что в их формирование потребовалось времени в 10 раз больше.

Таким образом, возникают два вопроса: каковы истинные величины современного тектонического поднятия гор и в чем состоят причины столь существенных расхождений в значениях скорости поднятия Карпат, Кавказа, Памира за миллионы лет и в текущие десятилетия, а также получаемых разными авторами различных оценок значений скорости современных поднятий этих гор?

Чтобы ответить на эти вопросы, можно идти путем сравнительных сопоставлений, а также путем поисков возможных погрешностей.

ФЕТИШИЗАЦИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Как известно, сравнение не доказательство, но тем не менее сравнительный метод — один из самых распространенных в науке. В данном случае интересно сравнить получаемые скорости поднятия гор

со скоростью опускания впадин в пределах того же Альпийского пояса. Сделать это можно, базируясь на глубине залегания археологических памятников и поселений античного времени. Собрав материал по 70 точкам, американский исследователь Р. Флемминг получил таким образом значение скорости погружения порядка 1—1,5 мм/год, причем в основном именно за счет тектонических процессов³.

Другое, еще более объемлющее исследование на берегах Мирового океана проведено геоморфологом Л. Г. Никифоровым, который определил величину поднятия крупных типов геоструктур по современной высоте морской террасы возрастом 7—4 тыс. лет (так называемая фландрская трансгрессия)⁴. Оказалось, что на разных континентах высота фландрской террасы в зонах альпийской складчатости в 1,5—2 раза больше по сравнению с платформами и областями более древней складчатости. Получается, что региональные поднятия областей альпийского горообразования в последние тысячелетия имели скорость на 0,1—0,5 мм/год выше, чем на платформах, но все же вряд ли превышали 1 мм/год.

Упомянутые определения для поставленной нами задачи имеют тот существенный недостаток, что дают величины скорости для удаленных от осей горных систем районов и поэтому могут не соответствовать максимальным значениям роста гор.

Можно провести еще одно сравнение,

³ Flemming R. // Nature. 1973. Vol. 248. P. 78—83.

⁴ Никифоров Л. Г. Последледниковое эвстатическое повышение уровня океана и его значение для развития морских побережий // Колебания уровня Мирового океана и вопросы морской геоморфологии. М., 1977. С. 12—40.

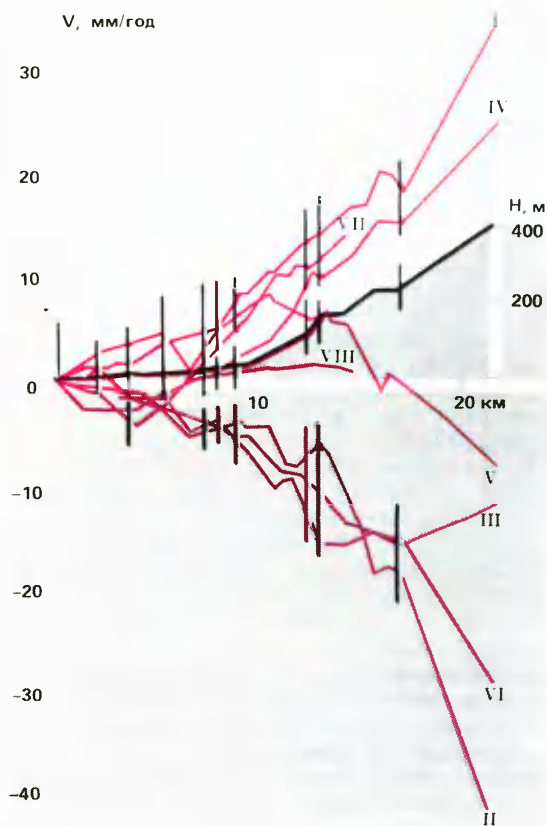
попытавшись найти и сопоставить поднятие гор с современной денудацией. Так, скорость смыва поверхности в горах, в том числе и в горных системах Альпийского пояса, составляет доли миллиметров в год, редко достигая 1 мм/год. С такой же скоростью накапливаются осадки. Так, в предгорьях Альп откладывается 0,2—1 мм/год «грубых» отложений, а в предгорьях Гималаев — 0,7 мм/год в среднем за десятки миллионов лет и 0,6—1 мм/год в настоящее время. В Большой Венгерской впадине скорость накопления отложений точно определена в 0,1—0,3 мм/год за последние 3—4 млн лет.

Таким образом, мы видим, что на протяжении миллионов лет скорость поднятия альпийских горных систем, как и скорость денудации и накопления осадков в предгорьях, определяется величинами одного порядка. По-видимому, мы имеем основания считать 0,1—1,5 мм/год реальной долговременной скоростью поднятия рассматриваемых горных систем. Но при этом еще острее встает вопрос о причинах резкого превышения по сравнению с этими значениями тех, что получаются при повторных геодезических измерениях в Карпатах, на Кавказе и Памире.

Для геологов и географов введение числа и меры в изучаемые ими процессы было столь желательным, а инструментальные измерения столь авторитетны, что многие годы почти любые полученные на основе измерений результаты принимались как истинные.

Уже одно то, что результаты выдавались «точными» науками, действовало завораживающе на представителей наук, считавшихся неточными, тем более что они не были в состоянии проверить полученные величины и проанализировать ход их получения. Так возникла своего рода фетишизация геодезических данных. Принимались далеко идущие выводы о характере тектонических движений, их изменении со временем, связи с геологической структурой, геофизическими полями и т. д.

Увы! Не все, что можно прямо измерить, оказалось тем, что мы стремимся измерить, т. е. движениями земной коры⁵. Сами же геодезисты интерпретировали свои результаты как надежные, а противоречия с геологическими и геоморфологическими данными, если и были им известны, то оказывались за пределами их интересов.

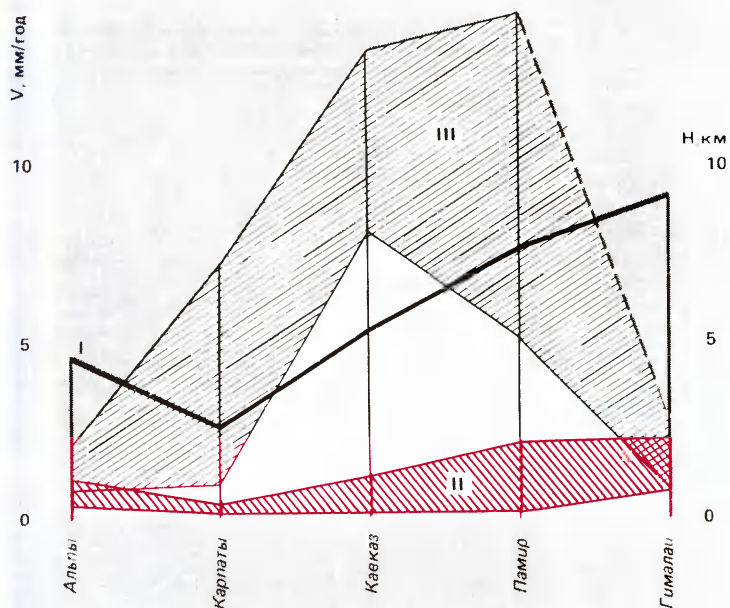


Среднегодовая скорость вертикальных перемещений поверхности на меридиональном профиле через северный склон Заилийского Алатау (Северный Тянь-Шань) по геодезическим данным: I — 1968—1969 гг., II — 1969—1970 гг., III — 1970—1971 гг., IV — 1971—1972 гг., V — 1972—1973 гг., VI — 1973—1974 гг., VII — 1974—1975 гг., VIII — суммарная кривая. Н — высота рельефа над ур. м., вертикальные линии — тектонические разрывы. Чередование поднятий и опусканий поверхности трудно объяснить тектоническими причинами. [По данным В. М. Сигалова, 1979 г.]

ГДЕ ТАЯТСЯ ПОГРЕШНОСТИ?

В начале 80-х годов выявились два характерных признака, отличающих многие измерения в горных районах. Первый из них заключается в подобии измеренных перемещений и подстилающего рельефа. Так, для горных стран Кавказа и Карпат, по подсчетам советских исследователей Г. И. и М. Г. Рейснеров, коэффициент корреляции между абсолютной высотой местности и распределением скорости «современных» вертикальных движений земной коры,

⁵ Никонов А. А. Проблемы изучения и картографирования современных вертикальных движений земной коры // Современная тектоническая активность Земли и сейсмичность. М., 1987. С. 49—66.



Сопоставление скоростей поднятия главных горных стран Альпийского подвижного пояса. I — наибольшие абсолютные высоты каждой горной страны; II — интервал величин скорости поднятия за 2—10 млн лет по геологическим и геоморфологическим данным; III — за 10—50 лет по результатам геодезических измерений. Видно общее согласование данных для Альп и Гималаев и несогласование для Карпат, Кавказа, Памира.

показанных на карте Восточной Европы⁶, составляет 0,75. Подобная связь обнаружена во многих случаях и на отдельных линиях нивелирования, проходящих поперек простирания хребтов в Карпатах, Крыму, на Кавказе, в Тянь-Шане и в других горах.

Такая «корреляция», на первый взгляд, легко объясняется именно унаследованностью движений последних десятилетий от движений за миллионы лет, создавших основные черты современного рельефа, т. е. тектонической предопределенностью измеренных величин «современных движений». Именно это объяснение и господствовало среди специалистов на протяжении около 30 лет. Но ведь корреляция есть признак феноменологический, а не генетический. Почему не предположить, что причина корреляции находится в способе измерений?

Тесная корреляция между гипсометрией (рельефом) линий нивелирования и значениями изменений превышений вдоль них послужила объектом специальных методических исследований американских геодезистов. Результат у разных исследователей общий: выявление систематических ошибок в измерениях за счет рефракции и температурных воздействий в условиях негоризонтальных поверхностей. Подсчитано, что величины ошибок за счет склонов могут состав-

лять 10 см на 1000 м превышения или даже 3,5 см на 100 м превышения. Исследования, проведенные в Калифорнии с использованием усовершенствованных приемов измерений и расчетов, позволили установить, что первоначально выведенные в качестве вертикальных движений земной коры разности превышений являются фиктивными. Они возникли за счет искривлений визирного луча на склоне, недоучета температуры масштабных полос на нивелирных рейках и т. п. На результаты измерений влияет нестабильность длины «метра» реек за счет температурных влияний.

При измерениях в Карпатах, на Кавказе, Памире и Тянь-Шане, положенных в основу карт «современных движений земной коры», поправки на рефракцию и температуру реек не вводились, поскольку не были известны в нынешнем виде и не предусмотрены инструкциями. Поэтому показанные на картах значения скорости современных движений не могут не вызывать серьезных сомнений. К тому же каждая новая издаваемая карта показывает иное распределение скорости современных движений для одних и тех же геологических структур и морфоструктур. Более того, от карты к карте для ряда обширных районов меняется знак «движений», а разности величин скорости показываемых движений для одних и тех же структур на картах разных лет издания превышают сами эти величины скорости.

⁶ Карта современных вертикальных движений земной коры Восточной Европы. М., 1973.

Простой, но вполне убедительный пример дает сравнение значений для столиц стран Восточной Европы (см. табл.)

Выполненная математиком С. Мейером проверка полученных высоких значений скорости «движений земной коры» в пределах Восточной Европы путем сравнения накапливаемых ошибок и «движений» показала, что даже столь высокие значения, как те, что принимались на Кавказе, — 8—13 мм/год — не выходят за пределы возможных ошибок и вовсе не обязательно характеризуют реальные скорости движений.

Другой характерный признак «движений», выявляемых по результатам многократного нивелирования в горах (да и не только в горах), заключается в том, что величины скорости и нередко знак смещений по одним и тем же профилям меняются от одной эпохи к другой. Появляется так называемый зеркальный эффект: изменения по профилю происходят то вверх, то вниз от одного измерения к другому.

Наглядный пример — нивелирование поперек хребта Заилийский Алатау в Северном Тянь-Шане, проведенное 7 раз. Здесь мы имеем характерный пример корреляции кривых разности превышений и гипсометрии. Но (и это принципиально) в разные годы корреляция то прямая, то обратная. Показательно, что среднегодовые значения скорости перемещений по этому профилю резко уменьшаются с увеличением периода усреднения и уже за 8—18 лет находятся в пределах 2—5 мм. Вот почему, в частности, интервал в 50 лет нивелирования в Альпах оказывается весьма предостательным для выявления тенденции движений коры.

Объяснить с физических и геологических позиций зеркальный эффект смещений ежегодным изменением их направления за счет глубинных тектонических движений не представляется возможным, ибо это противоречит законам тепло- и массопереноса и известным данным о глубинном геологическом развитии. Остается искать причину получаемого эффекта или в дефектах системы измерений, или в каких-то поверхностных эффектах нетектонического происхождения.

Таким образом, полученные по данным повторного нивелирования значения скорости современного поднятия Карпат, Кавказа, Памира порядка 2—14 мм/год, к тому же резко различающиеся по определениям разных авторов и за разные эпохи, могут быть объяснены, с одной стороны, ошибками измерений, а с другой — кратковременными изменениями знака смещений, не отражающими тенденции и скорости движений тек-

тонического характера. Если это так, то снижаются резкие расхождения, с одной стороны, в величинах скорости современного и новейшего поднятия Карпат, Кавказа и Памира, а с другой — резкие несоответствия между полученными значениями скорости современных движений земной коры для этих горных стран и соседних с ними в пределах того же Альпийского подвижного пояса.

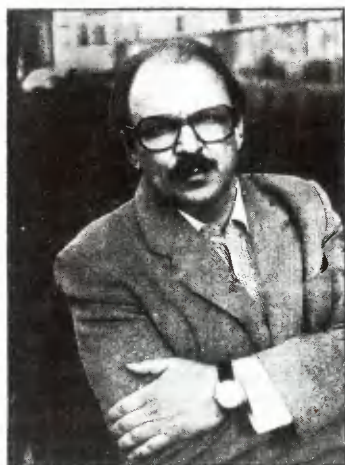
Из всего сказанного следует, что до настоящего времени нет надежных свидетельств того, что даже гребневые части высоких горных хребтов Альпийского подвижного пояса (возможно, кроме Гималаев) поднимаются или поднимались за последние десятки миллионов лет со средней скоростью, превышающей значение в 1—2 мм/год. Преимущественно же такие поднятия происходят, по-видимому, со скоростью порядка долей миллиметра в год. Это, конечно, не означает, что в отдельных местах и в отдельные периоды (например, в связи с сильными землетрясениями) эти значения не могут быть превышены.

В заключение дадим несколько примерных ориентиров. Они получены, исходя из наиболее реальных приведенных выше значений. Со времени покорения высочайшей вершины Памира — Пика Коммунизма Е. И. Абалаковым и Н. П. Горбуновым (1934) его горные массы поднялись на 10 см. Альпы со времени знаменитого перехода А. В. Суворова выросли на 20 см, со времени постройки известного Чертова моста — на 70 см, и на 2 м «подросли» с того времени, когда Ганнибал перевалил Мон-Сени с 20 тыс. пехотинцев, 6 тыс. всадников и 27 слонами. Горные массивы Карпат и Кавказа вознеслись на 15—30 м с тех пор, как у их подножий наши предки охотились на мамонтов, а с тех времен, когда неандертальцы заселяли пещеры Кударо, Азых и другие на Кавказе, породы этого горного массива поднялись из недр примерно на полкилометра.

Научное значение реальных величин скорости тектонических, а отсюда и ряда других, в той или иной мере ими обусловленных, процессов нельзя недооценивать. Прояснив вопрос: «с какой скоростью растут горы», мы, конечно, не можем претендовать на решение более глубокого вопроса: «как и почему растут горы». Но ясно также, что только ответив на первый вопрос, можно браться за решение второго.

Б.М.Миркин

ФИТОЦЕНОЛОГИЯ



Борис Михайлович Миркин, доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки Башкирской АССР. Работу в Башкирском государственном университете сочетает с руководством научными исследованиями по фитоценологии в Институте биологии Башкирского филиала АН СССР. Круг его научных интересов охватывает теоретические аспекты фитоценологии (теория классификации растительности), разработку математических методов обработки геоботанических данных, а также прикладные исследования: рациональное использование естественных кормовых угодий и создание долгоживущих продуктивных травяных сообществ. Автор многих монографий, в числе которых: Толковый словарь современной фитоценологии (в соавторстве с Г. С. Розенбергом). М., 1983; Теоретические основы современной фитоценологии. М., 1985; Что такое растительные сообщества. М., 1986.

Б ОЛЬШИНСТВО видов растений, ареалы и численность которых сократились настолько, что они попали на страницы Красной книги и стали объектами заботы человека, охраняются вместе с теми сообществами, в состав которых они входят. Нередко объектами охраны становятся и сами сообщества как созданные природой эталоны совершенства.

При охране видов и сообществ возникает немало вопросов, которыми занимается фитоценология — наука о растительных сообществах, взаимоотношениях растений между собой, а также с гетеротрофными компонентами биоценозов и окружающей средой. Например, в какой степени компоненты сообщества обуславливают существование друг друга, сколь прочны связи охраняемого вида с сообществом, как подобрать оптимальный режим использования для «эталона совершенства», ведь далеко не для всех сообществ полное заповедание — лучший способ сохранить их? Чисто фитоценологические задачи приходится решать также при «переписи» и картировании растительных сообществ заповедных территорий, так как в природе нет естественной иерархии сообществ, подобной видам, родам и семействам растений в таксономии, созданной человеком. Между сообществами существуют плавные переходы, которые надо каким-то целесообразным способом преобразовать в систему дискретных и иерархически соподчиненных единиц, а каждую из них назвать и охарактеризовать, т. е. выявить видовой состав, продуктивность, особенности строения и т. д.

Более сложные фитоценологические задачи возникают при необходимости воспроизвести какое-то редкое сообщество на территории ботанического сада или хотя бы смоделировать его часть, достаточную для того, чтобы создать «привычные» условия для устойчивого сохранения редкого вида. Однако, увы, природоохранители нередко проходят мимо теоретических концепций современной фитоценологии, и потому в этой статье автор решил обсудить некоторые положения науки о растительных сообществах в специальном природоохранном ракурсе.

СОВРЕМЕННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О РАСТИТЕЛЬНОМ СООБЩЕСТВЕ

Итак, если нам предстоит воссоздать привычную «компанию» растений для какого-то редкого вида или группы видов (поскольку точную копию естественного сообщества практически воспроизвести невозможно), нужно иметь сведения, которые позволят создать для охраняемых популяций необходимые условия. Нужно знать, например, какие факторы определяют состав сообщества и как взаимодействуют входящие в него популяции. Два-три десятка лет назад

В ОХРАНЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ



Эталонный дубово-грабовый лес в Подолии.

растительное сообщество рассматривалось как продукт естественного отбора двух порядков: классического естественного отбора в понимании Ч. Дарвина и отбора на уровне целых сообществ, т. е. сочетаний популяций.

Сообщество представлялось некой целостностью, которая шлифуется в процессе эволюции и поддерживается взаимным приспособлением популяций друг к другу. Особое место в такой целостности отводилось наиболее обильным видам: считалось, что они формируют особую внутреннюю среду сообщества и обуславливают набор своих спутников. Сообщества, развиваясь как целостности, могут вступать во взаимодействие друг с другом, причем такое взаимодействие допускалось даже на уровне целых типов растительности, называемых вкладчиками. Так, равнинные луга, к примеру, рассматривались как объединение видов трех вкладчиков — альпийских лугов, лесных опушек и степей. Такие сообщества-целостности должны были бы достаточно четко отличаться друг от друга, и потому как процесс их различения, так и классифицирование по различным рангам, подобным рангам в систематике растений, рассматривались как вполне объективные процедуры. Аналогом вида у растений для сообществ считалась растительная ассоциация, причем девиз «ассоциаций нужно выделять столько, сколько их существует в природе» воспринимался как основное руководство к действию.

У подобного понимания растительного сообщества было немало противников. Начиная с 1906 г. и до своей кончины (1953) против взглядов на сообщество как на исторически обусловленную целостность выступал Л. Г. Раменский, сформулировавший представление о непрерывности в растительном покрове. В США в эти же годы аналогичные взгляды развивал Г. Глизон. Против отбора на уровне сообществ резко выступал лидер московских фитоценологов В. В. Алексин¹. Тем не менее лишь в 60-е годы, во многом благодаря работам американского эколога Р. Уиттекера², произошел перелом в понимании природы растительности большинством фитоценологов. Стало очевидным, что растительность представляет собой непрерывно изменяющееся вдоль градиентов различных факторов явление, названное растительным континуумом, а растительные сообщества — лишь условно отграниченные

части континуума, внутри которых виды не связаны отношениями взаимного приспособления³. Эволюция растительности носит сеткообразный характер, виды эволюционируют независимо, и каждый из них по-своему приходит в сообщество и по-своему уходит из него.

При таком понимании природы растительности взгляд на растительное сообщество можно представить в виде следующих тезисов.

1. Каждый вид по-своему распределен вдоль градиентов среды, т. е. индивидуально относится к увлажнению, плодородию почвы, освещенности и т. д. Виды сдвигаются сходством отношений к условиям среды, т. е. собираются в одном сообществе не потому, что приспособились друг к другу, а потому, что приспособились к общей среде. Индивидуальность экологии каждого вида проявляется и в различиях их оптимумов, и в различиях тех пределов, в которых он может воспроизводиться, т. е. в диапазонах толерантности. Поскольку условия среды меняются постепенно, непрерывно изменяются и сообщества растений. Любая классификация сообществ в какой-то мере условна и искусственна.

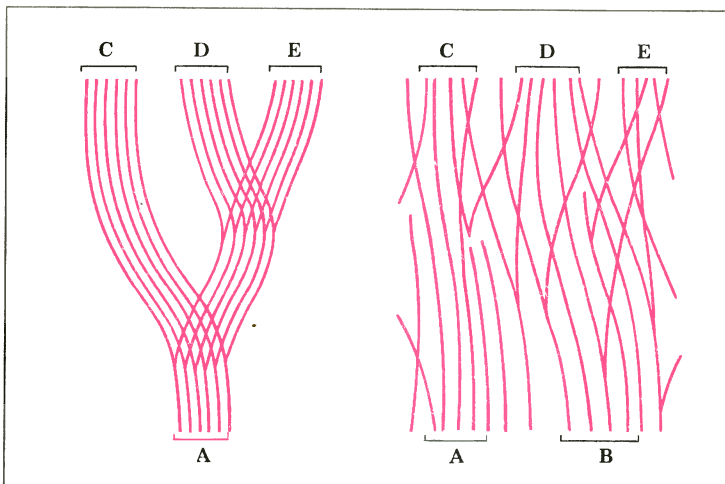
2. Виды внутри сообщества дифференцированы по нишам. Дифференциация эта не столь ярко выражена, как у животных, каждый вид которых четко отличается типом пищи и местом обитания, но тем не менее имеется и в растительном мире. Растения различаются глубиной проникновения корневой системы, закономерностями распределения по площади сообщества, отношением к освещенности, ритмами сезонного развития, уровнями развития в различные по погоде годы (это относится в основном к луговым сообществам) и т. д. Естественно, что ниши растений сильно перекрыты, поскольку у них один тип пищи — «минеральный суп» (почвенный раствор) и углекислый газ. Чем более развито сообщество, тем плотнее «упакованы» ниши входящих в его состав растений, однако сообщество всегда не до конца насыщено видами, а потому, как писал Раменский, флористически неполноценны. Т. А. Работнов доказал это, подсеивая зонтичные растения, казалось бы, в совершенно замкнутые луговые сообщества. Иными словами, степень замкнутости растительного сообщества для поселения новых видов всегда относительна, при определенных условиях природа может «вселить» в их состав новую популяцию, не разрушая сообщества и не

¹ Алексин В. В. Теоретические проблемы фитоценологии и степеведения. М., 1986.

² Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. М., 1980.

³ Подробнее о континууме см.: Миркин Б. М. Что такое растительные сообщества. М., 1986.

Две модели эволюции растительных сообществ. Если сообщества понимать как целостность, то модель выглядит в виде дерева: новые сообщества [C, D, E] могут возникнуть из одного исходного [A] за счет дивергенции (слева). Если же сообщества — лишь условно ограниченные части континуума, эволюционная модель похожа на сетку: из двух исходных сообществ [A, B] континуума могут возникнуть три новых. [По Р. Уиттекеру, 1980 г.] Линии — это отдельные виды растений в сообществах.



«вытесняя» из него уже прижившиеся популяции (хотя возможно внедрение сильного вида и с «вытеснением» более слабого).

3. Процесс дифференциации ниш — результат проявления генетических программ, обуславливающих экологические характеристики видов, результат их отношения друг с другом. Этот процесс протекает под контролем условий местообитания (климата, почвы, уровня грунтовых вод, характера воздействия человека и т. д.) и под влиянием животных, поскольку растительное сообщество — это часть более сложного целого, экосистемы. Отношения видов многозначны — это конкуренция, если виды потребляют один и тот же ресурс, а его количество ограничено; одностороннее образование среды, если один из видов гораздо сильнее другого и тот не может быть ему конкурентом (например, бук и травянистое растение, развивающееся под его пологом); наконец, взаимоотношения типа аллелопатии, когда один вид влияет на другой посредством выделяемых химических веществ-регуляторов, которые могут подавлять или стимулировать развитие других компонентов, но сами регуляторы продуктами питания не являются. Аллелопатические вещества могут передаваться непосредственно по каналу «высшее растение — высшее растение» или через промежуточное звено — микроорганизмы. Влиять могут как прижизненные выделения, так и продукты распада отмерших растительных тканей.

4. Конкуренция в сообществе является в большинстве случаев основным фактором, но поскольку конкурируют сразу много видов, то не формируются какие-то специальные противоборствующие пары, а осо-

би растений конкурируют со всеми соседствующими. Такая конкуренция получила название диффузной. Генетические возможности видов корректируются результатом их отношений, и потому более сильные (разумеется, для конкретных условий) виды получают при захвате ниш преимущество, а более слабые — проигрывают. В результате в природе дифференцируются не фундаментальные (отражающие «потребности»), а реализованные (отражающие «возможности») ниши. Это объясняет многие своеобразные феномены, такие как обеднение состава луговых сообществ при длительном применении минеральных удобрений. Многие олиготрофные (растущие на бедных почвах) виды злаков лесной зоны — душистый колосок, полевица тонкая, трясушка средняя, белоус торчащий, урожайность которых в чистом посеве возрастает при удобрении, оказываются в менее выгодном положении, если удобрять естественный луг, так как и без того сильные эвтрофные (связанные с богатыми почвами) виды, например ежа сборная или пырей ползучий, получают дополнительный стимул и «вытесняют» их из сообщества.

5. Соотношение генетических и фитоценологических факторов при дифференциации ниш различно у разных сообществ. В суровых условиях пустынь главный фактор — генетический: в пустынных котловинах Гоби саксаул и тростник могут расти рядом не потому, что между ними существует какой-то «конкурентный баланс» или проявляется аллелопатическая связь, а лишь потому, что генетические качества обеспечивают тростнику проникновение корней в глубокие горизонты почвы, насыщенные грунтовой влагой, а саксаулу, наоборот, позволяют обходиться

минимальным количеством влаги, имеющимся в поверхностных почвенных слоях. Зато развитие лесных травянистых сообществ обусловлено фитоценоотическим фактором. Например, ясенник, копытень, вороний глаз, осока волосистая и другие виды травяного покрова дубрав растут под влиянием лесного полога: он формирует условия малой освещенности, для жизни в которых специализированы лесные травы. Соотношение роли исходной среды и формируемого в сообществе режима отношений, таким образом, очень различно у разных сообществ. Растительные сообщества — это широкий и достаточно неоднородный класс явлений, и те закономерности, которые выявлены в ельнике с черникой, не годятся для объяснения природы пойменного луга с коостром безостым и лисохвостом или для кукурузного поля.

6. Сообщества различаются не только по соотношению внутренних и внешних факторов организации, но и по устойчивости и эластичности — способности восстанавливаться после прекращения нежелательных внешних воздействий. Есть сообщества, которые без воздействия человека нормально воспроизводятся столетиями и тысячелетиями, но есть сообщества, время жизни которых измеряется годами или даже месяцами. Нестабильные сообщества (их называют серийными) имеют тенденцию переходить в стабильные, называемые климаксовыми. В каждой природной зоне в зависимости от разнообразия почв могут существовать мно-

гие стабильные сообщества, обычно связанные между собой переходными формами. Такие сообщества, как правило, изменяются циклически (например, при пожарах), в них продолжается эволюция видов и т. д. Таким образом, климакс — это не остановка развития, а его особый замедленный вариант.

И серийные, и климаксовые сообщества обладают разной степенью эластичности к факторам среды. Сухой луг, в котором доминируют мятлик узколистый и тип-



Белоцветник весенний в буковом лесу. Сохранить этот вид можно только в сообществе.



Долина нарциссов — типичный пример сообщества, устойчивое существование которого требует ежегодного скашивания.

чак, может выдержать два-три сраживания скотом за один пастбищный сезон и сохраниться в том же состоянии, но видовой состав костровника в пойме речного русла изменится даже после одного интенсивного сраживания зеленой массы. Следы гусеничного трактора в степи незаметны уже через год, но в тундре восстановление исходной растительности требует десятков лет.

Знания перечисленных закономерностей и свойств растительных сообществ поз-

воляют более успешно решать многие природоохранные вопросы. Возьмем один из них — размножение охраняемого вида. Для этого нужна только «привычная» среда, нет необходимости моделировать все естественное сообщество, достаточно создать лишь модель условий, в которых формируется его ниша. Замечу, что размноженный вид можно вернуть в природные сообщества, из которых он выпал; такой опыт имеется в нашей стране, но особо он успешен у наших коллег из Университета им. М. Лютера в г. Галле (ГДР). Всю систему возникающих в сообществе связей, в которых, естественно, участвуют и многочисленные животные (опылители, фитофаги, потребители органического вещества и т. д.), воссоздавать необязательно. В ряде случаев можно еще более упростить задачу, если фундаментальные ниши охраняемых видов очень широки: исключить из такого сообщества сильных конкурентов, которые резко уменьшают объем реализованной ниши более слабых видов. Зная основное требование вида, можно размножить растение, казалось бы, в запретных условиях: например вырастить клюкву — растение сфагновых болот — без сфагнума, на промытом от солей кальция песке. Какой-либо вид травяного яруса дубравы можно размножить под искусственным навесом, а не под сенью липы, дуба или клена, ведь растению безразлично, чем создается режим затенения.



Заросли солодки гладкой, образовавшиеся на изолированном от выпаса участке луга в низовьях Волги.



Умиравшее сообщество тамариска в дельте Волги. Строительство гидротехнических сооружений привело к изменению гидрологического режима дельты и засолению обширных территорий.

ВОССОЗДАНИЕ СООБЩЕСТВ

Куда более сложная задача — перенести в ботанический сад или в район с нарушенной естественной растительностью целое сообщество. Тем не менее есть накопленный положительный опыт по воссозданию довольно близких к оригиналу искусственных копий естественных сообществ. В основе такой работы — знание законов организации и динамики сообществ. Пожалуй, особого успеха в воссоздании копий достигли ботаники В. В. Скрипчинский и Д. С. Дзыбов, работающие в Ставропольском ботаническом саду, научная тематика которого в наибольшей мере соответствует проблемам, обсуждаемым в статье.

В этом ботаническом саду умеют восстанавливать и степи, и даже леса. Степное сообщество воссоздается за один прием — «высеваются» либо раздробленный на мелкие кусочки (размером 1—5 см) дерн, либо... сено⁴. Вероятно, даже многим биологам такие способы покажутся абсурдными, но с фитоценологических позиций они оправданы и поражают простотой. Дерн уже содержит все компоненты сообщества: необходимый запас семян, вегетативные органы размножения — корневища, луковичи, спящие почки на корневых отпрысках и в узлах кушения растений и т. д., семена растений есть и в сене. Д. С. Дзыбов предложил скашивать степную траву в три срока (чтобы захватить время созревания большинства степных растений) и «высевать» полученное сено на лишенную растительности землю. В сене семена дозревают и высыпаются в почву, а само сено создает благоприятный режим ее увлажнения, подобно сохраняющей влагу мульче (мульча — измельченная бумага, торфяная крошка, навоз, солома, перегной, компост, опавшая листва; ею обкладывают корни растений). И наконец, фактором успеха, видимо, является и благоприятный аллелопатический режим, который создают разлагающиеся части растений. Через 3—4 года растения настолько хорошо приживаются, что формируют степное сообщество

с отчетливо дифференцированными нишами. В его составе до 80 % видов целинной степи, степные растения сами «расправляются» с прорвавшимися в сообщество сорными и рудеральными видами. Через 3 года в искусственной степи можно заготавливать сено, чтобы рекультивировать новые площади.

Аналогичный метод воссоздания лесных сообществ используется в США в нарушенных промышленностью землях. Их покрывают тонким слоем лесной земли, в котором содержится необходимый «банк» зачатков, из них и формируется лесное сообщество⁵. Тем не менее этот метод имеет ограничения в эффективности. Меньше ограничений в методе В. В. Скрипчинского, который смоделировал так называемую серию толерантности.

В начале нашего столетия крупный американский эколог Ф. Клементс создал теорию сукцессий как процессов саморазвития растительности в направлении к стабильному состоянию. Клементс считал, что с каждым новым поселенцем условия в сообществе все более и более улучшаются (вспомним ряд зарастания скал: листовые лишайники, кустистые лишайники, мхи, травы, кустарники, деревья), и потому в дальнейшем этот вариант секцессии был назван «моделью стиmulляции». Однако эта модель не носит всеобщего характера: бывает, что сукцессия не сопровождается изменением условий (модель нейтральности), ведет к их ухудшению (модель толерантности) или даже к остановке на «промежуточной стадии» (модель ингибирования). По модели толерантности останки не происходит, но каждый новый входящий в сукцессию вид отличается все большей толерантностью, т. е. устойчивостью к неблагоприятным условиям. Так формируется лес после его сведения в тайге: вначале появляется ольха серая, под ее пологом — более теневыносливая ель, а под полог ели постепенно собираются еще более теневыносливые травы и мхи. Эту модель и использовал Скрипчинский: вначале он высаживал деревья, затем под их полог вводил кустарники и, наконец, когда полог смыкался, — тенелюбивые травы, используя для этого семена и дернины. Таким образом удалось создать на территории ботанического сада буковый, дубовый, березовый, сосновый и даже пихтово-еловый лес с составом травяных и кустарниковых спутников, который близок к природным оригиналам.

⁴ Скрипчинский В. В. Создание лесных формаций, близких к естественным // Воспроизводство, охрана и рациональное использование природных растительных ресурсов. Ставрополь, 1983. С. 22—37; Дзыбов Д. С. Ботанические заказники — источники многовидовых травосмесей для ускоренного воспроизводства ресурсов вырожденных угодий // Там же. С. 38—48; Дударь Ю. А. Регенерационные возможности лугово-степных растений (об использовании дерновок для восстановления природных фитоценозов) // Там же. С. 49—58.

⁵ Farmer J. R. E., Cunningham M., Barnhill M. A. // J. Appl. Ecol. 1982. Vol. 19. № 1. P. 283—294.



Березовый лес, выращенный в Ставропольском ботаническом саду.

ПЕРЕПИСЬ ОХРАНЯЕМЫХ СООБЩЕСТВ

Заповедное дело в нашей стране развито очень широко, ежегодно открываются новые заповедники, заказники, издаются указы об охране памятников природы различного значения и т. д. Публикуются десятки книг с описанием растительности таких охраняемых территорий, но уровень их, прямо скажем, оставляет желать лучшего. Отсутствует какое-либо единообразие в состав-

лении таких переписей и потому ограничены возможности сравнить их с теми эталонами растительности, которые находятся за пределами охраняемой территории. Несмотря на то что в заповедниках работают в большинстве случаев квалифицированные ботаники и местная флора (т. е. список видов) выявлена полностью, типы растительных сообществ выделяются на основании одного-трех эдификаторов, а при их описании произвольно приводится несколько видов. Такие данные не дают полного представления ни о самих

сообществах (их видовом богатстве, количестве видов), ни о закономерностях распространения видов выявленной флоры по сообществам. Поскольку растительность непрерывна и многомерна, при ее расчленении на части, т. е. при установлении типов, неизбежен субъективизм, ограничить который могут только рекомендации, выработанные коллективным опытом и позволяющие достигнуть единообразия в действии. Однако таких рекомендаций не существует, в заповедниках всякий классифицирует на свой лад.

Обычно классификация строится достаточно просто и непосредственно в поле. Всю растительность разбивают на формации по преобладанию одного какого-то вида. При таком подходе не учитывается, что у разных видов совершенно несоизмеримы пределы толерантности к различным факторам среды, потому рядом с формациями «великанами», подобными сосновой (сосна растет и на скалах, и на сфагновых болотах), тростниковой (тростник может образовывать истинные «джунгли» в низовьях степных и пустынных рек и даже расти с саксаулом в пустыне) и пр., оказываются формации «карлики», выделенные на основе преобладания видов с очень узкой экологией (например, формации рогоза широколистного, овсяницы тростниковидной, ковыля узколистного). Приходится «расщеплять» на формации даже те сообщества, в которых одновременно доминируют несколько видов и в которых выделять ведущий вид можно только, оставив без внимания все прочие виды сообщества.

В такой классификации ступенькой ниже формаций стоят ассоциации. Их различают по двум-трем эдификаторам, однако при этом не учитывается, что число сочетаний доминирующих видов сплошь и рядом непомерно велико и, кроме того, в ряде типов растительности их состав меняется в течение одного сезона или в разные по климату годы. Например, Л. М. Сапегин, изучавший динамику 10 луговых сообществ в поймах рек Белоруссии, за 10 лет ни разу не заметил в них повторения состава доминирующих видов. Установленные по таким критериям сотни и тысячи ассоциаций оказываются системой с низкой воспроизводимостью и устойчивостью к помехам. В разные годы или даже сезоны одно и то же сообщество приходится относить то к одной, то к другой ассоциации, а иногда даже к разным формациям.

Но ведь существует международная система классификации на флористической основе, в которой все единицы различаются наборами индикаторных видов. Ее по имени лидера, возглавлявшего работы в этом направлении в странах Центральной Европы

в 20—60-х годах, называют системой Браун-Бланке. Эта система трудоемка, требует составления полных списков (их называют описаниями) видов на учетных площадках, причем таких списков нужны многие десятки. Не менее трудоемка и камеральная обработка данных. При этом если в обработке ученому сегодня эффективно помогать компьютер, то описания в природе специалист должен делать сам, к тому же обязан учесть даже те растения, которые представлены лишь остатками (посещение лугового участка коровами до прихода фитоценологов — довольно обычное явление).

Сторонниками системы создан международный «Кодекс фитосоциологической номенклатуры», его первое издание появилось в 1976 г., второе — в 1986. В основе кодекса лежит требование следовать правилу приоритета (т. е. признания тех типов, которые установлены ранее) и документировать выделяемые типы растительности сообществ в виде специальных таблиц. Каждая выделяемая единица (в отличие от систематики растений, где выделяются таксоны, такие единицы называют синтаксонами) обладает устойчивостью к помехам, так как выявляется не по доминантным видам, а по флористическому составу, который меньше зависит от изменений сообщества в разные годы. Во всяком случае, в любой год развивается достаточное число видов, чтобы опознать ранее описанный синтаксон. Наконец, синтаксоны — тонкие индикаторы условий среды: ведь они отвечают на самые небольшие изменения условий перестройкой структуры и видового состава.

Такую систему классификации успешно используют наши коллеги из стран СЭВ, в последние 5—7 лет она быстро распространяется среди советских фитоценологов: в 1981 г. в Уфе состоялось всесоюзное совещание, появилось много статей и монографий, в том числе и первая советская сводка о результатах применения метода — «Классификация растительности СССР» (1986).

Эта система, казалось бы, специально создана для заповедных территорий, так как нацеливает на полное выявление флоры, позволяет по характеру растительности наблюдать изменение среды, обеспечивает согласование классификаций заповедников, расположенных в одной природной зоне. Тем не менее лишь в отдельных заповедниках используются принципы флористической классификации. Пожалуй, наиболее успешно проведена инвентаризация растительности в строгом соответствии с методом Браун-Бланке в Саяно-Шушенском заповеднике Т. И. Житлухой, в Астраханском — В. Б. Го-

лубом, начаты работы также в Башкирском, Сохондинском и Центральном лесном заповедниках. Создание же «Зеленой книги» растительных сообществ заповедников СССР на основе такой классификации — задача более чем злободневная. Поскольку в заповедниках представлены все основные типы растительности нашей страны, единая классификация растительности заповедников создаст как бы систему опорных точек, самым положительным образом скажется на разработке общей классификации флоры СССР.

Флористическая система в качестве некоего международного фитоценологического эсперанто (подобного системе видов К. Линнея в систематике растений), кроме того, даст возможность использовать ее как маркер экосистем. Экосистемы формируются в первую очередь под влиянием среды — типа почвы (а почва, соответственно, отражает геологические особенности участка и климат) и режима хозяйственного использования. Действие этих факторов раскрывается в определенной временной шкале, так как один и тот же комплекс факторов среды за разное время формирует различные типы состояния экосистемы. Например, на освобождающемся от воды прибрежном участке Аральского моря или на скальной осыпи последовательно сменяют друг друга несколько типов экосистем, различающихся степенью развития почвы, ее растительным покровом, продуктивностью, составом входящих в экосистему растений и животных. И в каждом типе маркерами выступают растительные сообщества. Именно единицы флористической классификации Браун-Бланке наиболее полно отражают условия среды и тем самым как бы предопределяют состав животного и микробного компонентов экосистем. Более того, по системе Браун-Бланке удается предсказать некоторые природные процессы.

Фитоценолог В. В. Корженевский разработал систему оценок процессов, свойственных тектонически активной территории Крыма⁶. Его прогнозы формирования селей, перемещения береговых дюн, динамики осыпей и других небезопасных процессов подтверждаются с вероятностью от 80 до 95 %. По синтаксонам системы Браун-Бланке хорошо оценивается засоление, увлажнение, защебенность почв на пашне, по ним можно определить кислотность, режим внесения удобрений и т. п.

Таким образом, единицы флористической классификации растительных сообществ фактически совпадают с единицами классификации экосистем и потому на охраняемых территориях могут служить для выявления закономерностей распространения фауны и прочих гетеротрофных компонентов экосистем. Пример, достойный подражания, — недавно вышедшая в Чехословакии под редакцией Я. Моравца сводка о растительных сообществах Чехии⁷. В этой сводке для каждой ассоциации, выделенной на флористической основе, указаны степень опасности ее исчезновения и необходимые меры охраны.

О СООТНОШЕНИИ РЕЖИМОВ ОХРАНЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Для тех территорий, которые лежат за границами охраняемых, режим использования и охрана сливаются воедино: нужно охранять, использовать, и использовать, охраняя. Это значит, например, что при использовании пастбищ в основу должен быть положен их строгий оборот, т. е. чередование нагрузки и «отдыха», за время которого растительность, частично нарушенная пасущимися животными, может восстановиться; при заготовке древесины нужно сохранить некоторое количество деревьев, тогда они обеспечат восстановление леса. Но и применительно к охраняемым сообществам сплошь и рядом приходится подбирать режим использования, который их формировал, так как полное снятие на первый взгляд отрицательного воздействия человека вызовет изменения в растительности — может обедниться ее состав, в результате измененные условия существования птиц и других животных станут для них непригодными.

Чтобы определить режим использования охраняемых территорий, нужно знать, насколько устойчивы растительные сообщества. При охране климаксовых лесов использование может быть исключено, хотя и в этом случае есть опасность «переохранить» такие экосистемы. Доказано, к примеру, что периодические пожары так же нужны лесным сообществам, как и осадки, с той лишь разницей, что осадки необходимы много раз в году, а пожары — раз в десятилетия или столетия. Если же в составе охраняемой территории есть серийные сообщества (например, луговые поляны в лесном заповеднике)

⁶ Корженевский В. В., Ключин А. А. Фитоиндикация рельефа возвышенностей Керченского полуострова на примере Казантипа // Эколого-биологическая и фитоценологическая структура растительности Крыма. Ялта, 1986. С. 111—122.

⁷ Moravec J. et al. Rostlinna společenstva Ceske Socialistické Republiky a jejich ohrožení. Litoměřice, 1983.

и их нужно сохранить как пристанище многих видов и стаций животных, такие поляны необходимо ежегодно выкашивать. Если этого не делать, сообщества исчезнут.

Только за счет регулярного сенокоса удается поддерживать уникальную популяцию нарцисса в филиале Карпатского заповедника «Долина нарциссов». В. И. Комендар и В. В. Кричфалуший, изучающие эту популяцию и контролирующие равномерность выкашивания травостоя, отмечают, что в местах, где сенокос не проводился, появляются дружные заросли ив, которые, если этому не мешать, в течение нескольких лет способны заселить луговые пространства и уничтожить вместе с луговыми сообществами популяцию нарцисса.

Сенокосы не менее важны и при охране степных территорий, а чтобы сохранить дерновинно-злаковые сообщества, нужен регламентируемый выпас. Автору этих строк довелось несколько лет работать в Монголии и видеть результаты опытов по изоляции от выпаса степных пастбищ. На таких участках в течение 3—4 лет формировались иные сообщества, нежели в окружающей степи. Поэтому полученные данные о продуктивности и прочих параметрах сообществ были интересны как показатели происшедших изменений, но по этим сведениям нельзя, скажем, предсказать, сколько будет корма на соседних используемых пастбищах. Аналогичные выводы сделал и ботаник В. Б. Голуб, изучавший сообщества сенокосов и пастбищ дельты Волги. Он убедился, что изгороди вокруг эталонных участков быстро превращают их в совершенно новые сообщества — заросли солодки гладкой, которой в используемых лугах обычно мало.

Сейчас охрана растительности рассматривается как очень широкая программа, в которой «задействованы» все сообщества — и созданные природой, и созданные человеком. В ГДР, где интенсивно применяются пестициды, состав сорных трав на полях столь обеднел, что создаются специальные «заповедники для сорняков», в которых сельскохозяйственные культуры выращиваются по старой «доиндустриальной» системе. Фитоценологи ЧССР обеспокоены тем, что резко обедняется состав рудеральных сообществ и исчезают многие характерные сообщества, бывшие традиционными спутниками сельских жителей, например заросли просвирника,

которые формировались на малых сельских дворах.

Кстати, среди фитоценологов, наших коллег в СЭВ (в особенности из ЧССР, ПНР и ГДР), возник прямо-таки «рудеральный бум» — столь велик интерес к новой растительности, которая формируется в результате хозяйственной деятельности человека. Эти сообщества могут быть врагами, если в их составе опасные карантинные сорняки, промежуточные хозяева вредителей сельскохозяйственных растений или виды, вызывающие аллергию у населения. Но во многих случаях рудеральные сообщества весьма полезны: они первыми закрепляются в почве, нарушенной строительными работами, и тем самым препятствуют ее эрозии; в составе рудеральных сообществ много медоносов и ценных лекарственных видов (в том числе таких важных, как пустырник и крапива); многие рудеральные сообщества — источник неплохого сена или силосной массы, причем источник, не требующий средств на посев трав. Наконец, в ряде случаев эти сообщества являются не рассадниками сорняков, а фильтром, который препятствует расселению карантинных сорняков по обочинам полей или незасеваемым участкам вокруг столбов. Оказывается, если такие площади ежегодно не перепахивать, вместо выросших там в первое время полевых сорняков за 2—3 года появляются значительно более устойчивые группировки чисто рудеральных видов, которые не только сами не опасны для посевов, но, будучи сильнее полевых сорняков в конкурентной борьбе, превращают обочины полей в «крепостные стены». Пробриться через них карантинные сорные виды уже не могут.

Таким образом, охранять растения или растительные сообщества совершенно невозможно, если не опираться на данные фитоценологии — не знать о тех факторах, которые обуславливают сочетание популяций в сообществе, и о тех законах, которые управляют стабильностью или динамикой сообществ. Современная фитоценология — развитая наука, в этой статье я коснулся лишь немногих вопросов, полезных природоохранителям. В действительности же нет ни одного положения этой науки о растительных сообществах, которое нельзя было бы применить в теории и практике охраны природы

XIX ГЕНЕРАЛЬНАЯ АССАМБЛЕЯ МГГС

Академик Ю. М. Пуцаровский
Москва

АССАМБЛЕЯ Международного геодезического и геофизического союза состоялась в августе 1987 г. в Ванкувере (Канада). Она проходила в Университете Британской Колумбии и собрала около 4000 ученых из многих стран, что позволяет отнести ее к числу крупнейших научных форумов.

В центре внимания участников ассамблеи были проблемы строения и физических свойств ядра и мантии Земли. Методами сейсмической томографии выявлены крупные неровности на поверхности ядра с перепадами рельефа до 12 км. Предполагается, что они связаны с конвективными процессами. Теми же методами установлено, что под Тихим океаном и Африкой вплоть до границы раздела ядро — мантия, лежащей на глубине 2900 км, прослеживаются зоны пониженной проводимости сейсмических волн, т. е. разуплотнения и, возможно, подъема вещества. Наоборот, под Америкой и Азией существуют зоны повышенной проводимости, а следовательно, — уплотнения вещества и возможно его опускания. Это совершенно новые и весьма важные для дальнейшего развития геологической теории данные. Уместно отметить, что автором этих строк в 1972 г. было сделано заключение о глубокой древности Тихого океана и об относительном постоянстве проявления повышенной энергии тектоносферы в Тихоокеанском сегменте Земли. Данные сейсми-

ческой томографии мантии коррелируют с этими выводами.

Выявлено, что некоторые крупные поверхностные структуры имеют глубочайшие корни, проникающие в литосферу на 400 км (Канадский щит). Для древних щитов вообще характерна мощная литосфера. Под Западной Сибирью также имеется крупная неоднородность, которая прослеживается в глубину на 1300 км. Для усиления развития подобных исследований разработан специальный международный научный проект SEDI (Study of the Earth Deep Interiors — Изучение глубинных недр Земли); его осуществление будет способствовать новым весьма важным для наук о Земле открытиям.

Интересны последние данные о характере границы земной коры и верхней мантии (раздел Мохоровичича) под Канадским щитом: она не горизонтальна, а состоит из наклонных отражающих горизонтов. Можно предположить, что это система глубинных надвигов, предсказанных в отношении границы Мохоровичича советскими учеными еще 10 лет назад (А. В. Пейве). Наклонные поверхности выявлены и под Гренвилем, складчатым поясом, окаймляющим Канадский щит с юго-востока. Это, по-видимому, тоже глубинные надвиги. Оба приведенных факта, как и широкое распространение зон высокой электропроводности в коре, о чем тоже шла речь на ассамблее, подкрепляют позиции развиваемого в Геологическом институте АН СССР учения о тектонической расслоенности литосферы.

Растет интерес к идее образования континентов благодаря «слипанию» сравнительно небольших блоков (так называемых террейнов), мигрировавших на значительные расстояния. Например, согласно этим представлениям, территория Китая возникла за счет столкновения и «слипания» (аккреции) по крайней мере шести блоков и произошло это лишь в позднем палеозое — раннем мезозое. Сторонники этой концепции стремятся выделять террейны и во многих других районах земного шара. Нужно сказать, что, когда такая концепция создавалась (начало 80-х годов), она противопоставлялась тектонике литосферных плит, преподносилась как ее альтернатива. Однако в пределах лежа современных океанов, в частности Тихого, нет убедительных доказательств существования подобных малых блоков-мигрантов.

Исключительный интерес представляют данные космической геодезии о скорости и векторах горизонтального движения точек земной поверхности. Эти параметры предсказываются тектоникой литосферных плит, и в ряде случаев результаты проведенных измерений (хотя их еще очень мало) приближаются к предсказанным оценкам, но иногда противоречат им. Определение реальных скоростей и векторов латеральных движений континентальных или других блоков Земли придает мощный импульс развитию мобилистских тектонических идей, значительно более основательных, чем это имеет место в настоящее время.

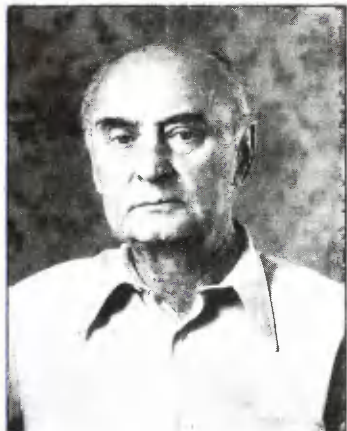
Речь шла также о том, что ряд новых данных о деформации земной коры, и в частности сдвиговых смещениях, не вписывается в рамки традиционной тектоники плит. На ассамблее отмечалось, что наиболее крупные достижения последних лет в области космической геодезии и сейсмической томографии получены американскими, канадскими, западноевропейскими и японскими исследователями.

Следующая XX Генеральная ассамблея МГГС состоится в Вене в августе 1991 г.

¹ См. также: Геотектоника. 1988. № 1. С. 109—111; № 2. С. 123—125.

ЗАТЕРЯННЫЙ

Ю.П.Пармузин



Юрий Павлович Пармузин, кандидат географических наук, специалист в области ландшафтоведения, физико-географического районирования, озероведения. Автор многих работ по этим вопросам, в том числе книг: *Средняя Сибирь*. М., 1964; *Северо-Восток и Камчатка*. М., 1974; *Тундролесье СССР*. М., 1979; *Тайга СССР*. М., 1985.

А. Конан Дойл, выдумав фантастический «Затерянный мир» на недоступном плато, наверняка не предполагал, что подобный существует в действительности — только не в Южной Америке, а на севере Среднесибирского плоскогорья, за полярным кругом, восточнее устья Енисея. Это базальтовое плато Путорана, площадью около 200 тыс. км² и очертаниями напоминающее Румынию. Правда, вместо тропических лесов с мезозойскими чудищами на поверхности плато простирается горная тундра с более молодыми палеоген-неогеновыми реликтами — снежными баранами, необычной, родственной байкальской, озерной фауной, южными формами золотистого рододендрона, сверии и других растений, переживших ледниковые периоды. Но, пожалуй, самое удивительное в этой горной стране — озера. Их 25 тыс. с пресной и очень чистой водой, рыбой, живописными берегами.

Затерянный мир Путорана не так давно был почти неведом и исследователям. В 1954 г. автору этих строк посчастливилось в составе аэрогеологической экспедиции закрывать белое пятно геологической карты в центральной части плато, а с 1968 по 1974 г. руководить экспедицией Лимнологического института СО АН СССР, которая впервые провела комплексные исследования всей площади Путорана — рельефа, четвертичных пород, почв, растительности, климата, рек и, конечно, озер с их отложениями, химическим составом, флорой и фауной. Результаты этих работ убеждают в том, что именно здесь, как, пожалуй, ни в каком другом уголке нашей страны, выпукло проявились законы географической зональности. Ландшафты, сформировавшиеся в разных краях плато, совсем не одинаковы, несмотря на однородное геолого-геоморфологическое строение этой территории.



Замерзшее озеро на окраине плато Путорана.

МИР ПУТОРАНА



ФЕНОМЕН ПУТОРАНСКИХ РЕК

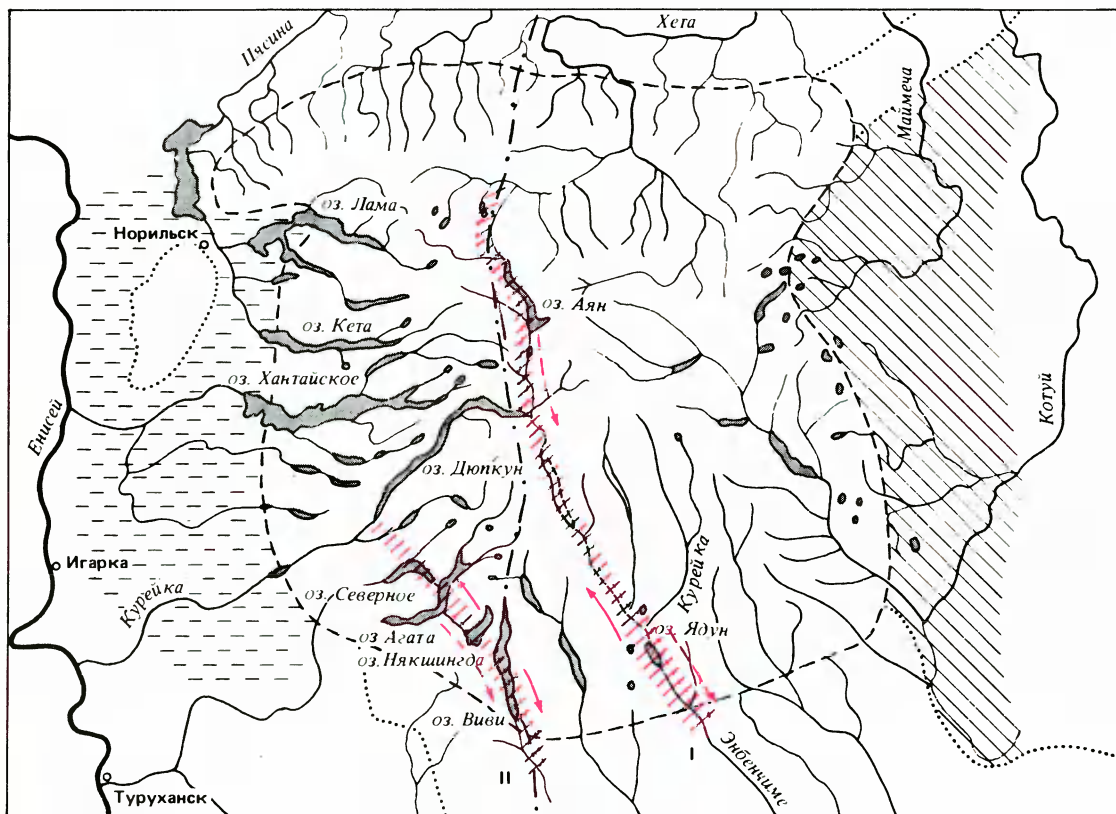
В начале мезозойской эры по трещинам прогибающейся тунгусской синеклизы из недр выплескивалась базальтовая лава. Слой за слоем она покрывала палеозойские осадки. Базальты заполнили самый глубокий северный прогиб синеклизы и лежали там спокойно 180 млн лет. Но около 30 тыс.

лет назад именно этот северный край синеклизы начал подниматься быстрее, чем вся Сибирская платформа. И сегодня скорость его подъема составляет 11 мм в год. В результате базальтовый купол мощностью около 2 км, а длиной и шириной 500 и 400 км возвышается на 1,5—1,7 км над ур. м. А к прилегающим равнинам базальты обрываются чуть ли не отвесными уступами высотой 300—800 м к западу, северу и востоку.

Не выдержав напряжения неравномерного подъема в разных участках, базальты потрескались. От центра плато во все стороны разбежались трещины. В них почти на километровую глубину провалились древние реки. Если раньше они текли в основном на юг, то теперь, покинув разработанные в палеогене долины, повернули на восток, запад и даже север. Следы этой перестройки гидрографической сети сохранились и бы-

ли обнаружены нашей экспедицией. Это широкие древние долины с многочисленными террасами, сложенными речными и озерными отложениями, иногда пересекающие современные водоразделы.

Сегодняшние реки на некоторых участках плато — типично равнинные с покрытым илом дном там, где водотоки не успели пропилить быстро поднимающуюся поверхность. Но большая их часть — быстрые, необычайно



Плато Путорана. Древние долины с современной перестройкой речного стока: I — Эмбенчима-Аянская; II — Виви-Агатская.

Границы:

- Пutorанского базальтового купола
- базальтоносных покровов за пределами Путорана
- западной влажной и восточной относительно сухой ландшафтных провинций

Области широкого распространения:

- термокарстовых озер
- карстовых озер в зоне многолетнемерзлых грунтов

Древние долины

Направление стока рек:

- в раннечетвертичное время
- современное



Аэрофотоснимок оз. Дюлкун, образовавшегося в тектонической трещине. Видны параллельные полосы лавовых покровов, крутые склоны, изрезанные временными водотоками.

живописные, с водопадами и порогами, особенно в тех местах, где они обрываются в трещины. Самая длинная и причудливо изгибающаяся река — Курейка. История этой реки тесно связана с другой древней рекой, которая существовала на Путорана до подъема территории и пересекала почти всю среднюю, самую высокую теперь часть плато. Она начиналась севернее оз. Аян и текла к юго-востоку через современную среднюю часть долины Курейки и речек Ядун и Эмбенчима в бассейн Нижней Тунгуски.

Впервые следы древней реки я обнаружил еще в 1954 г., исследуя широкую долину маленького, больше похожего на ручей Ядуна. Типично равнинное днище реки шириной не менее 2 км изрезали глубокие «язвы» староречий с топким дном, причудливой вязью сложных извивов русла, труднопроходимыми болотами. По обоим бортам долины на 2—3 км тянулись слегка всхолмленные поднимающиеся лестницей террасы из светло-желтых слоистых песков и алевроитов. И это почти на водоразделе горной области, к которому мы двигались против течения Ядуна. Вдруг мы потеряли водоток — пойма была топкой и заваленной валежником, а когда нашли — вода в нем уже текла вперед, по нашему движению. Ну, как тут не удивиться? В одной хорошо разработанной долине две речки текли в противоположные сторо-

ны. На современном водоразделе оказалось оз. Омутачи.

В дальнейшем удалось установить, что в результате неравномерных подъемов трех блоков земной коры древняя река (мы назвали ее долину Эмбенчима-Аянской) разорвалась и распределилась между тремя бассейнами и даже двумя морями: Карским и Лаптевых. К северу, вспять прежнему течению, в бассейн Хатанги, потекла небольшая река Аян — прежний исток древней реки. На участке, несколько отставшем в подъеме от аянского, в древней долине осталась современная средняя часть Курейки, но и она приняла противоположное направление. Здесь наиболее полно сохранились черты прежнего облика широкой (до 10 км) долины с четырнадцатью надпойменными террасами. До высоты 80 м почти все они сложены песчано-алевритовыми отложениями с остатками стволов и шишек ели, пихты, современный ареал которых отстоит на 120—600 км южнее этих мест. На более высоких цокольных террасах (до высоты 550 м) сохранились песчано-галечные отложения.

Иной облик у верхнего отрезка Курейки, бывшего притока древней реки. Это типичная горная река средней величины, текущая в южном направлении. А древняя долина, почти не меняя ширины, продолжается дальше к югу, где ее песчаное днище бороз-



Северная лесотундровая часть плато с останцами базальтов.

дит приток Курейки Ядун, низвергающийся в нее с приподнятого блока коры тремя живописными водопадами.

Тектонические подвижки, перераспределившие сток древней реки, произошли, очевидно, на границе плейстоцена и голоцена, около 10 тыс. лет назад. Они же послужили причиной возникновения двух трещинных озер: Аяна (длина 55 км, максимальная глубина 256 м) и Анамы (длина 50 км, максимальная глубина 120 м). В прежнем русле вблизи современных водоразделов со-

хранились так называемые остаточные озера — Мономакли, Омутачи, Ядун.

Вдоль юго-западной части плато нами была выявлена еще одна более древняя и впоследствии также перестроенная долина реки — Виви-Агатская. Ее террасы, в отличие от песчаных в Эмбенчине-Аянской долине, сложены глинистыми отложениями. И здесь возникли трещинные озера — Виви, Някшингда, Агата, Северное. Из-за последних тектонических движений все эти озера углубились. Почти перпендикулярно их прежним направлениям возникли новые глубокие трещины. Вот почему у озер в этой древней долине угловатые очертания. А на



Обрыв базальтового покрова.

Замерзший водопад.



дне оз. Агата видны лиственницы, стоящие на корню, — свидетели современного углубления.

ОЗЕРА — ЗЕРКАЛО ЛАНДШАФТА

В свое время В. В. Докучаев сравнил почвы с зеркалом ландшафта. Это сравнение применимо и к озерам с той лишь разницей, что они — зеркало не только современных, но и бывших ландшафтов. Озера — ловушки природных условий, аккумулятор воды и ее энергии, растительных и животных организмов, минеральных, химических и органических веществ почв и ландшафтов, характерных для бассейна озера. По озерным отложениям, как по книге, можно прочесть историю изменений окружающих озеро территорий.

Озера на плато Путорана занимают около 10 % его территории. Из 25 тыс. озер более 9,5 тыс. имеют площадь более 0,2 км², 10 — от 50 до 100 км², а 8 — от 135 до 560 км² (при глубине от 60 до 400 м). Хотя на окружающих Путорана равнинах площадь, занимаемая мелководными озерами, достигает 30 и даже 60 %, объем воды в них значительно меньше.

Самые длинные (до 130 км) и глубокие (до 400 м) озера возникли в крупных базальтовых трещинах. Особенно много их в западной и южной части плато. Эти озера — самые большие в Сибири после Байкала и очень похожи на норвежские фьорды, только среди суши. Дно шести озер в западной части Путорана на 40—300 м ниже ур. м.

По внешнему виду первые исследователи отнесли их к ледниковым. Это неверно. Во-первых, ни ледники, ни вода не выпаживают поверхность ниже уровня моря; во-вторых, накануне ледникового периода плато только начало подниматься и базальты еще не были столь глубоко расчленены; и в-третьих, совершенно невероятно, чтобы ледники выработали глубочайшие долины в твердых кристаллических породах, не тронув речных террас и их мощных рыхлых отложений, содержащих остатки растений плиоценового, т. е. доледникового, возраста.

На втором месте по глубине стоят озера, сохранившиеся в прежних руслах крупных рек, покинувших свои долины при перестройке гидросети. Огромное число озер занимают старичные, термокарстовые ванны и впадины в базальтах.

Путоранские озера благодатны для исследования. У них единый субстрат основных кристаллических пород. Это облегчает выявление климатических и химико-биологи-



Аэрофотоснимок участка древней Эмбенчимо-Аянской долины на водоразделе бассейнов Курейки и Нижней Тунгуски с оз. Омутачи (справа) и старичными озерами.

ческих составляющих ландшафта, так как химический состав озерного основания, так сказать, «выносятся за скобки». Все озера здесь проточны, т. е. с быстрым водообменом. Наряду с избыточной влажностью это одна из причин малой минерализации вод — от 13 до 42 мг/л. По сути дела это дождевая вода, как по чистоте, так и по вкусу. Даже вода знаменитого Байкала имеет минерализацию от 93 до 150 мг/л. Но вот цвет воды, в отличие от байкальской, здесь желтовато-буроватый из-за почвенных «красителей» — железисто-алюминиево-титановых соединений. Благоприятен и газовый режим озер. В постоянно холодной воде, как и в Байкале, кислород насыщает всю водную толщу — замороз тут не бывает. Содержание кислорода даже зимой не опускается ниже 8 мг/л при максимуме около 13 мг/л. Но из-за скудной растительности Заполярья и медленного почвообразующего процесса содержание биогенных элементов в озерных водах крайне незначительно, что тормозит развитие жизни в озерах. Так, фосфатного фосфора в них почти нет, а нитратного азота всего 0,03—0,4 мг/л. Бурные реки приносят довольно много кремния (от 2 до 9 мг/л), но при сокращении стока зимой его содержание в воде уменьшается. Весной при увеличении солнечной радиации еще подо льдом кремний усиленно поглощается диатомовыми водорослями.

Плато расположено на перекрестке широтных и долготных природных зон. В его южной части проходит рубеж субарктического и умеренного географического поясов, т. е. главная граница двух ландшафтных типов самого высокого таксономического ранга. Две трети южной части Путорана до высот 750—800 м покрыто редколесьями, а северная часть — лесотундрой. Правда, по долинам рек и на север проникает редколесье, занимающее менее четверти площади. Выше 400 м здесь расположены горные тундры, а на высоте 1200 м они сменяются гольцами — холодными горными пустынями.

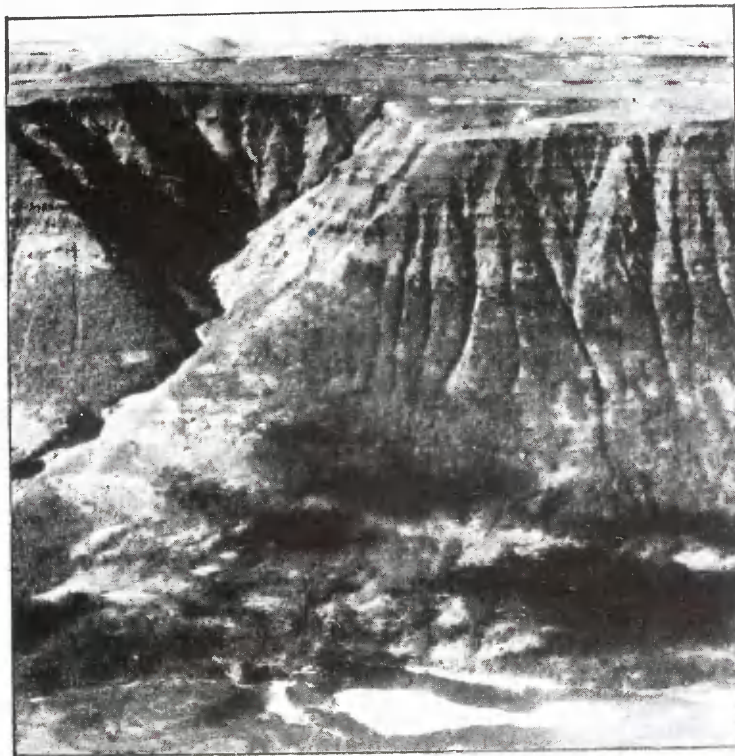
Озера в южной подзоне скованы льдом семь месяцев в году, а в лесотундре — до девяти месяцев. Естественно, что это отражается на ритмах развития и обилии биомассы озер — чем севернее, тем меньше вегетационный период, тем скуднее масса фитопланктона, зоопланктона и бентоса, количество видов и популяций рыб. Так, если в южнотундролесных озерах обитал (во всяком случае, до 60-х годов) осетр, в озерах западной окраины встречается неогеновый бычок-подкаменщик — подвид байкальской каменной широколобки, то в северных озерах таких видов нет. Зато в них сформировал-

ся карликовый вид типичного для всей Субарктики гольца — паллии, масса которого в 3—5 раз меньше обычного. Карлик начинает нереститься в возрасте 4—9 лет, в то время как обычный голец, только достигнув 8—10 лет. В августе карлик приобретает ярко-красную окраску — у обычного гольца такое свойство проявляется крайне редко.

РОЛЬ ДОЛГОТНОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ

Горный рельеф Путорана делает долготную зональность более заметной, чем широтную. Ландшафты, а вместе с ними и озера западной и восточной половин плато, по всем своим компонентам отличны.

Атлантические массы воздуха, проходя с запада на восток в Субарктике, несут основной запас влаги на высоте 300—600 м. Беспрепятственное движение воздушных масс через Западно-Сибирскую низменность резко прерывается почти километровым барьером плато Путорана. Во взмывающем кверху воздухе влага водяных паров быстро конденсируется, выпадают атмосферные осадки, усиливаются ветры. Выплеснувший почти всю влагу на западную треть плато и усмирив-



Обрыв плато Путорана высотой около километра.



ший свой «гнев», воздух движется дальше к востоку с меньшей скоростью и резко уменьшившейся облачностью, особенно восточнее 93—94° в. д. Так, например, с 15 июля по 15 августа 1968 г. в Игарке (западный край Путорана) было всего три дня без дождя, а у нас в Эмбенчине-Аянской долине более полумесяца стояла солнечная и даже жаркая (до +31 °С) погода.

Практическую значимость разницы в атмосферных осадках отметил И. П. Толмачев еще в 1905 г., первым из исследователей пересекавших Путорана в марте месяце. Он писал: «В то время как в долине р. Северной снег по пояс, в долине Котуя его почти нет, и приходится целыми верстами ехать по песку»¹.

Разница климатических показателей западной и восточной части Путорана существенна. Средняя скорость ветра на западе (Норильск) 6,4 м/с, в средней части (Някшингда) 2,2 м/с, а в восточной (Чиринда) 1,1 м/с. В западной части количество атмосферных осадков за год может достигать от 750 до 1000 мм, а у восточного края — всего 300 мм. Если в Норильске никогда

Долина Курейки с высокими древними террасами.

Река в базальтовой трещине.

не отмечались зимние температуры воздуха ниже —60 °С, то в восточных районах плато они нередко опускались до —67°, а в долине р. Тембенчи (юго-восточная окраина) была зафиксирована температура —70° в феврале в период максимального распространения Сибирского антициклона.

Снежный покров в западной части плато ложится рано, до наступления сильных морозов. Сильные осенне-зимние ветры постоянно перераспределяют снежный покров. В долинах и на подветренных склонах наметаются сугробы до 10, а порой и до 15 м. Они становятся надежными теплоизоляторами. Под ними не только не промерзают реки, оставляя полыньи на всю зиму, но и деградирует многолетняя мерзлота грунтов. В результате на прилегающей с запада равнине, в рыхлых грунтах интенсивно идет термокарстовый процесс. Здесь малые озера в протаявших грунтах, как оспой, изрыли широкое пространство между Енисеем и плато. Это благоприятно отражается на грунтовом питании рек и полноводности озер. Зафиксировано, что подземное питание неко-

¹ Толмачев И. П. // Изв. Русск. геогр. об-ва. 1905. Т. 41. Вып. 3. С. 617.

торых рек здесь составляет 35—43 % от годового, что совсем не характерно для Субарктики².

Снежный покров определяет и многолетнемерзлые грунтовые условия запада и востока. Если на западе мерзлота во многих местах изъедена таликами, то на востоке она сплошная и достигает мощности в 400 м. Там талики возможны только под дном крупных озер. Большинство рек вообще промерзает до дна, а водопады становятся ледяными стенами. Толщина льда на озерах восточнее 93° в. д. достигает 1,8—2 м. Сходит он к середине июля, а в лесотундровой подзоне иногда и в августе, чтобы в начале сентября снова покрыть все малые озера. Грунтовое питание рек здесь ничтожно, большую часть речного питания составляют снеговые воды (55—70 % годового). Колебание уровней даже крупнейших озер восточной половины Путорана достигает 4—5 м.

Долготная зональность Путорана проявляется во всем. Для меньшей западной

части плато типичны елово-березовые, березово-лиственничные и елово-лиственничные редколесья. При этом лиственница здесь сибирская или гибридная Чекановского. В средних частях склонов озерных котловин редколесья сгущаются до настоящих лесов в виде узкого 50—80-метрового по высоте пояса. В кустарниковом ярусе обычный спутник лиственницы — береза карликовая. Среди мхов и лишайников встречаются травы. Выше редколесий всегда располагаются ольховник, карликовая береза, полярная ива.

Восточнее же 94° в. д. никаких деревьев, кроме лиственницы даурской (Гмелина), нет. Вместо карликовой березки распространена березка тощая. Наземный покров сплошь покрывают лишайники, мельчают кустарники, а предтундровый пояс ольховника исчезает полностью. В лесотундровой зоне вместо лишайниковых горных тундр, широко распространенных в западной части, чаще встречаются горные дерновинные тундры, напоминающие типичную Арктику.

Однако в речных отложениях Эмбенчине-Аянской долины довольно часто встречаются толстые стволы берез, корой которых мы разжигали костры, значительное количество хорошо сохранившихся еловых шишек, веток и хвои сибирской лиственницы, а также пыльцы таежных растений. Все это — свидетельства былого господства в центральной и восточной части Путорана тайги. Очевидно, тектонический подъем резко ухудшил климатические условия, и тайга здесь в голоцене сменилась лесотундрой.

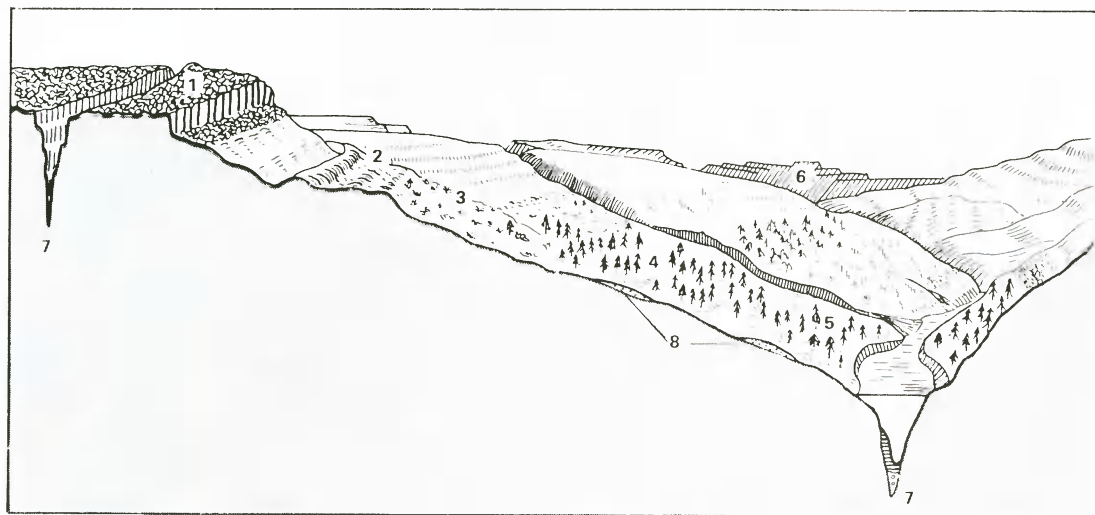
Температурно-климатические различия западной и восточной частей отражаются на биологической продуктивности и ритмах развития жизни в озерах. Так, лежащие на одной широте озера Лама (в западной части) и Аян (в восточной) имеют различную общую массу бентоса (0,6 г/м² и 0,3 г/м²) и различное соотношение населяющих их организмов. Правда, следует учесть и высотную разницу их положения: Аян расположен на 400 м выше Ламы, что в Субарктике имеет немаловажное значение. В восточных озерах почти нет высшей водной растительности, а в западных, особенно на юге, она встречается на мелководьях.

Для западной Ламы характерны: ряпушка, нельма, чир, язь, проходной муксун. В подавляющем большинстве озер восточной части Путорана они отсутствуют. Для восточных озер характерна пелядь, не считая основной массы гольца и сига, обычных для всех путоранских озер.

Немалую роль в распределении ихтиоценозов сыграли палеогеографические факторы. Западная окраина Путорана, как и се-

² Попов Е. А. Средний сток и внутреннее распределение его на территории северо-западной части Среднесибирского плоскогорья // Тр. III. Всес. гидролог. съезда. Вып. II. Л., 1959. С. 217—224.





Ландшафты гор Путорана: 1 — горная арктическая пустыня; 2 — горная тундра; 3 — горная кустарниковая тундра; 4 — густые редколесья верхней части склонов; 5 — редколесья нижней части склонов; 6 — равнинные поверхности базальтовых покровов и ступенчатые склоны; 7 — тектонические трещины; 8 — аллювиальные отложения речных террас.

верная часть Енисея, в четвертичный период заливалась морями. В результате фауна современных озер обогатилась проходными и полупроходными видами рыб. До восточной части уже поднимавшихся возвышенностей моря не доходили, и ихтиофауна оказалась там беднее западной.

Еще большее значение имела тектоническая перестройка гидрографической сети. Средняя часть Эмбенчима-Аянской долины отставала в подъеме от южной и северной частей, отгородившись от них высокими водопадами. Это повлекло относительную изоляцию здешней ихтиофауны. Так, в одном

из самых молодых озер — Анаме — из-за его малокормности (ультраолиготрофности) полупроходная форма муксуна была «вынуждена» превратиться в здешнюю более мелкую (туводную) форму.

Кроме муксуна в Анаме, как и в других озерах, обитает голец — паллия, немногочислен тугун, а вот типичной для Севера и западнопуторанских озер ряпушка нет. А ведь ряпушка — основной корм гольца. Поэтому и анамский голец начал меняться. Если в западных озерах этот хищник нагуливает вес до 10 кг, то в Анаме он редко достигает 1,5 кг.



Озерные отложения в 80-метровой террасе среднего течения р. Курейки.

На приподнятой южной части бывшей почти равнины Эмбенчима-Аянской древней долины, как уже отмечалось, сохранились два остаточных озера — Ядун и Омутачи. Результат не замедлил сказаться на их рыбном населении. Вместо обычного сигово-гольцового комплекса ихтиофауны в этих озерах сохранился, а может быть, и сформировался типичный для равнин окунево-плотвичный. В него входят окунь, плотва сибирская, хариус, налим, голянь, щука.

ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ

Главный фактор, определяющий водность озер и их жизнь, — климат. Однако на него влияют и сами озера. Зимой в глубоких озерных котловинах застаивается холодный воздух. Развиваются температурные инверсии, при которых температура воздуха повышается на 2—2,5° при каждых 100 м подъема над зеркалом воды (льда). Летом же, начиная от схода льда и почти до начала сентября, вода озер холоднее окружающего воздуха. Это задерживает вегетацию растительности, и особенно деревьев, иногда на три недели в радиусе от 300 до 900 м от озерных берегов в зависимости от величины озера. Только при осенних заморозках озеро становится теплее воздуха и начинает отдавать тепло атмосфере. Но оно уже не нужно растениям с опавшими листьями и листовенной хвоей.

Таким образом, путоранские, да и вообще субарктические озера, охлаждают берега в отличие от обогревающих озер умеренной географической зоны. Вокруг путоранских озер формируются концентрические микрозоны мохово-кустарниковых, а не лишайниковых ассоциаций, часто заболоченных, высококочковатых склонов, чахлых и искривленных лиственниц. Здесь даже у западных, более климатически благоприятных озер не встречаются еловые редколесья.

Впрочем, озерный холод ничуть не действует на сухопутных животных. Озера — обиталища массы водоплавающих птиц: разнообразные кулики, утки, гуси населяют озе-

ра летом. Только сейчас, когда Путорана стало часто посещаться геологами, геодезистами и туристами, количество уток и особенно гусей резко сократилось, а лебеди вовсе исчезли. Если в 1954 г. мы еще видели лебедей на многих озерах, то в 1968 — 1974 гг. ни одного из них мы уже не встретили. Только кулики еще сравнительно многочисленны.

У берегов озер гуще, чем на склонах, селятся полевки, а в каменных развалах — пищухи. Там же чаще встречаются горностаи, песцы и лисицы, охотящиеся на полевков и пищух. Северные олени, не ушедшие в тундру летом, также привлекаются озерами из-за окружающих их травостоев. За оленями приходят и волки. Таким образом, озера концентрируют все живое в Субарктике.

Сегодня на всем пространстве Путорана нет ни одной дороги и имеется всего один населенный пункт — метеостанция Агата, приютившаяся на берегу оз. Някшингда, в юго-западной части плато. Зато в западный обрыв плато врываются карьеры кобальтоникелемедных рудников Норильского горно-металлургического комбината. А из-под базальтового панциря выходят пласты каменных углей.

По существу, мало используются водные ресурсы Путорана, их энергетические и рекреационные возможности. Правда, на базе озер Хантайского и Дюпкун созданы первые в мире заполярные гидроэлектростанции, снабжающие энергией горнопромышленный район, быстро развивающийся вдоль западной кромки базальтового плато. На оз. Капчуг действуют санаторий и дом отдыха Норильского комбината. Так что рациональное природопользование этой уникальной территории, можно сказать, только еще начинается. Однако нельзя забывать о том, как ранима заполярная природа. Не случайно уже сегодня обсуждается проект заповедника «Путоранский» площадью 1,6 млн. га, который предусматривает сохранение тундр и редколесий, уникальной флоры и фауны плато.

К 1000-летию



Православная церковь празднует юбилей события, значение которого много шире собственно церковной истории. Оно стало первым в ряду ключевых моментов истории русской государственности, книжной учености и культуры. При взгляде в прошлое, кажется, невозможно представить иную историю Руси, чем та, что началась с принятием христианства, когда ее судьба соединилась с судьбой Европы, с наследием Византии и греко-римской цивилизации. "Святая Русь", "За землю русскую", "Великороссы" — то, что определило отечественное историческое сознание, собрало воедино языческие племена, составившие великий русский этнос, находит свою отправную точку на Днепре 10 веков назад.

В процессе формирования народа действуют разные условия: социально-экономическое развитие, природная среда, окружающие обстоятельства, предшествующая история и многое другое. Но чтобы эти разнообразные факторы смогли соединиться и породить народ, национальное самосознание, выражающееся прежде всего в признании общности судьбы в ее отличии от судеб других народов, требуется жизненный катализатор всего процесса. Для Руси им стало крещение.

Конечно, древнерусское государство рождалось мучительно и долго. После ослабления Киева его столица не могла найти себе места в сумятице междоусобиц и чужеземных нашествий. Возвышались и Новгород, и Суздаль, и Владимир, пока в XV в. устойчивым центром притяжения не стала Москва. Восточные славяне остановили кочевнические орды, закрыв собой культуру европейского средневековья. Страна два века под монголо-та-

КРЕЩЕНИЯ РУСИ

тарским игом, но Европа спасена, а национальное самосознание русов выстояло, хотя развитие государственности и культуры оттеснено с первоначального направления.

Можно бесконечно путешествовать по дорогам и тропам отечественной истории, но все они пересекутся в одной точке, выделяющейся, помимо прочего, в том, что крещение определило и ускорило рождение русской нации и исторически связанных с ней народов. И тем самым принятие христианства стало вехой в уникальном для каждого народа развитии языка и общественного уклада, науки и искусства, педагогики и морали.

При историческом подходе всякий путь предстает как один из возможных. Выбор этого пути историческая наука понимает и объясняет при помощи других дисциплин, изучающих наряду с гуманитарными и естественнонаучные вопросы. В этом номере "Природа" начинает публикацию статей по истории, археологии и этнографии Древней Руси, так или иначе связанных с принятием христианства. В статье О.М. Рапова исследуются спорные вопросы датировки крещения. А.С. Хорошев рассказывает об археологических открытиях в Новгороде, которые позволяют по-новому взглянуть на сложный процесс принятия христианских ценностей. В последующих номерах будут опубликованы статьи В.П. Алексеева и Т.И. Алексеевой об этногенезе восточных славян по данным антропологии, а также статья Вяч. Вс. Иванова, посвященная вопросу о выборе веры на Руси в X в.

КОГДА ХРИСТИАНСТВО



Олег Михайлович Рапов, кандидат исторических наук, доцент кафедры истории СССР исторического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Область научных интересов — социально-экономическая и политическая история Киевской Руси домонгольского периода. Автор монографии: *Княжеские владения на Руси в X — первой половине XIII вв.* М., 1977.

В ЭТИ ДНИ широко отмечается 1000-летие принятия Русью христианства — новой идеологии, оказавшей серьезное воздействие на развитие Древнерусского государства. Однако многие аспекты крещения Руси до сих пор остаются неясными. В частности, сам процесс проникновения христианства на территории, заселенные восточными славянами, не раскрыт в трудах историков. Даже начальная дата официального крещения Руси — 988 г., которая проходит через все школьные и вузовские учебники, вызывает сомнения. Попытаться устранить эти неясности — основная цель этой статьи.

ПРОПОВЕДОВАЛ ЛИ АНДРЕЙ ПЕРВОЗВАННЫЙ У ВОСТОЧНЫХ СЛАВЯН?

Некоторые дореволюционные историки и современные богословы заявляли, что первым распространителем христианства у восточных славян был ученик Христа апостол Андрей¹. Эти авторы опирались на древнейшую русскую летопись — «Повесть временных лет», в которой помещено особое сказание о деятельности апостола Андрея на Руси. В ней говорится, что Андрей из Херсонеса собрался пойти в Рим, причем не ближайшим путем, а окольным: по Днепру и Волхову до Ладожского озера, затем по Балтийскому и Северному морям, Атлантическому океану, Средиземному и Тирренскому морям. Путешествуя по Днепру, он остановился на берегу под горами. Там Андрей сказал сопровождающим его ученикам: «Видите ли горы эти? На этих горах воссияет благодать божия, будет великий город и воздвигнет бог много церквей». Затем он поднялся на горы, благословил их, поставил крест там, где впоследствии возник Киев, и отправился вверх по Днепру. Побывал он и у прильменных славян, «где ныне стоит Новгород»².

Уже в XVIII и XIX вв. некоторые ученые (в частности, В. Н. Татищев) рассматривали это сказание как вымысел. Особенно резкой критике подверг его историк церкви Е. Е. Голубинский. Он указал на то, что сказание о путешествии апостола Андрея к славянам противоречит другому, более древнему тексту, также включенному в «Повесть временных лет» под 6491 (983) г., который гласит, что ни апостолов, ни пророков в Русской земле никогда не было.

¹ См., напр.: Макарий. История христианства в России до равноапостольного князя Владимира как введение в историю русской церкви. СПб, 1846. С. 37.

² Повесть временных лет. Тексты и перевод. Ч. I. М.; Л., 1950. С. 208.

ПРИШЛО НА РУСЬ

О.М.Рапов

Голубинский считал, что автор сказания пытался доказать, что русское христианство ведет свое начало также от самих апостолов, как и у кого бы то ни было³.

С этими доводами нельзя не согласиться. К ним следует добавить еще и то, что христианское вероучение в I в. н. э., при жизни апостола Андрея, представляло собой, по словам Ф. Энгельса, «религию рабов и вольноотпущенников, бедняков и бесправных, покоренных или рассеянных Римом народов»⁴. А славяне (вернее, протославяне) тогда жили первобытнообщинным строем, для которого не характерны нищета и бесправие. Не были они покорены или рассеяны Римом. Поэтому и пропаганда христианства у них не могла иметь успеха. В то время христианство не стало еще интернациональной религией, не было освобождено от националистических пережитков и вряд ли получило широкое распространение среди неиндусов.

Христианская деятельность апостола Андрея использовалась византийской дипломатией в ее борьбе с Римом за церковную гегемонию в Европе. По существовавшему преданию, Андрей, прежде своего брата Петра (основателя римской церкви) призванный Христом к апостольской деятельности, основал в Византии христианскую общину. Это обстоятельство позволило византийским императорам добиться на церковных соборах вначале уравнивания в правах Константинополя с Римом, а затем заставить пятый церковный собор признать главенство константинопольского патриарха над прочими церковными иерархами.

Легенда о миссионерской деятельности апостола Андрея у восточных славян уравнивала русских с византийцами и позволяла отстаивать независимость русской церковной организации от константинопольского патриарха. Голубинский отнес появление легенды к 80-м годам XI в. Но эта датировка вызывает возражение. Если бы это бы-

ло так, то сказание попало бы в первоначальный вариант «Повести временных лет», законченный летописцем Нестором около 1113 г. Но этого не случилось, что видно из записи, сделанной под 6491 (983) г. Следовательно, сказание было внесено в летопись позднее. А. А. Шахматов доказал, что «Повесть временных лет» редактировалась дважды: в 1116 г. Сильвестром, игуменом киевского Выдубицкого монастыря, и в 1118 г. сыном Владимира Мономаха Мстиславом Великим или близким ему лицом. Таким образом, легенда об апостоле Андрее должна была появиться в летописи между 1116 и 1118 гг. Какое политическое событие могло подтолкнуть редактора на ее создание?

В 1116—1119 гг. происходила русско-византийская война. Державы спорили о том, кому должны принадлежать территории, прилежащие к Керченскому проливу, и некоторые дунайские провинции. Византийская дипломатия должна была в период конфликта оказать давление на Русь по церковной линии. Византийские правители всегда рассматривали обращенные империей в христианство народы как своих подданных. Поэтому византийцы могли и должны были привести Владимиру Мономаху «веский аргумент»: раз вы приняли от нас христианство, значит, обязаны нам подчиняться во всех отношениях. В качестве контраргумента возникло сказание о путешествии апостола Андрея к восточным славянам. Легенда вставлялась в летопись вторых. Редактор невнимательно прочел «Повесть временных лет» и не обратил внимания на замечание Нестора, сделанное им под 6491 (983) г. Скорее всего, эта вставка была сделана Мстиславом Великим. В 1117 г. Владимир Мономах вызвал его в Киев и сделал своим соправителем. В силу занятости Мстислава важнейшими государственными делами, ему было, конечно, не до детального изучения летописи.

Из всего сказанного следует, что в настоящее время достоверных свидетельств о миссионерской деятельности апостола Андрея у восточных славян нет. Но когда же все-таки христианство проникает на Русь?

³ Голубинский Е. Е. История русской церкви. Т. 1. Ч. 1. М., 1901. С. 19, 21, 24, 29.

⁴ Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 22. С. 467.

ХРИСТИАНСТВО НА РУСИ В IX В.

Имеющиеся в нашем распоряжении источники свидетельствуют, что первые ростки христианства появляются уже в первой половине IX в. Носителями нового вероучения становятся русские купцы. Арабский географ Ибн-Хордадбех, написавший в 846 г. свою «Книгу путей и государств», отметил в ней: «Что же касается до русских купцов, а они вид славян,— то они вывозят бобровый мех и мех черной лисицы, и мечи из самых отдаленных (частей) страны Славян к Румскому морю, а с них (купцов) десятину взимает царь Рума (Византии)... иногда они привозят свои товары из Джурджана в Багдад... и выдают они себя за христиан и платят джизию (налог.— О. Р.)»⁵.

Это известие о русах-христианах находит косвенное подтверждение в «Житии Константина-Философа», в котором сообщается, что когда создатель славянской азбуки был в начале 60-х годов IX в. в Херсонесе, то обнаружил там «евангелие и псалтырь, написанные русскими письменами, и человека нашел, говорящего на том языке»⁶.

Богослужебные христианские книги не могли попасть к русам случайно, тем более случайно быть переведены на русский язык. Из факта их существования можно сделать вывод, что какая-то часть русов исповедовала в это время христианское вероучение. Вряд ли книги переводились для русов-рабов, живших в Херсонесе. Рабовладельцам чаще всего было безразлично, какую религию исповедовали их рабы. Возможно, книги предназначались для пропаганды христианства среди русской знати, но, скорее всего, они принадлежали купцам. Русские князья и бояре были весьма заинтересованы в торговых связях с Византией, откуда получали многие товары, не производившиеся в стране (шелк, стеклянную посуду, изделия художественного ремесла и пр.). Но византийцы стремились превратить международную торговлю в орудие своей политики. На иностранные товары в империи устанавливались очень высокие пошлины. С некоторыми нехристианами византийцам вообще запрещалось торговать. Греческое духовенство вело пропаганду, направленную против язычников, внушая населению неприязнь к «варварам». Христианам запрещалось вступать в тесные взаимоотношения с язычниками, а торговая

деятельность предполагала тесное общение между собой покупателя и продавца. Русские феодалы должны были что-то противопоставить этому давлению, если они хотели торговать с Византией. Самым результативным было вести эту торговлю при помощи купцов-христиан. Поэтому появление на Руси купцов христианского вероисповедания вполне закономерно.

Тем не менее это еще не позволяет говорить о широком распространении христианства среди жителей Руси. Поэтому так интересны для нас сведения из иностранных и поздних русских средневековых источников о двух массовых крещениях русов в IX в. Одни историки отнесли к ним с недоверием, другие считали, что можно говорить лишь об одном крещении русов, при этом отдавали предпочтение то одной, то другой группе источников, датируя события или началом 60-х или 70—80-ми годами IX в. Вопрос об этих крещениях так и остался невыясненным, а потому сведений о них нет не только в учебниках, но даже в крупных исторических трудах, отображающих древнейшую историю Руси. Тем не менее сегодня можно с достаточной достоверностью определить даты и характер этих событий.

В самом начале 867 г. константинопольский патриарх Фотий обратился к подчиненным ему церковным иерархам с «Окружным посланием», в котором, в частности, говорилось: «И не только этот народ (дунайские болгары.— О. Р.) переменил прежнее нечестие на веру во Христа, но даже и многими и многократно прославленные и в жестокости, и скверноубийстве всех оставляющие за собой, так называемые русы, которые, поработив находящихсЯ вокруг себя и отсюда чрезмерно возгордившись, подняли руки и против Ромейской державы. Но теперь и они переменили эллинское и нечестивое учение, которого держались раньше, на чистую и неподдельную христианскую веру и любовно поставили себя в ряду наших подданных и друзей вместо недавнего грабительства и великой против нас дерзости. И настолько воспламенило их желание и ревность веры... что они приняли епископа и пастыря и с великим усердием и ревностью приемлют христианские верования»⁷.

Некоторые историки пытались доказать, что послание Фотия было написано позднее, но эти попытки потерпели неудачу. Сейчас никто не сомневается в том, что

⁵ Цит. по: Древнерусское государство и его международное значение. М., 1965. С. 384—385.

⁶ Сказания о начале славянской письменности. М., 1981. С. 77.

⁷ Цит. по: Россейкин Ф. М. Первое правление Фотия, патриарха константинопольского. Сергиев Посад, 1915. С. 279—280.

По преданию, во время осады русами Константинополя в 866 г. византийцы опустили в море ризу богородицы (покровительницы города), после чего русские корабли были разбиты бурей. «Чудо» с ризой послужило непосредственным толчком к крещению русов. Фреска XVII в. в церкви Ризоположения [Московский Кремль].



энциклика Фотия была создана именно в 867 г. Но когда же в таком случае произошло обращение русов в христианство?

Некоторые современные историки датируют это событие 860 г., но с этим трудно согласиться. Фотий прямо указывает на то, что крещение русов произошло вслед за обращением в христианство болгар, а те крестились в 864 или 865 г. О том, что русы крестились незадолго от отправки Фотием своего послания, свидетельствует и письмо римского папы Николая I византийскому императору Михаилу III, написанное 28 сентября 865 г. В ответ на угрозу Михаила III завоевать Рим папа писал: «Чего ради свирепствуют люди? Что худого мы им сделали? Конечно, не мы вторглись в Крит, не мы опустошили Сицилию, не мы завладели бесчисленными провинциями, принадлежащими

грекам; не мы, наконец, умертвив множество людей, сожгли церкви святые в окрестности Константинополя почти до самых стен его. И истинно, что тем, кто учинил все сие, никакого возмездия не было, а они язычники (выделено нами.— О. Р.), они люди иной веры, они враги Христа, неустанно враждующие со служителями истины...»⁸

В первой части приведенного отрывка, где говорится о вторжении на Крит, опустошении Сицилии и захвате византийских провинций, речь идет об арабах. Что же касается разрушения окрестностей Константинополя, то это дело рук русов.

Получается, что в конце сентября 865 г., когда Николай I писал свое письмо, русы

⁸ Известия ал-Бекри и других авторов о Руси и славянах. Ч. 1. СПб, 1878. С. 173.

были еще язычниками, а в начале 867 г. уже стали христианами. Следовательно, их крещение произошло между сентябрем 865 и январем-февралем 867 г.

Историки, исследовавшие этот вопрос, опирались на византийские источники, в которых сообщается, что русы крестились после морского похода на Византию. Ими было установлено, что такой поход произошел в 860 г. Поэтому они и притягивали крещение русов к 860 г. Однако Б. А. Рыбакову удалось доказать, что во второй половине IX в. русы совершили по крайней мере три похода на Византию: в 860, 866 и 874 гг., причем первый поход был для них удачным, а остальные неудачными⁹. Это открытие позволяет сузить нашу датировку и увязать ее с русским походом на империю 866 г. Что же произошло в 866 г.?

Весной 866 г. Михаил III выступил в поход против арабов. Его войско недалеко отошло от столицы, когда была получена весть о том, что русский флот движется в направлении Царьграда. Император был вынужден вернуться в столицу. 200 русских кораблей ворвались в залив Золотой Рог и осадили Константинополь. Михаил III и патриарх Фотий всю ночь провели в церкви Богородицы во Влахерне, молясь о спасении города. Утром из хранилища была извлечена риза, якобы принадлежавшая богородице и считавшаяся защитницей Царьграда, и конец ее был омочен в море. И вдруг произошло «чудо»: в заливе началась буря. Многие русские корабли были разбиты волнами о прибрежные скалы. Только немногим из них удалось уйти из Босфора и вернуться на родину. После этого посланцы русов прибыли в Царьград с просьбой о присылке к ним епископа.

По-видимому, первое массовое крещение русов произошло летом или ранней осенью 866 г.

Византийский хронист Георгий Кедрин сообщил, что христианство приняли те русы, которые жили поблизости от «Северного Тавра», т. е. Крымского п-ова. Вероятно, крестились лишь таманские русы, чьи города Русия и Тмутаракань были расположены в Керченском проливе. Непосредственным толчком к крещению послужило уничтожение русского флота в Золотом Роге, которое было приписано воздействию ризы богородицы¹⁰. Русы-язычники должны были рас-

суждать примерно так: раз наши древние боги, несмотря на принесенные им жертвы, не смогли предотвратить несчастья, значит, они не обладают достаточной силой, чтобы противостоять христианскому богу и его матери; следовательно, от старых богов нужно отказаться и приобрести себе более могущественных небесных патронов.

Есть еще одно свидетельство о другом массовом крещении русов в 70-е годы IX в. Византийский император Константин VII Багрянородный написал биографию своего деда Василия I Манедонянина (она дошла до нас в составе Хронографии Продолжателя Феофана — литературно-исторического памятника X в.) В биографии говорилось, что Василий I «посредством щедрых раздач золота, серебра и шелковых одежд» привлёк к мирным переговорам русскую знать и, заключив с русами мирный договор, убедил их принять крещение. К ним был послан архиепископ, назначенный константинопольским патриархом Игнатием. Русы потребовали от архиерея, чтобы он подтвердил могущество христианского бога с помощью какого-либо чуда. Архиепископ положил в горевшую печь евангелие и после того, как печь прогорела, вынул его оттуда. Книга оказалась неповрежденной. Пораженные этим, русы приняли крещение¹¹.

Известие Константина Багрянородного подтверждается другими независимыми источниками, в частности сербским «Сказанием вкратце сущим от Адама до дньшнего времени». А в болгарском переводе Манасийской хроники приведена цветная миниатюра, на которой изображена река, а на ее берегу — архиепископ и русы, принимающие крещение. Над изображением надпись: «Крещение роусом». На полях против описания царствования Василия I болгарский переводчик приписал: «При сем Василии цари крестихуся роуси».

Но когда же произошло это крещение? Василий I и патриарх Игнатий управляли одновременно (первый — государством, второй — церковью) с 23 ноября 867 г. по 22 октября 877 г. Следовательно, и событие это должно было произойти в этот

чтобы затем приписать последствия урагана гневу богородицы на язычников. Во время осады русами Царьграда в 860 г. ризу в море не опускали, тогда, видимо, византийцы знали, что эффекта не будет.

¹¹ Россейкин Ф. М. Указ соч. С. 280—281. В рассказе Константина Багрянородного смущает «чудо» с несгоревшим евангелием. Однако следует заметить, что еще древним египтянам были известны различные огнеупорные составы, которыми можно пропитать или покрыть книгу. Не исключено, что фокус с несгораемым евангелием был задуман в Царьграде с целью поразить воображение язычников.

⁹ Рыбаков Б. А. Древняя Русь. Сказания, былины, летописи. М., 1963. С. 165—169.

¹⁰ «Чудо» с ризой, скорее всего, было организовано византийскими церковниками. Установив по особым признакам приближение бури, они совершили ритуал,

промежуток времени. В 874 г. произошел неудачный поход русов на Византию. В Никоновской летописи под 6375 г. (875 г. антиохийского летосчисления, которым пользовался летописец, как показал Б. А. Рыбаков) говорится: «Возвратившася Асколд и Дир от Царяграда в мале дружине и бысть в Киеве плачь велий. Того же лета бысть в Киеве глад велий...»¹²

Неудачный поход, в котором русы потеряли много воинов, а также, возможно, голод, охвативший жителей Киевской земли, должны были сыграть решающую роль в дискредитации языческих богов в глазах населения страны. Искусная пропаганда византийского архиерея также, вероятно, сильно подействовала на русов и на их решение сменить религиозные убеждения. Таким образом, заключение мирного договора между Русью и Византией произошло между 875 и 877 гг., если, конечно, он не был заключен в 874 г. под стенами Константинополя.

Крещение Киевской земли подтверждается и археологически. Именно в IX в. в киевском некрополе появляется большое число могил с трупоположениями по христианскому обряду, а до этого в Полянской земле безраздельно господствовал языческий обряд трупосожжения.

Ни известие Фотия, ни известие Константина Багрянородного о крещении русов не попали в «Повесть временных лет». Быть может, создателям древнейшей русской летописи они не были известны? Вряд ли! После разделения христианской церкви в 1054 г. фигура патриарха Фотия приобрела исключительное значение. Православная церковь использовала его труды для борьбы с Римом. Наверняка русским митрополитам-грекам было известно его «Окружное послание». Многие византийские и южнославянские хронисты привели на страницах своих произведений свидетельство Константина Багрянородного. Русские летописцы, производившие интенсивные поиски материалов о древнейшей истории Руси, не могли пропустить этого известия. Так в чем же дело?

Дело, видимо, заключается в том, что оба крещения русов в IX в. были связаны с подчинением в той или иной форме Руси Византийской империи. Это был неприятный факт, и упоминать о нем в официальном летописании не следовало, чтобы не дать византийцам повода для притязаний на русские земли. Нужно было сделать вид, что

киевским правителям ничего не известно о массовых крещениях русов в довлاديمировы времена, представить материалы о них выдумкой греческих политиков и хронистов.

Христианство очень недолго в IX в. являлось в Киевской земле господствующей религией. В 882 г. новгородский князь-язычник Олег захватил Киевскую землю и другие русские области. После этого язычество вновь восторжествовало на Руси, как это видно из договоров этого князя с византийскими императорами 907 и 911 гг.

КОГДА НАЧАЛОСЬ ОФИЦИАЛЬНОЕ КРЕЩЕНИЕ РУСИ

Несмотря на то что в княжение Олега на Руси вновь восторжествовало язычество, христиане продолжали жить в Киевском государстве. В «Постановлении о порядке церковных престолов» византийского императора Льва VI Мудрого (886—912) упоминается 61-я русская митрополия, подчиненная константинопольскому патриарху. Правда, известие этого документа не проверяется с помощью иных источников.

В первой половине X в., в правление на Руси князя Игоря, несмотря на то что язычество по-прежнему занимает доминирующее положение, в стране существует сильная и многочисленная христианская группировка. В Киеве имеется ряд христианских церквей и среди них — главная соборная св. Ильи. Русские христиане вместе с язычниками участвуют в выработке условий и заключении мирного договора с Византией в начале 40-х годов X в. Вдова князя Игоря Ольга принимает христианство и, став верховной правительницей, пытается распространить его в стране. Но ее деятельность на этом поприще потерпела неудачу. Пришедший к власти в 60-е годы X в. сын Игоря и Ольги Святослав выступил поборником язычества. В его правление христиане на Руси подверглись преследованиям, некоторые христианские храмы были уничтожены. После гибели Святослава в 972 г. великокняжеский стол занял его старший сын Ярополк. Он, по словам летописца, «любяше христиан» и дал им «волю велику», чем вызвал сильное недовольство со стороны языческого населения. Этим воспользовался сводный брат Ярополка Владимир, захвативший в 978 г. Киев и убивший Ярополка. И вновь на Руси наступила языческая реакция. Владимир стал насаждать культ Перуна и других древних народных богов, подвергать притеснениям и унижениям христиан.

¹² Полное собрание русских летописей. Т. IX. М., 1965. С. 9.



Крещение князя Владимира и киевских дружинников. Здесь и далее — миниатюры из Радзивилловской летописи [XV в.].

Однако языческая религия не удовлетворяла феодальную верхушку Киевского государства. Язычество не только не освящало господство одних людей над другими, но, напротив, толкало угнетенных на борьбу со своими угнетателями. «Примученные» киевскими князьями древляне, радимичи, вятичи периодически восставали против верховных властелинов. Язычество пагубно отражалось на торговых, политических и культурных связях Руси со странами Европы, уже принявшими христианство. По языческим поверьям каждый человек после смерти переходил из земного мира в мир потусторонний, в котором должен был обеспечить себе достойную жизнь. Поэтому на погребальный костер вместе с мертвецом клали убитых во время похорон жену или наложницу покойного, его слуг, домашних

животных, вещи, которыми он владел при жизни. Считалось, что все это вместе с дымом костра перейдет в потусторонний мир и будет служить там умершему. Напрасно уничтожались люди и материальные ресурсы, в приумножении которых был заинтересован класс феодалов. Жрецы в славянском обществе обладали столь большим весом и влиянием, что нередко диктовали свою волю князьям. Язычество тормозило становление и развитие феодального строя, мешало князьям и боярам утвердить свою власть над народом. Его нужно было заменить иной религией. Ни ислам, ни иудаизм, в силу своей специфичности, не могли удовлетворить правящие круги Руси. Больше всего им подходило христианство православного образца, которое декларировало подчинение властителям, сдерживало классовую

борьбу, обеспечивало накопление материальных ценностей, не требовало принесения человеческих и иных жертв, обеспечивало устойчивые связи с большинством европейских стран, и в первую очередь с Византией — самым развитым государством тогдашнего мира. Но принятие христианства от Византии могло повлечь за собой подчинение Руси через церковную организацию, так как главой православной церкви считался византийский император. Только женитьба русского князя на принцессе из императорского дома могла уравнивать его в правах с ромейскими василевсами, которые, впрочем, не были склонны выдавать своих родственниц за «северных варваров». Как же Владимиру удалось решить эту проблему?

«Повесть временных лет» не объясняет читателям, почему Владимира Святославича перестало удовлетворять язычество и он решил поменять веру. Под 6496 (988) г. в ней говорится, что князь осадил византийский город Херсонес (Корсунь). Несмотря на то что горожане изнемогли от осады, они не сдают города. Тогда корсунянин Анастас пустил в русский стан стрелу, на которой было написано: «Перекопай и перейми воду, идет она по трубам из колодцев, которые за тобою с востока». Получив это уведомление, князь по преданию, посмотрел на небо и заявил окружающим: «Если сбудется это — крещусь!» Его воины перехватывают воду, горожане сдают. Владимир отправляет своих послов к византийским императорам Василию II и Константину VIII с уведомлением о взятии им Корсуни и с требованием отдать за него замуж их сестру Анну. В противном случае он угрожает походом на Царьград. Василевсам не остается ничего иного, как отослать Анну к Владимиру. Князь по-прежнему колеблется в вопросе о крещении. И вдруг Владимир ослеп. Приехавшая в Корсунь невеста советует ему: «Если хочешь избавиться от болезни этой, то крестись поскорей; если же не крестишься, то не избудишь недуга своего». Владимир принимает крещение, и происходит чудо: он прозревает. Многие дружинники следуют княжескому примеру. Владимир женится на Анне, возвращается в Киев, где ниспровергает статуи языческих богов и крестит народ в Днепре. Киевляне с радостью принимают крещение, хотя вчера еще были закорецельными язычниками. В том же году происходит крещение жителей других городов и сел Руси, причем без всяких эксцессов¹³.

Этот рассказ вызвал недоверие у уче-

ных. Многие его детали послужили поводом для критики. Было доказано, что корсунский водопровод не мог находиться к востоку от стана Владимира, что осада города изображена человеком, не знакомым с тонкостями военного искусства, что автор рассказа использовал древнее, весьма правдивое сказание о взятии русскими Херсонеса, которое переделал, допустив при этом целый ряд ошибок¹⁴. Скептически отнеслись даже дореволюционные историки к чуду с возвращением зрения Владимиру посредством крещения, к датировке летописцем всех упомянутых событий 988 г., к радости киевлян по поводу перемены веры, к крещению киевлян в Днепре (в более ранних источниках сообщается, что жители Киева крестились в притоке Днепра р. Почайне, которая в X в. ближе подходила к городу, чем Днепр). Автор летописного рассказа пытался выпятить фигуру Анастаса-корсунянина и изобразить крещение Руси в радужном свете.

Иная последовательность событий прослеживается в «Памяти и похвале князю Владимиру» Иакова Мниха. Это литературное произведение было создано спустя 60—80 лет после крещения Руси, на несколько десятков лет раньше летописного рассказа. Его автор, как и летописец Нестор, утверждает, что князь Владимир крестился в 988 г., но не после взятия Корсуни, а за два года до этого события. Захват русскими Корсуни он датирует 990 г. А ведь именно после взятия Херсонеса и начался процесс обращения народов Руси в христианство. Можно ли установить, чья датировка событий более верная — Нестора или Иакова Мниха? Можно! О взятии русскими Херсонеса писал и византийский хронист конца X в., современник событий, Лев Диакон. Он сообщил, что захват Херсонеса «предвещала хвостатая звезда», видимая вначале по утрам на северо-востоке, а затем по вечерам на северо-западе, «не имевшая постоянного места на небе», которую наблюдали в Византии, Египте, Армении и Китае, возникшая на небосклоне спустя несколько месяцев после знаменитого сражения при Авидосе (оно четко датируется 12 апреля 989 г.). Этой «звездой» была комета Галлея, причем характер ее появления и прохождения в 989 г., как установили ученые, не отличался от характера и прохождения в 1531 и 1682 гг. Таким образом, Лев Диакон свидетельствует в пользу правильности приведенной Иако-

¹⁴ См., напр.: Бертъе-Делагард А. // Изв. Отдел. русск. яз. и словесности Академии наук. 1910. Т. XIV. Кн. 1. С. 264—271.

¹³ Повесть временных лет. Ч. 1. С. 274—280.



Византийские императоры уговаривают свою сестру Анну вступить в брак с князем Владимиром.

вом Мнихом даты взятия русскими Корсуня и точности его хронологического построения.

Привлечение древних и доброкачественных известий армянского летописца конца X — начала XI вв. Степаноса Таронечи, арабского историка начала XI в. Яхьи Антиохийского, житийного сказания о взятии русами Корсуня и некоторых других позволило восстановить подлинный ход событий, происходивших как в Византии, так и на Руси в 80—90-е годы X в.

Эти известия свидетельствуют, что крещению Руси предшествовали следующие события. В 80-е годы X в. Византия оказалась в сложном положении. Полководец Варда Склер поднял восстание, которое было подавлено с большим трудом. Затем дунайские болгары нанесли византийской войску тяжелое поражение и сбросили с себя иго ромеев. Арабы захватили ряд областей, принадлежащих империи. В ряде армянских и греческих городов произошли выступления жителей против византийской администрации. Страну охватила засуха, сопровождавшаяся неурожаем и голодом. В сентябре 987 г. поднял восстание полководец Варда Фока, движение которого приняло исключительный размах. Мятежник осадил Царьград. Императоры Василий II и Константин VIII, будучи не в состоянии собственными силами справиться с Фокой, обратились за помощью к князю Владимиру.

В 988 г. между Русью и Византией был заключен договор, по которому Владимир должен был оказать василевсам немедленную помощь войсками, а те обязывались выдать за него замуж свою сестру Анну и прислать к князю миссионеров для креще-

ния народа после подавления мятежа Фоки. В том же году, согласно известию Иакова Мниха и летописи, Владимир крестился. Крещение было тайным, так как не было уверенности в том, что византийцы выполнят взятые на себя обязательства.

Русские войска помогли императорам одержать победу над Фокой. После 13 апреля 989 г. возникла благоприятная ситуация для приезда принцессы на Русь. Владимир выступил к днепровским порогам, чтобы обеспечить безопасный проход каравана невесты через место, где на путников нападали печенеги. Однако караван царевны в днепровских водах так и не появился. Владимир понял, что он обманут византийцами. В ответ на это вероломство он осадил Херсонес и после 9-месячной осады и перехвата им подземного пути, по которому доставлялись пища и вода, овладел городом в апреле 990 г. Затем он потребовал от василевсов выполнения условий договора 988 г., угрожая в случае отказа напасть на Константинополь. Императорам пришлось выслать к Владимиру в Корсунь Анну и сопровождавшее ее духовенство. Чтобы заставить своих дружинников принять христианство, Владимир пытается воздействовать на них с помощью чуда. Он внезапно «теряет» зрение, а потом «чудесно прозревает» благодаря имитации крещения. Чудо сыграло свою роль: часть дружинников принимает христианство. В Корсуне князь женится на Анне. В июле 990 г. русское войско возвращается в Киев. Князь крестит своих сыновей и некоторых вельмож. По его приказу разоряются языческие капища, подвергаются надругательствам статуи языческих богов. Многие знатные люди принимают крещение, но



основная масса населения плохо поддается уговорам миссионеров и медлит с принятием христианства. 31 июля Владимир посылает по городу своих бирючей, которые объявляют княжеский указ: явиться завтра утром на реку Почайну для свершения обряда крещения. Неявившимся князь угрожает своей немилостью.

1 августа 990 г. в пятницу (в древности по пятницам запрещалось работать, можно было лишь торговать) происходит массовое крещение киевлян. Многие жители столицы шли креститься с неохотой, другие бежали в пустыни и леса, не желая расставаться со старыми верованиями.

В том же году крестили жителей Новгорода Великого, которые оказали вооруженное сопротивление миссионерам. В 990 и в последующие годы происходило насаждение христианства в других областях Руси. Источники свидетельствуют, что всюду крещение проводилось с помощью дружинников, население оказывало сильнейшее противодействие этой акции.

Почему летописец пометил начало официального крещения Руси 988 г., а не 990 г.? По-видимому, он поверил источнику, согласно которому Владимир крестился после захвата Корсуня. А поскольку ему, как и Иакову Мниху, было известно, что Вла-

димир принял христианство в 988 г., то он и взятие Корсуня, и крещение киевлян (и вообще всех русских) датировал этим годом. Не желая компрометировать князя Владимира и православную церковь, летописец умолчал о негативных явлениях, имевших место во время крещения.

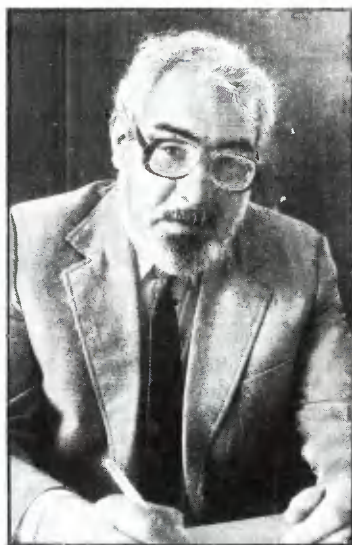
Подведем итоги. Христианство начинает проникать на Русь уже в первой половине IX в. Во второй его половине происходят два массовых крещения жителей Руси. Однако в княжение Олега наступает языческая реакция, которая продолжается несколько десятилетий. Несмотря на то что в X в. на Руси существуют христианские общины, язычество продолжает занимать главенствующее положение. Все же поступательный ход истории настоятельно требует замены старой, изжившей себя религии новой, более подходящей феодальному строю. В 988 г., воспользовавшись затруднениями Византии, князь Владимир добивается согласия на брак с принцессой Анной и принимает христианство. Впрочем, женитьба на принцессе стала возможной только спустя два года, что и предопределило начало официального крещения Руси в 990 г.

ХРИСТИАНИЗАЦИЯ РУСИ

А.С.Хорошев

Вытеснение языческой религии религией христианской — это одна из удивительных революций, выяснение причин которых всегда будет занимать мыслящего историка.

Гегель



Александр Степанович Хорошев, доктор исторических наук, старший научный сотрудник кафедры археологии исторического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Заместитель начальника Новгородской археологической экспедиции. Область научных интересов — археология, история и историография Новгорода, история русской церкви. Автор монографий: Церковь в социально-политической системе Новгородской феодальной республики. М., 1980; Усадьба новгородского художника XII в. (совместно с Б. А. Колчиным и В. Л. Яниным). М., 1981; Политическая история русской канонизации (XI—XVI вв.). М., 1986 (защищена в качестве докторской диссертации).

ВВЕДЕНИЕ христианства на Руси не следует рассматривать как одноактное действие, связанное с чудесным прозрением киевского князя Владимира. Усвоение новой религии представляло собой длительный и многотрудный процесс. Проникновение христианства в среду славян началось задолго до того, как оно стало государственной религией, а окончательное укрепление новой религиозной доктрины на Руси произошло спустя столетия после официального крещения. Однако нет оснований преуменьшать значение «крещения 988 г.» События, связанные с владимировым крещением, послужили серьезным качественным сдвигом в переустройстве религиозной жизни страны.

Новое мировоззрение, новая для Руси культура формировались не на пустом месте. «Греческое христианство застало в 980-е годы на Руси не просто деревенское знахарство, а значительно развитую языческую культуру со своей мифологией, пантеоном главных божеств, жрецами и, по всей вероятности, со своим языческим летописанием 912—980 гг.»¹ Славянское язычество было древней религией с ярко выраженной этнической окраской. Христианство, введенное Владимиром Святославичем в качестве государственной идеологии, стало религией надэтнической. Христианство и славянский политеизм были идеологическими и социальными антиподами, что обусловило острое столкновение разных по своему характеру комплексов идей. Акт 988 г. обеспечивал в этом столкновении победу христианства и одновременно обречал язычество, лишенное государственной поддержки, на безусловное поражение. Однако между политическим актом, внедрявшим новую религию, и практической ее реализацией, закрепленной мировоззренческим поворотом, пролегла дистанция огромного размера.

Перед великокняжеской властью и церковными иерархами встал дилемма: действовать ли открыто против укоренившихся в быту славян форм религиозного поведения и языческих культовых традиций или приложить усилия к их ассимиляции, придав им христианскую догматическую форму. Был избран второй путь, и не только потому, что этот путь гарантировал наименьшее сопротивление, но и потому, что язычество, даже отвергнутое, представляло собой могущественную идеологическую док-

¹ Рыбаков Б. А. Язычество Древней Руси. М., 1987. С. 5.

ПО АРХЕОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ

трину. Язычество коренилось в основах народной жизни, его представления и ритуально-бытовые формы давно приобрели силу прочной традиции, христианство же прививалось народу извне и в значительной степени насильственным путем. Христианство должно было преодолеть сложившийся естественным путем строй верований и ритуальных форм, а это всегда процесс трудный и длительный.

Расстановка идеологических сил, санкционированная великокняжеской властью в конце X в., реализовалась своеобразно.

Изображение христианского миссионера на донце берестяного туеса. Новгород, середина XI в. Крест и топор свидетельствуют о часто насильственном распространении христианства на Руси.



Вынужденные вступить во взаимодействие, христианство и язычество видоизменялись. Складывался принципиально новый, подвижный тип мировоззрения — православно-языческий двоеверный синкретизм. Именно в ситуации двоеверия происходила перестройка общественного сознания, осуществлявшаяся под планомерным давлением идеологов нового мировоззрения.

Двоеверие утвердилось в древнерусском обществе «сверху донизу», охватывая практически все социальные слои. Княжеско-боярская среда, ремесленники и торговые

Збручский идол из святилища Богит. IX в.



люди, вольные земледельцы и холопы — все они, сталкиваясь с православием, становились в большей или меньшей степени двоеверами: «... христианизация медленно шла из городов по деревням и весям и, проникая в толщу народных масс, сливалась со старым, привычным образом мыслей и чувств... это была одна синкретическая вера, являвшаяся результатом претворения христианства в русской народной среде, иначе — его обрусение»². Придя в чуждую культурно-мировоззренческую среду, в общество, где велика еще была роль пережитков родоплеменных воззрений, христианство неизбежно изменялось, приспособляясь не только к остаткам традиционного уклада и миропонимания, но и к конкретным условиям того или иного княжества, общественной группы.

Постепенное размывание мощного пласта родоплеменных пережитков в период раннего средневековья наиболее зримо фиксируется археологическими материалами, значимость которых для реконструкции повышается из-за информационной скупости древнерусских литературных памятников, тщательной цензуры текстов церковными редакторами. Археологический материал в этих условиях не только существенно дополняет историческую картину, но и цементирует разрозненные исторические факты. Ценность археологии при сравнении с другими видами источников проявляется в двух существенных аспектах: во-первых, археологический материал фиксирует масштабность процесса христианизации, охватывая все слои населения и различные регионы Руси, и, во-вторых, данные археологии динамичны, отражают разный уровень соотношения христианства и язычества во времени и пространстве (тогда как сведения письменных источников статичны и отражают наличие пережитков язычества на момент их составления).

Наиболее выразительно это положение выявляется при обращении к материалам древнерусских курганных могильников. Обычай сооружать курганные насыпи для погребений получил повсеместное распространение в лесной и лесостепной полосах славянского расселения с VI—VII вв. и обусловлен языческими представлениями. Древним погребальным ритуалом славян было сожжение трупов. Описание славянских погребальных обычаев изложено в «Повести временных лет»: «И аще кто умряше — творяху тризну над ним. И по семь сотворяху



Привеска, изображающая древнерусского бога Перуна. Новгород, XII в. Многие его черты были перенесены русами на христианского святого Илью.

краду велику и возложяху на краду мертвеца и сожжяху и. Посемь, собравше кости, вложяху в судину малу и поставляху на столпе на путях, еже творять вятичи и ныне»³.

Посмертная кремация была глубоко связана с языческим мировоззрением ранних славян и уходила корнями к индоевропейскому огнепоклонству. Сжигая умерших, славяне исходили из твердого убеждения, что огонь очищает все, что погребальный огонь уничтожает саму смерть.

В конце IX—X вв. начинается постепенная смена погребального обряда: наряду с трупосожжением появляется трупоположение. При этом курганный обряд погребения сохранялся и не претерпевал каких-либо изменений. Анализ курганных погребений вполне определенно свидетельствует, что переход от кремации к ингумации в IX—X вв. никоим образом не был связан с христианской религией. Восточнославянские курганные могильники этого времени были языческими кладбищами.

Только с началом XI в. связаны первые бесспорные свидетельства внедрения христианства в массу восточнославянского населения.

³ Повесть временных лет. Тексты и перевод. Ч. 1. М.; Л., 1950. С. 13.

² Греков Б. Д. Избр. тр. Т. II. М., 1959. С. 416.

ния. При этом процесс христианизации затронул первоначально лишь население крупных городов. Исчезают городские курганные некрополи, появляются нательные кресты и иконки, ширится храмовое строительство. Если для конца X — начала XI вв. можно уверенно говорить о церковном строительстве только в таких центрах, как Киев, Новгород, Чернигов, Тмутаракань и, вероятно, Переяслав Южный, то во второй половине XI в. было воздвигнуто еще 18 церквей в семи городах (в Киеве — 8, в Переяславе Южном — 5 и по одной в Вышгороде, Новгороде Северском, Смоленске, Полоцке и Новгороде). Примечательно территориальное размещение церквей. Основная их масса концентрируется в южнорусских землях, где находились такие крупные центры христианства, как Киев и Переяслав — первая резиденция русских митрополитов.

В XII в. христианизация городского населения ускорилась, подкрепляясь политическими изменениями на Руси: единое Древнерусское государство расчленилось на ряд отдельных земель и княжеств. Политические силы на местах озаботились идеологическим подкреплением своей власти. Христианство уверенно шагнуло в городской быт. Церковная символика проникает в быт горожан в орнаментике утилитарных предметов: на

рукоятях ножей, перстнях, деревянных ложках, в женских украшениях, на жуковинах и т. п. Активизируется церковное строительство. На протяжении XII — первой трети XIII вв. было возведено 180 церквей в 28 русских городах. Существенно, что более 100 церквей этого периода приходилось на северные районы Руси. Причем, если на первом этапе христианизации храмовое строительство было прерогативой княжеской власти, то в XII в. появляются и посадские церкви.

Пережитки язычества более прочно удерживались в среде деревенского населения Древней Руси. Церковь в XI—XII вв. еще не проникла в русскую деревню и не могла заметно влиять на мировоззрение сельского жителя. Даже в южнорусских землях курганные захоронения XI—XII вв. все еще являются массовыми, что не дает оснований говорить о широком распространении христианства в среде деревенского населения. Положение рук погребенных и значительный вещевой материал указывают на языческий характер этих курганных труположений. Находки крестиков в южнорусских курганах XI—XII вв. малочисленны, а их местоположение на погребенных свидетельствует о том, что они использовались в это время не как христианские символы, а как украшения. Исчезновение обычая сооружать курганные насыпи в южнорусских землях датируется рубежом XII—XIII вв., что является показателем христианизации сельского населения. Одновременно появляются погостские церкви, символизирующие победу православия в среде деревенского населения.

В северной зоне языческий обряд захоронения бытовал в течение всего XIII в., однако во второй половине XII в. здесь наблюдаются существенные изменения в курганной обрядности (исчезновение ритуальных костров, захоронение в могильных ямах, отказ от захоронения вещей, увеличение находок нательных крестиков), что, безусловно, отражало воздействие христианства. Лишь к концу XIII в. наблюдается почти повсеместное исчезновение языческого обряда погребения.

Победа христианства в среде древнерусского населения в какой-то степени была обусловлена поражением Руси при нашествии батыевых орд. «Иноязычная» рать не только разорила города, но стерла на своем пути сельские поселения, поработила деревенское население, в среде которого сохранялись языческие элементы восточнославянского мировоззрения. Во многом успех христианской пропаганды в условиях господства Золотой Орды объясняется



Языческая маска. Новгород, XII—XIII вв. Такие маски употреблялись во время празднеств, восходящих к культам древних божеств.



Золотое рясо. XII—XIII вв. Лунарные и круго-крестовые солнечные знаки на нем отвечали вкусам русских двоеверок.

отличалась от Западной Европы. Однако господство теологии не было на Руси абсолютным. Христианизация не означала полного разрыва с традицией народного язычества. Дохристианское мировоззрение продолжало составлять в русском средневековье тот особый культурный пласт, который противостоял официальной культуре, вырабатывал особую точку зрения на мир и особые формы его образного отражения⁵. Народная языческая культура была источником мирского начала в культуре средневековья.

Чтобы наглядней представить степень влияния язычества на культуру обращенной в христианство Руси, обратимся к искусству, к тому его разделу, который наиболее ярко воплощает языческое начало, — предметам прикладного искусства.

Предметы художественного творчества средневекового ремесленника составляют обширную и многоплановую коллекцию. Точно датированные археологические находки дают возможность осознать тот развитой и разнообразный быт общества, на фоне которого сглаживается контрастность жемчужин — памятников средневекового искусства и, главное, выявляются их генетические корни. Находки, извлеченные археологами из небытия, поражают сочетанием красоты и утилитарной целесообразности. Массовые, обыкновенные предметы обихода горожанина — чашки, ложки, ковши, лавки, столы, гребни, хомуты, коромысла, замки, ножи, железные накладки, прялки, корабельные уключины, санные грядки и копылья, детские игрушки, шахматы — выразительны изысканностью формы, выверенностью пропорций, лаконичностью. Городские ремесленники располагали не только суммой технических знаний и технологических приемов, удачно применявшихся в процессе производства, но и особым чувством фактуры материала. Прикладное искусство, характерное для массового ремесленного производства, демонстрирует образцы поэтического осмысления окружающей природы, характеризуют ту благодатную почву, на которой расцвел художественный талант русских творцов средневековых шедевров.

При этом особое значение приобретает орнаментика бытового материала, наглядно демонстрирующая давние и прочные традиции, многократно закрепляемые в последующих поколениях. Примечательны в этом отношении два обстоятельства. Во-первых, языческая по своему происхождению орна-

жесткостью воззрений язычества, которые исключали средства утешения. Христианство, напротив, располагало богатейшим арсеналом подобных средств.

Итак, потребовалось три столетия, чтобы христианство, признанное государственной религией в конце X в., вошло в сознание народа, превратилось в господствующую идеологическую доктрину на Руси. При этом за три века обе мировоззренческие системы — и христианство, и язычество — претерпели существенные изменения. Христианство продемонстрировало гибкость идеологии, ее способность к адаптации, язычество — жизнестойкость. Естественно, что мировоззрение средневековой Руси было теологическим, когда «церковная догма являлась исходным пунктом и основой всякого мышления»⁴. В этом отношении Русь ничем не

¹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т. 21. С. 495.

⁵ Бахтин М. М. Вопросы литературы и эстетики. М., 1975. С. 487.

Амулет-змеевик — наиболее выразительный памятник русского двоеверия. Новгород, XII в. На лицевой его стороне — изображение христианского святого, на оборотной — языческая змеиная символика.



ментальная символика утилитарных предметов городских ремесленников дохристианской поры не только не исчезает с крещением Руси, но обогащается новыми формами и вариациями, демонстрируя динамику культурных традиций древнерусского ремесла. Во-вторых, стилевое смешение, нарушающее древнерусские художественные каноны, начинается не с внедрением византийских культурных традиций в глубь древнерусского общества, а характерно для периода уже сравнительно развитой христианизации — середины XII в. Замечая для атеистической пропаганды идея «омертвляющего влияния» христианизации на культурный прогресс восточнославянского общества при всей ее выразительности неприемлема, поскольку здесь воздействовали иные исторически обусловленные факторы. Поступательное развитие производительных сил древнерусского государства неизбежно вело к резкой дифференциации и специализации ремесленного производства для обеспечения растущих потребностей рынка периода развитого феодализма⁶.

Одновременно с технологическим упрощением почти ликвидируется внешняя художественная выразительность ремесленных изделий. Однако, при всем росте упрощенной ремесленной продукции, приемы эстетического оформления утилитарных предметов сохранились в народном быту, причем не только у мастеров средневековья, но и в русских кустарных промыслах новейшего времени.

Археология предоставляет бесценный

материал для характеристики синкретизации древнерусских художественных традиций с культурными нормами византийского искусства. Впрочем, процесс этот христианизация Руси не открыла, он вообще характерен для давних контактов восточнославянского общества с античностью. Крещение только усилило процесс синкретизации, придав ему новые формы и ускорив его идеологическим воздействием. Следует, однако, подчеркнуть, что при всем давлении церкви процесс вживания христианской культуры протекал достаточно болезненно и занял не одно столетие. Это объясняется различием художественных критериев славянских традиций и византийской церкви, унаследовавшей не только античные эстетические нормы, но и впитавшей восточносредиземноморские полиэтнические формы, чуждые древнерусскому населению. Если двоеверие выразительно характеризует идеологию господствующего класса раннехристианского общества Киевской Руси, то быт народных масс сохранял элементы дохристианских традиций значительно прочнее, демонстрируя связь с язычеством.

Из множества бытовых предметов средневекового горожанина остановимся на одной категории — «оберегах», для которых характерны распространенность, особая выразительность художественной символики и разнообразие материала изготовления (дерево, цветной металл, кость, камень). Прекрасным примером христианско-языческого двоеверия являются иконки-обереги, которые по характерной змеиголовой композиции на оборотной стороне получили название «змеевики». Лицевая сторона их была вполне благопристойной: здесь изображался христианский сюжет, сопровождаемый

⁶ Колчин Б. А., Янин В. Л. Археологии Новгорода 50 лет // Новгородский сборник. 50 лет раскопок в Новгороде. М., 1982. С. 90—91.



Обереги — символы благополучия и защиты. Каждый символ оберега означал определенный аспект счастливой судьбы. Слева направо: птица; рысь; птица с привесками-бубенчиками; клык и позвонок зверя. XI—XIII вв.; птицы, украшенные языческой символикой.

надписью. Значительно интереснее оборотная сторона змеевиков, прилегавшая к груди владельца и невидимая для окружающих. Здесь господствуют два сюжета: отрубленная голова горгоны Медузы со змеями и змееногая богиня. Змеевики встречаются только в больших городах, и, несомненно, связаны с княжеско-боярскими кругами, так как делались не только из меди, но и из серебра и золота. Церковь активно боролась с употреблением оберегов-змеевиков. В антиязыческих поучениях русского духовенства змеевики названы «наузами смрадными», с помощью которых «недуги лечат чарами» и «немошного беса, глаголемого трясею мняться прогоняющи некими ложными письмены». Однако вопреки церковным запретам обереги-змеевики были популярны в городской среде вплоть до XV—XVI вв.

К массовым индивидуальным оберегам христиано-язычников относятся клыки с прос-

верленными для подвешивания отверстиями. Талисманы христианизированного населения являются прямыми потомками амулетов людей каменного века. Зубы зверя должны были отпугивать видимых и невидимых врагов. Подобную функцию, вероятно, выполняли и круглые бубенчики, звук которых отпугивал злых духов.

Наряду с индивидуальными амулетами-оберегами в быту горожан были широко распространены изображения домашних покровителей. Деревянные, изредка металлические божки связывали христианскую Русь с ее языческим прошлым. Традиции объемного изображения — языческие. Для византийского христианства они не характерны. Славянские каменные и деревянные столбы — идолы языческого времени — общеизвестны, сведения о них есть в литературных памятниках. Имеются археологические экземпляры, происходящие из точно датированных дохристианских напластова-

«Комплект»
оберегов с под-
весками.



ческих времен до эпохи «христианского торжества».

Каждый оберег, взятый в отдельности, выражал единичное понятие: птица — семейное гнездо, ложка — благосостояние, ключ — неприкосновенность домашнего имущества, гребень — здоровье. Среди амулетов есть не только благожелательные, но и отпугивающие — модели ножей, топориков, имитация или натуральные звериные клыки. Композиционный набор оберегов «практически» обеспечивал семейное счастье. Аму-

ний. В христианской Руси антропоморфные скульптуры не исчезают. Они сопровождают народный быт и далее, проникая в позднее средневековье. Ритуальное назначение оберегов-домовых определяется также местом их находок. Практический все они найдены внутри развалов жилых домов или надворных построек. Никакой утилитарной функции подобные предметы выполнять не могли.

Безусловно, это языческие идола. Их нужно рассматривать как духов-покровителей семьи или защитников от злых сил. Известны, например, «куриные боги» — защитники от кикиморы, портящей во дворе скотину и птицу. Они могли употребляться в магических обрядах врачевания, поминания родичей и т. п. Характерно, что христианство, внедрив на Руси свой пантеон святых, не смогло уничтожить пантеон языческий. Персонажи последнего были низведены на положение низших божеств, но продолжали пользоваться популярностью у населения. В деревнях до недавнего времени удерживались некоторые двоеверные по своей природе представления, в том числе и вера в лесовиков, полевиков, банников, домовых.

Особую группу оберегов составляют символы семейного благополучия и счастья. Христианская догматика отодвигала идею прижизненного счастья, человеческого благополучия в потусторонний мир. Но природе славянина-язычника такой аскетизм был чужд, поэтому столь прочными оказались идеи жизнелюбия, характерные для язычества. Находки амулетов-оберегов с символами благополучия и защиты семьи пронизывают все средневековые напластования с язы-



Деревянный до-
мовой — персо-
наж «низшей»
мифологии.
Новгород, XII в.



«Громовая стрела» — кремневый наконечник, оправленный в футляр. Новгород, XI—XII вв. Для духовенства такие стрелки были самыми зловредными остатками язычества.

лет — талисман с благожелательными и оберегающими свойствами предназначался «молодым», вступающим в брак, отражая свадебные пожелания.

Примечательно, что с укреплением христианства амулеты нередко дополнялись христианской символикой. Нередко на оберегах, чаще на ложках, процарапывался крест, чем подчеркивалась глубинная идея языческо-христианского синкретизма.

Уникальными памятниками язычества являются архаичные даже для средневековья неолитические орудия — топоры, стрелы, наконечники копий. Многочисленность таких предметов в средневековых напластованиях объясняется тем, что с их помощью средневековые жители «недуги и огненные болезни лечат и бесы изгоняют и знамена творят». Среди этих предметов имеются исключительные по своей выразительности памятники двоеверия: неолитические орудия в оправе с крестом. Крест не отменял магического назначения предмета. «Стрелки и топоры громные» в любом обрамлении воспринимались духовенством как вещь «не-

честивая и басурманская». Применение двойного символа в глазах двоевера усиливало могущество талисмана.

Таким образом, прикладное искусство средневековой Руси было теснейшим образом связано с традициями языческой обрядности и художественно олицетворяло силы природы. При этом подобная связь была настолько генетически присуща русскому человеку, что даже в эпоху, когда старую символику перекрывают новые эстетические принципы, рудименты языческой символики включались русскими мастерами для оживления аскетизма прикладного искусства христианской эпохи, что конкретно свидетельствует в пользу прогресса, динамизма архаических традиций.

Прикладное искусство дает не только конкретный материал для определения характера и интенсивности процесса синкретизации язычества и христианства, но наглядно демонстрирует, что технический и художественный строй бытового искусства в древней Руси был создан еще до принятия христианства. К концу X в. древнерусское прикладное искусство пришло с большим запасом художественных образов, со своими техническими и конструктивными приемами, что в конечном итоге не только способствовало интенсивному восприятию русским обществом достижений византийской культуры, но и оказало определенное воздействие на ее обогащение традиционно славянскими элементами. Только большая, накопленная веками культура восточных славян делает понятным блестящее развитие древнерусской каменной архитектуры, высокий уровень художественной выразительности, достигнутый древнерусской живописью.

Следовательно, византийская культура не являлась тем единственным животворным истоком, припав к которому восточное славянство создало самобытную русскую культуру. Византийское течение было только одним из многих, конструктивно влиявших на развитие искусства Руси, появившимся задолго до официального крещения. Православная церковь с конца X в. выполняла коммуникативную роль в этом процессе и одновременно оказалась определяющей силой в разрушении единой культуры восточнославянской общности и становлении духовной культуры классового характера.

КЛЕСТЫ НА СОЛОНЦАХ

Т. В. Плешак,

кандидат биологических наук

Северное отделение Всесоюзного научно-исследовательского института охотничьего хозяйства и звероводства им. Б. М. Житкова
Архангельск



ЧТО на естественных и искусственных солонцах любят лакомиться солью дикие копытные, да и другие млекопитающие — общеизвестно. В 1955 г. в Московском зоопарке П. А. Мантейфель видел за этим занятием птиц: на большие куски соли, лежавшие в кормушках копытных, слетались воробьи, снегيري, щеглы, чижи и чечетки. Однажды Мантейфель предложил горсть соли страусам, и те в возбуждении мгновенно расхватали ее, а впоследствии со вниманием приглядывались к исследователю, едва он оказывался рядом с вольером.

Несколько лет назад я впервые увидел «солонцюющих» клестов. По роду научных занятий я часто бываю в Холмогорском районе Архангельской области, по месяцу, а то и больше живу в охотничьей избушке, построенной еще в 20-х годах. Пристанище это временное — место ночлега и краткого отдыха, охотовед ведет свои наблюдения в поле. Но случается, и по соседству увидишь что-нибудь любопытное.

В мае 1980 г. к избушке каждый день прилетали клесты и, усевшись на одной из стен, выщипывали из пазов мох. Люди возле жилья птиц нисколько не беспокоили. Я отметил про себя необычное поведение клестов, но объяснить его не смог — всякие бывают причуды.

Избушка к этому времени обветшала, и летом ее капитально отремонтировали, оставив нетронутыми несколько верхних венцов. В конце зимы мы снова были в этих местах и около месяца прожили в обновленном домишке. Клесты, как и прошлой весной, прилетали

ежедневно, но мох из пазов уже не вытаскивали, а отщипывали кусочки древесины. Новая странность! Но вскоре она объяснилась. Бревно в той части, которая так понравилась птицам, оказалась солеными на вкус. Под самой крышей была прикреплена полка, на ней часто бывавшие в избушке охотники и рыбаки оставляли соль. Соль таяла, стекла и основательно пропитала бревно. Этот своеобразный солонец каким-то образом и обнаружил клесты.

Позже мы осмотрели довольно много охотничьих избушек и почти всегда находили следы солевого пиршества клестов. Встречались такие следы и на некоторых лабах. Охотнее всего птицы лакомилась древесиной вдоль трещин, где скапливалась соль, в подгнивших бревнах выедали щели пятисантиметровой глубины, зимой и весной прилетали к помойкам, съедали соленый от мочи снег.

На всякого рода солонцах клесты собирались особенно часто в 1985 г., их стали замечать и в других районах области. Даже не специалистам, а просто охотникам бросалась в глаза эта страсть клестов: они скапливались не только у избушек, но и на искусственных солонцах, устроенных для лося.

Летом того года я видел несколько клестов, залетевших в сени избушки, где лежал большой кусок соли-лизунца. С упорством они силились отщипнуть хотя бы крошку соли, но безуспешно! Однако занятий своих не оставляли и, видимо, довольствовались тем, что удавалось слизнуть языком.

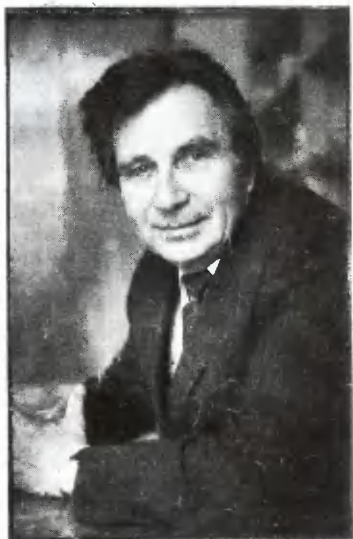
За 5 лет наблюдений за

клестами (правда, попутных с основной работой) мы заметили некую закономерность: при обильном корме потребность в соли наибольшая, а лакомятся птицы, главным образом, в репродуктивный период. 1985 год был урожайным — ели и сосны отяжелели от шишек (семена их — главная пища клестов), на солонцы птицы прилетали всю зиму и весну. В неурожайные годы клесты, видимо, откочевывают куда-то в поисках пищи. Тогда и в местах нашей работы их бывало очень мало, а на облюбованных в прежнее время солонцах мы их не встречали.

По всей видимости, в минеральной подкормке нуждаются многие животные, чью пищу составляют растения; вероятно, соль — необходимый компонент для усвоения разного рода растительных тканей.

МОЖНО ЛИ УВИДЕТЬ

С.М.Кравченко



Свет Моисеевич Кравченко, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов АН СССР и Министерства геологии СССР. Область научных интересов — геохимия и петрология магматических процессов, минерализация редких элементов. Автор многих работ по региональным и глобальным проблемам геохимии, в том числе монографий: Уран в базальтах и долеритах по данным γ -радиографии (совместно с И. Г. Берзиней). М., 1975; Фракционирование малых элементов при дифференциации базитовых магм. М., 1977; Геохимия, минералогия и генезис апатитоносных массивов (совместно с Ю. А. Багдасаровым). М., 1987.

ЕЩЕ В 1931 Г. крупнейший английский петролог А. Холмс, оценив физические параметры мантии, пришел к заключению, что конвекция в мантии, несомненно, существует. Разумеется, никто не пытался увидеть эту конвекцию собственными глазами, вынужденно довольствуясь косвенной информацией о строении и составе мантии, о перемещении мантийного вещества.

И все же можно сказать, что мантию видят. Геофизики «видят» ее с помощью гравиметров, сейсмографов и других приборов, регистрирующих аномалии геофизических полей и скорости распространения сейсмических волн. Петрологи «видят» мантию, исследуя кимберлиты — самые глубинные горные породы, содержащие обломки мантийного вещества. Геохимикам удается «увидеть» мантию, основываясь на распределении изотопов неодима и стронция в базальтах. Тектонисты же почти буквально видят движение мантийного вещества, подходящего к самой поверхности Земли в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов, и могут определить его скорость по перемещению литосферных плит. (Согласно нескольким независимым методам, эта скорость составляет от 1 до 12 см/год.)

Однако приходится констатировать, что получаемая разными специалистами информация о мантии Земли и о конвекции в ней довольно противоречива.

Большие надежды на принципиально новые, а главное, более надежные сведения о мантии возникли в связи с появлением сейсмической томографии — метода, который с помощью обработки огромного массива сейсмических данных на ЭВМ может описать внутреннее строение Земли¹. Но работы последних лет показывают, что получить этим методом однозначные результаты пока не удастся. Так, американский геофизик Д. Габбинс приводит три абсолютно разные скоростные модели нижней мантии Земли, основанные на различных характеристиках одних и тех же сейсмических явлений². Это обстоятельство порождает совершенно обоснованный пессимизм среди геофизиков.

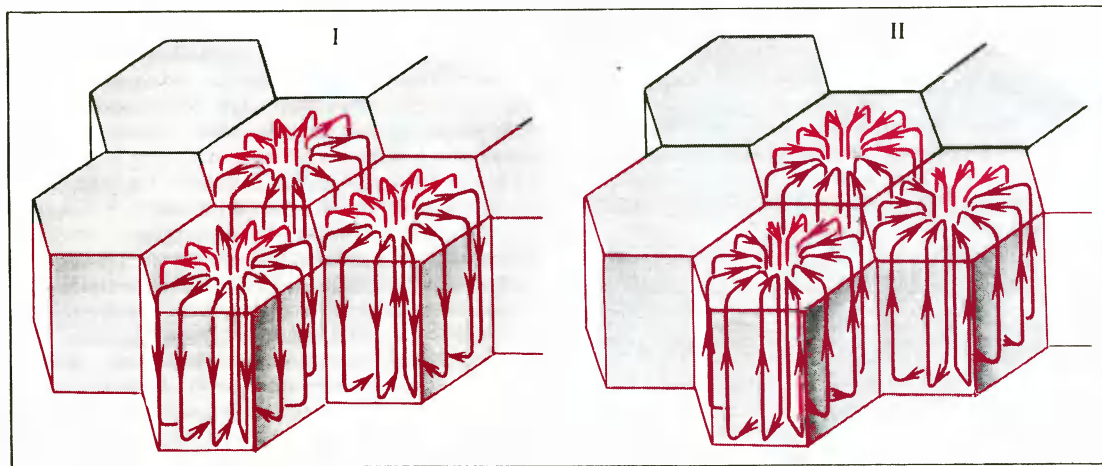
А что если попытаться увидеть конвекцию в мантии, точнее, не саму конвекцию, а границы конвективных ячеек, опираясь на известную геологическую информацию о структурах на поверхности Земли?

Этот неожиданный, на первый взгляд, вопрос возник у нас, когда мы изучали распределение кимберлитов и карбонатитов в пределах самого крупного региона развития этих пород — Африки. Вместе с Южной Америкой она составляет часть Гондваны, некогда входившей в состав еди-

¹ Anderson D. L. // Science. 1984. Vol. 223. № 4634. P. 347—355.

² Gubbins D. // Nature. 1987. Vol. 325. P. 392—393.

КОНВЕКЦИЮ В МАНТИИ ?



Два варианта течений в модели конвекции Рэлея—Бенара (I — прямой, II — инверсионный), неразличимые при численном моделировании на ЭВМ. В первом случае восходящий поток находится в центре, а нисходящие — по периферии конвективных ячеек; во втором — нисходящий поток — в центре, а восходящие — по периферии.

ного суперконтинента Пангеи, распавшегося в начале мезозоя (около 130 млн лет назад) на отдельные материковые плиты. Мощнейшая вспышка мезозойской тектоно-магматической активности привела сначала к появлению между Африкой и Южной Америкой срединно-океанического хребта (подобного срединным хребтам Красного моря и Аденского залива), а затем — к расширению океанического дна и образованию Атлантического океана.

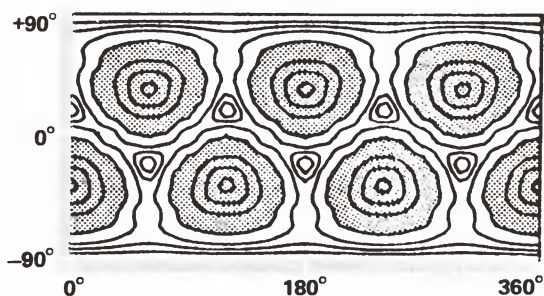
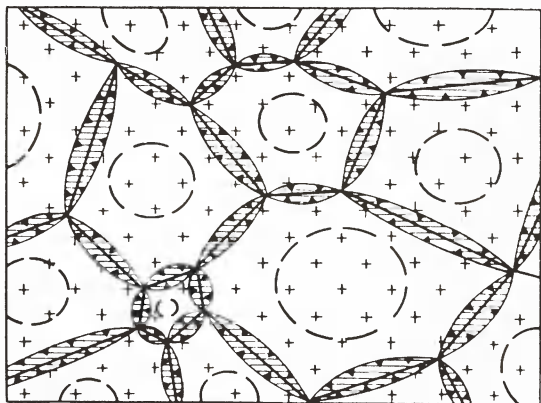
Следовательно, образование рифтовых зон континентов (во-первых), Красного моря и Аденского залива (во-вторых) и Атлантического океана (в-третьих) можно представить как три последовательные стадии раскола литосферных плит в процессе разрастания гигантских конвективных ячеек мантии. А если это так, то мы имеем все основания рассмотреть модели мантийной конвекции, исходя из особенностей геологических структур на поверхности Земли. Подход этот совершенно не тривиален, так как совмещает два разных направления исследований (собственно геологическое и

моделирование конвекции в мантии), ранее почти не соприкасавшихся³.

ВОЗМОЖНЫЕ ТИПЫ МАНТИЙНОЙ КОНВЕКЦИИ

Конвекция в мантии по существу представляет собой всплывание менее плотных и погружение более плотных порций мантийного вещества в гравитационном поле Земли. Известно множество работ, посвященных мантийной конвекции. Тем не менее можно констатировать полную неопределенность в наших представлениях о реальной структуре этого процесса. Продолжается дискуссия о том, захватывает ли конвекция всю мантию, или процесс развивается автономно в верхней и нижней мантии. Споры идут и по поводу размеров конвективных ячеек, временных параметров конвективного цикла. Нет также единодушия относительно того, является ли опреде-

³ Подробнее см.: Кравченко С. М. // Известия вузов. Сер. «Геология и разведка». 1988. № 1. С. 3—10.



Схемы, отражающие принципиальное сходство полигональных структур древних платформ, выделенных В. Е. Хаиним (вверху), с полигональным типом течения мантийного вещества, полученным Ф. Маштелем с коллегами при численном моделировании (внизу). Размер каждой из 6 конвективных ячеек, изображенных на развертке земного шара, — около 10 тыс. км в поперечнике, а предполагаемый размер полигональных структур — 500—800 км.

ляющей тепловая конвекция или собственно плотностная.

Одна из важнейших величин в теории конвекции — число Рэлея, позволяющее судить о возможности конвекции и о ее типе. (Эта величина названа в честь Дж. Рэлея, чьи исследования в области конвекции имеют фундаментальное значение.) Число Рэлея прямо пропорционально разности температур у основания и верхней границы мантийного слоя и кубу толщины этого слоя, а также плотности и коэффициенту теплового расширения вещества и ускорению силы тяжести. Кроме того, число Рэлея обратно пропорционально величинам, препятствующим конвекции: вязкости и теплопроводности.

Чтобы экспериментально воспроизвести мантийную конвекцию, протекающую в реальных условиях Земли, следовало бы центр поля тяжести поместить посредине сферической модели, что в лабораторных

условиях пока не осуществимо. Поэтому основным методом изучения возможных видов конвекции в мантии остаются численные эксперименты.

В одной из последних работ по численному моделированию конвекции в мантии французские геофизики Ф. Маштель, М. Рабинович и П. Бернардэ, используя возможности современных ЭВМ, исследовали большое количество вариантов трехмерной модели конвекции в сферическом слое, отвечающем по своим параметрам нижней мантии Земли¹. Им удалось показать, что с ростом числа Рэлея (выше критической его величины, означающей, что конвекция уже началась) типы конвекции сменяют друг друга и происходит это путем перестройки характера течений вещества мантии.

1. При числе Рэлея, превышающем критическое вдвое, стабилен осесимметричный тип конвекции. Этот тип течений моделируют два параллельных валика, вращающихся навстречу друг другу.

2. Если критическое значение превышено в девять раз, стабилен бимодальный тип течений. В первом приближении он моделируется двумя взаимно перпендикулярными системами вращающихся валиков.

3. Когда число Рэлея превышает критическое значение более чем в 13 раз, появляются отдельные поднимающиеся или опускающиеся капли, изолированные друг от друга сплошной сетью восходящих или нисходящих течений (в плане эти течения образуют довольно правильные многоугольники). Этот тип течения Маштель с коллегами назвали полигональным; частный случай его реализуется в модели с правильными гексагональными ячейками.

В свое время французскому физiku Г. К. Бенару удалось экспериментально получить полигональную конвекцию в виде поднимающихся капель — в центре — и правильных, близких к гексагональным ячеек — по периферии. Рэлей предложил математическую модель этого типа конвекции (модель Рэлея—Бенара).

Исследуя, как меняется конвекция при дальнейшем увеличении числа Рэлея, Маштель и его коллеги отметили высокую стабильность полигонального типа течений. Они заключили, что этот тип течений является единственно возможным при очень большом числе Рэлея и что именно он должен характеризовать мантию Земли в целом. Так как при данном типе кон-

¹ Machetel Ph., Rabinowicz M., Bernardet P. // Geophys. Astrophys. Fluid Dynamics. 1986. Vol. 37. P. 57—84.

векции во всем объеме нижней мантии образуется лишь 6 ячеек (это вытекает из решения математической модели), их размеры должны быть весьма велики — около 10 тыс. км в поперечнике.

С какими же структурами на поверхности Земли можно сопоставить каждый из трех названных типов конвекции?

Для земной коры типичны чрезвычайно протяженные структуры, характеризующиеся условиями растяжения. Это срединно-океанические хребты в океанах, а также рифтовые зоны и подвижные пояса (Урал, Аппалачи и т. п.) на континентах. По мнению советского геофизика В. П. Трубицына и ряда других исследователей, возникновение срединно-океанических хребтов связано с осесимметричной конвекцией.

У бимодального типа конвекции нет четких геологических аналогов. А с полигональным типом конвекции могут ассоциировать некоторые из поднимающихся мантийных диапиров. С этими мобильными порциями мантийного вещества связаны горячие точки, проявляющиеся на земной поверхности в виде локальных тепловых аномалий. Напомню, что термин «горячая точка» был введен канадским геологом Дж. Т. Уилсоном, сравнившим поднимающийся мантийный диапир (или «плам») с форсункой, прожигающей движущуюся над ней литосферную плиту и оставляющей на ее поверхности цепь вулканов⁵. С этих позиций Уилсон объяснил возникновение островных гряд западной части Тихого океана, связав изменение их азимута со сменой направления движения Тихоокеанской плиты. Однако надо признать, что такая интерпретация генезиса островных гряд поддерживается далеко не всеми исследователями.

С полигональным типом конвекции сопоставимы также полигональные структуры континентов. Впервые эти структуры, напоминающие полигональные конвективные ячейки в модели Рэлея—Бенара, были выделены советским тектонистом В. Е. Хаиным, показавшим принципиальную схему строения древних платформ (кратонов) как гигантских полигональных структур, периферийную часть которых слагают гранулитовые пояса, а внутреннюю — гранитные и зеленокаменные породы⁶. Начало формирования гранулитовых поясов датируется верх-

ним археем (около 3,5 млрд лет назад), что может свидетельствовать о длительности существования полигональных структур континентов.

Таким образом, перед нами пример длительного, как принято говорить, унаследованного протекания геологических процессов. Но это одна сторона развития полигональных структур континентов. С другой стороны, при их распаде по тектоническим швам (соответствующим рифтовым зонам) происходил раскол континентов и начиналось образование океанов. Вероятно, такие соотношения могут стать основой для анализа вопроса о взаимной связи явлений унаследованности и новообразований в геологической истории, к чему мы еще вернемся.

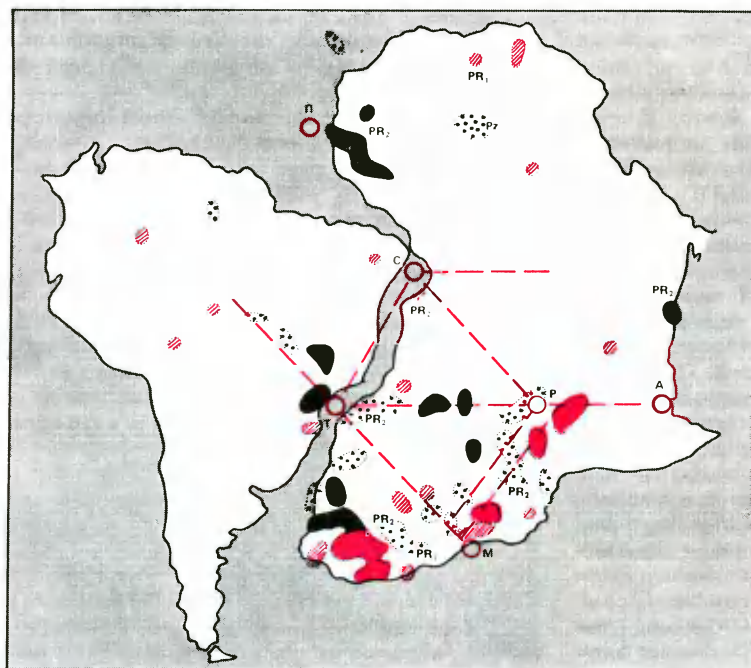
ИНДИКАТОРЫ МАНТИЙНОЙ КОНВЕКЦИИ

Кимберлиты давно привлекают внимание геологов не только как носители алмазов, но и как самые глубинные породы, встречающиеся на земной поверхности и доступные непосредственному изучению. Известно большое количество работ, авторы которых используют кимберлиты в качестве индикаторов мантийных диапиров, поднимающихся с больших глубин. Но, к сожалению, все эти исследования базируются на ограниченном количестве исходных данных. Довольно мало их и по такой богатой кимберлитами огромной платформе, как Африканский континент. В настоящее время в Африке известно около 800 кимберлитовых тел, однако большинство из них расположено так близко друг к другу, что на мелкомасштабных картах обычно показываются немногим более двух десятков. Немало кимберлитовых тел и в Южной Америке, составлявшей в начале мезозоя единое целое с Африкой.

Следующими после кимберлитов по степени глубинности являются карбонаты — породы, входящие в состав щелочно-ультраосновных массивов. Тем не менее возможность использования карбонатов в качестве индикаторов мантийных диапиров (и соответственно в качестве индикаторов горячих точек) прежде оспаривалась. Дело в том, что карбонаты было принято считать низкотемпературными продуктами, выплавляющимися непосредственно из мантии, а для областей распространения горячих точек, как известно, характерен высокотемпературный режим. Однако

⁵ Willson J. T. // *Tectonophysics*. 1973. Vol. 19. P. 149—164.

⁶ Хаин В. Е. // *Вестник МГУ. Сер. 4, геол.* 1984. № 2. С. 32—36.



Распределение кимберлитовых и карбонатитовых тел на территории Африки и Южной Америки. Более 70 % этих тел приурочено к линейным зонам, соединяющим главные горячие точки, существовавшие во время раскола Гондваны: А — Афар, П — Сан-Паулу, С — Святой Елены, Т — Тристан-да-Кунья, М — Мадагаскарскую и Р — предполагаемую точку в северной части западного рифта Африки. Плотность кимберлитовых и карбонатитовых тел на единичной площади [5435 км²] определялась методом «скользящего окна».

Горячие точки

Количество кимберлитовых и карбонатитовых тел на единицу площади:

0—2	4—6
2—4	более 6

исследования щелочно-ультраосновных комплексов пород двух крупнейших провинций Советского Союза, проведенные автором совместно с И. Т. Расс, показали, что типичные карбонатиты являются продуктами дифференциации кимберлитовой магмы⁷. Таким образом, информацию о мантийных диапирах можно получить, исследуя области распространения не только кимберлитов, но и карбонатитов.

Тех и других в Африке оказалось 256, а в Южной Америке — 31. Методом «скользящего окна» (с шагом 75 км и с таким же диаметром) были обработаны данные о положении всех этих кимберлитовых трубок и карбонатитовых тел. Затем их распространение было сопоставлено с данными о положении главных горячих точек.

Это современная горячая точка Афар, две ветви тройного сочленения которой соответствуют Красному морю и Аденскому заливу, и современная горячая точка Гвинейского залива, одна из ветвей которой соответствует известному линейменту Бенуэ, а две другие в период раскола Гондваны (около 130 млн лет назад) были аналогичны красноморской и аденской ветвям. Положе-

ние еще двух горячих точек в период раскола Гондваны можно установить по наличию в Африке и Южной Америке трап-овых полей, а также по положению подводных асейсмичных вулканических хребтов, отходящих от современных горячих точек Тристан-да-Кунья и Сан-Паулу. Аналогичным способом было установлено положение еще одной горячей точки — Мадагаскарской. И, наконец, последняя горячая точка, сопоставимая по значению с перечисленными, вероятно, существовала в северной части зоны Великих африканских разломов.

Анализ пространственного распределения кимберлитов и карбонатитов показал, что подавляющее большинство этих тел группируется между шестью названными горячими точками в виде полос не более 500 км шириной. Все это свидетельствует об определенной закономерности во взаимном расположении кимберлитов, карбонатитов и горячих точек и тем самым о закономерности в строении литосферных плит.

Для характеристики блоков горных пород естественной формы в геологии обычно используется термин «отдельность». Мы воспользуемся этим термином применительно к литосферным плитам. Такая мегаотдельность Африкано-Южноамериканской литосферной плиты просматривается в об-

⁷ Кравченко С. М., Расс И. Т. // Доклады АН СССР. 1985. Т. 283. № 4. С. 973—978.

щей картине распределения кимберлитов, карбонатитов и участков локализации горячих точек. Треугольная форма этой мегаотдельности обусловлена, по всей видимости, тем, что горячие точки сопровождаются тройными сочленениями глубинных разломов или литосферных швов, причем эти структуры обычно располагаются под углами, близкими к 120° .

Расстояния между шестью рассмотренными нами горячими точками примерно одинаковы (2,1—2,5 тыс. км) и в первом приближении равны толщине мантии минус вероятная толщина Африкано-Южноамериканской плиты. Таким образом, наряду с отчетливо выраженной тригональной (или гексагональной) симметрией в расположении основных структурных элементов литосферных плит фиксируется повторяемость главных интервалов: расстояний между горячими точками, параллельными литосферными швами и т. д.

Все эти особенности литосферных плит позволяют предположить, что выявленные мегаотдельности являются отражением общемантийной конвекции, соответствующей модели Рэлея—Бенара, т. е. характеризующейся гексагональным распределением периферических конвективных течений. Существенно, что модель Рэлея—Бенара имеет два варианта, неразличимых с помощью численных экспериментов: либо восходящие течения (мантийные диапиры) сосредоточены в центре конвективных ячеек, либо они расположены по периферии, а в центре конвективных ячеек — нисходящие течения. Анализ геологических соотношений однозначно свидетельствует в пользу второго варианта. Срединно-океанические хребты (точнее, начальные стадии их развития — срединные хребты Красного моря и Адено-ского залива) и рифтовые зоны континентов соответствуют границам двух конвективных ячеек, вещество которых растекается в двух противоположных направлениях. Горячие точки замыкают эти «горячие линии» и маркируют соединение трех конвективных ячеек. Реконструкция на этой основе полных конвективных ячеек показывает, что их поперечный размер составляет около 5 тыс. км.

Восстанавливая положение границ конвективных ячеек, существовавших до распада Гондваны, мы использовали следующие параметры: положение современных и древних зон растяжения (и прежде всего древних рифтовых зон, которым в настоящее время соответствуют границы континентов, удаленных друг от друга в результате разрастания океанического дна), положе-

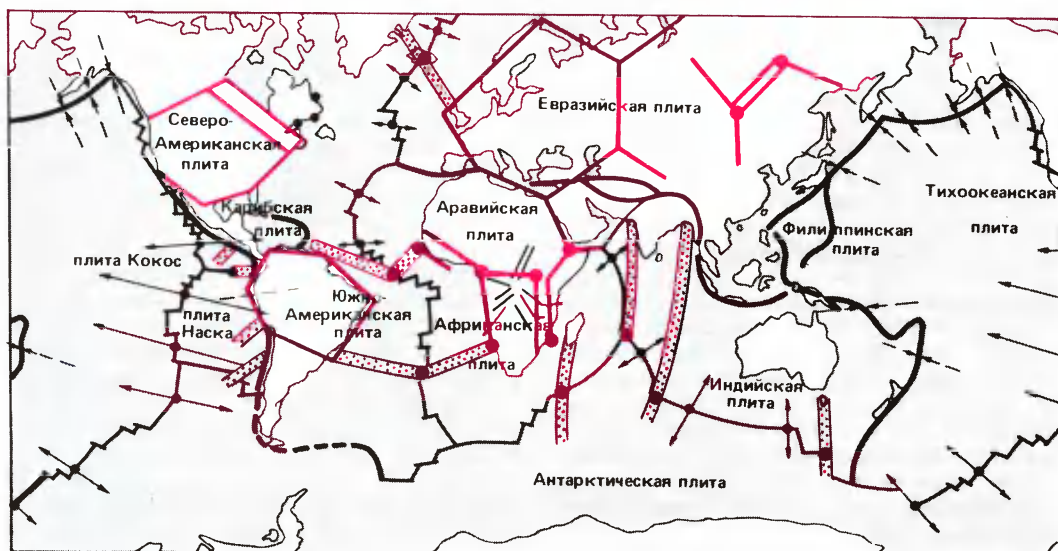
ние трансконтинентальных глубинных разломов (северное побережье Африки, Восточная Африка и др.), единый размер линейных структурных элементов и их гексагональную группировку, положение главных горячих точек.

Те же структурные параметры использовались и при реконструкции конвективной мантийной ячейки под Восточно-Европейской платформой. В ее северо-восточной части А. Е. Федоровым выявлены гексагональные конвективные ячейки второго порядка (около 500 км в поперечнике). В этом случае им использовались результаты дешифрирования космических снимков и анализировались закономерности рельефа. Близкие по величине (600—800 км), но менее правильные полигональные ячейки выявлены С. А. Тычковым в Сибири, причем их геотектоника и распределение тепловых аномалий свидетельствуют об инверсионном характере течений в пределах конвективных ячеек (т. е. о восходящих мантийных течениях по периферии и нисходящих — в центре).

В некоторых случаях полигональные конвективные ячейки первого порядка ограничены двойными литосферными швами, причем расстояния между этими краевыми структурами соответствуют поперечному размеру конвективных ячеек второго порядка (0,5—0,8 тыс. км). Пример таких соотношений — великие рифтовые долины Африки.

Теперь о временных параметрах мантийной конвекции, которые в первом приближении могут быть оценены на основании геологических соотношений. Судя по размещению протерозойских и палеозойских кимберлитовых и карбонатитовых тел, положение границ конвективных ячеек с верхнего протерозоя и до начала мезозоя (т. е. до распада Гондваны), по всей видимости, не менялось. Для конвективных ячеек, расположенных вне областей, где в мезозойское время формировались океаны, этот стабильный период может быть еще больше. Вероятно, унаследованность положения границ конвективных ячеек как минимум с позднего протерозоя и привела к широкому развитию явлений унаследованности в отдельных регионах. В частности, представляется закономерным, что мезозойские рифты системы Святого Лаврентия (Канада) начали формироваться еще в протерозое.

Таким образом, изучение геологических структур на поверхности Земли позволяет установить следующие параметры мантийной конвекции под континентами: по-



Гипотетическая проекция границ конвективных ячеек первого порядка, существовавших до раскола Пангеи, на поверхность земного шара.

Границы конвективных ячеек, существовавших до раскола Пангеи и Гондваны

Главные горячие точки и соединяющие их вулканические хребты

Границы литосферных плит: конструктивные

деструктивные

Вектор скорости сближения плит

Вектор скорости раздвигания плит

10 см/год

Относительная скорость перемещения плит

лигональное расположение конвективных течений, инверсионное направление этих течений (подъем мантийного вещества по периферии конвективной ячейки и опускание в центре), существование двух порядков конвекции, устойчивость положения конвективных ячеек по меньшей мере с позднего протерозоя и до начала мезозоя, а в некоторых случаях — до кайнозоя.

Как показало недавнее изучение Г. Г. Кочемасовым щита Центральной Африки, эта структура имеет отчетливое концентрически-радиальное строение. Возраст наиболее древних пород, слагающих периферию щита, — 3,5 млрд лет, а возраст центральной его части, имеющей форму впадины, — 1025 млн лет. Очертания щита полигональные. Щит Центральной Африки хорошо вписывается в намеченную нами схему расположения конвективных ячеек, и все особенности его строения согласуются с инверсионным типом расположения мантийных потоков.

Итак, если наши выводы о длительной унаследованности положения границ подконтинентальных конвективных ячеек справедливы, то это может быть основой для объяснения явлений унаследованности в геологической истории континентов, не согласующихся с некоторыми постулатами тектоники плит.

СООТНОШЕНИЕ ЯВЛЕНИЙ УНАСЛЕДОВАННОСТИ И НОВООБРАЗОВАНИЯ

Плитовая тектоника, сыгравшая в свое время революционную роль в развитии геологии, в настоящее время, по мнению ряда исследователей, представляет собой слишком упрощенную схему. Постулируя жесткость литосферных плит, эта теория игнорирует их относительную пластичность. В частности, исследования, проведенные

американским физиком К. А. Кернером с коллегами, показали, что при длительном термомеханическом воздействии астеносфера, литосфера и земная кора должны представлять собой непрерывный ряд по возрастанию вязкости.

Особенно много возражений вызывает постулат о скольжении литосферных плит по астеносфере, ограничивающий возможность длительного существования геологических структур нижней границы литосферы. Американский геофизик Т. Джордан, например, считает, что открытие глубоких корней континентов (до нескольких сотен километров толщиной) является вызовом некоторым догмам плитовой тектоники, которая прекрасно «работает» в океане, но менее удовлетворительно объясняет структуры и процессы в континентальных областях.

К аналогичным выводам приходит и исследовавший длительно развивающиеся африканские кольцевые массивы А. В. Развальяев, который пишет, что «мантия стреляет в одну точку в течение миллиарда лет»⁸. А специалисты по рудной геологии М. А. Фаворская и Э. Н. Томсон заключают, что существуют гигантские и крупные месторождения полезных ископаемых, связанные с наследующейся глобальной системой тектонических зон, особая металлогеническая и геохимическая специализация которых свидетельствует о длительной связи с глубинными зонами мантии. Причем в некоторых случаях эта связь с мантией прослеживается с архея и до кайнозоя.

Американские геохимики Дж. Вассербург и Д. Дж. де Паоло, исследуя эволюцию изотопного состава свинца, стронция и неодима базальтов, пришли к выводу о существовании изолированных бассейнов под континентами и под океанами, разделение которых произошло 1,5—2 млрд лет назад. Возможно, региональная геохимическая специфика различных провинций объясняется автономностью гигантских конвектирующих ячеек. Так известно, что мезозойские траппы Африки и Южной Америки резко обеднены калием и некоторыми редкими элементами по сравнению с мезозойскими траппами Новой Зеландии и Австралии. Американские геохимики

Макдуггал и его соавторы объясняют различия этих двух гигантских провинций избирательной контаминацией («загрязнением»). В то же время очевидно, что обогащенность калием — региональная специфика, которая отражается, например, в наличии алмазонасных калиевых лампроитов Австралии, преобладании их над кимберлитами и бедности Австралии карбонатами.

В заключение следует отметить, что рассмотренная нами модель изолированных, длительное время наследующихся, подконтинентальных конвективных ячеек позволяет объяснить многие противоречия, характерные для упрощенной модели тектоники плит, сохранив все ее достижения: спрединг, субдукцию, коллизии континентов и др. Из предложенной модели следует, что в мезозое происходило разрастание некоторых конвективных ячеек, сопровождавшееся разрастанием океанической коры и расширением дна Атлантического, Индийского и других океанов. Континентальные плиты при этом должны были отесняться и поворачиваться вокруг ядра Земли вместе с подстилающей их конвектирующей мантией. Это приводило к субдукции океанической литосферы в Тихоокеанском сегменте, коллизии континентов и другим явлениям, детально описанным в плитовой тектонике.

Возможно, что преобладание в настоящее время напряжений сжатия в земной коре, как это неоднократно подчеркивал советский тектонист П. Н. Кропоткин, связано с переживаемой планетой стадией интенсивного спрединга. Если площадь Атлантики при этом увеличивается, то площадь Тихого океана уменьшается, чем, по видимому, и обусловлен процесс субдукции. Не исключено также, что огромная энергия всех этих процессов генерируется в ходе разрастания гигантских конвективных ячеек в мантии.

Если представления, изложенные автором этой статьи, окажутся справедливы (а это покажут дальнейшие исследования), то мы будем иметь еще одну возможность «увидеть» конвекцию в мантии Земли. Пусть даже не саму конвекцию, а границы конвективных ячеек, которые отражаются в распределении главных тектонических структур континентов и океанов. Тем самым в распоряжении геологов окажутся новые координаты глубинных геологических процессов.

⁸ Развальяев А. В. Ранние стадии развития («созревания») зон континентального рифтогенеза // Континентальный и океанический рифтогенез. М., 1985. С. 190—201.

ПАМЯТИ РИЧАРДА ФЕЙНМАНА — ЗАМЕЧАТЕЛЬНОГО ФИЗИКА И УДИВИТЕЛЬНОГО ЧЕЛОВЕКА

В.Л. Гинзбург

«**Р**ИЧАРД ФЕЙНМАН лег в больницу две недели назад в связи с почечной недостаточностью, обусловленной раком. В прошлый четверг он принял ясно осознанное решение прекратить диализ и умереть. Он скончался этим утром». Такую телеграмму от профессора Калифорнийского технологического института (Калтеха) К. Торна получил его друг профессор МГУ В. Б. Брагинский. Так мы узнали о кончине (15 февраля 1988 г.) замечательного физика и учителя физиков Ричарда Фейнмана.

Как ясно из пришедшего затем письма, Фейнман с присущей ему трезвостью мысли давно создавал, что умирает и «ушел из жизни с большим достоинством».

Я начал эту заметку с подобной информации потому, что она как-то контрастирует с помещенной ниже статьей «Мистер Фейнман едет в Вашингтон». Разве скажешь, читая этот, быть может, последний продиктованный Фейнманом рассказ, что в нем действует человек, уже несколько лет больной раком и потерявший при первой операции одну почку. Но Фейнман и при проведении непривычного для него расследования, в данном случае причины гибели шаттла, верен себе — энергичен, трезв, оригинален и глубок. Да что говорить. Когда пытаешься охарактеризовать таких людей, как Фейнман, эпитетов не хватает. Это был человек исключительный, за всю свою уже довольно долгую жизнь людей такого калибра, которых знал

лично, могу пересчитать по пальцам.

Настоящая заметка не некролог, пусть и краткий, нужно иметь много сведений, которыми я не располагаю. Времени же, чтобы получить эти сведения из США, нет, ибо стремление «Природы» без большого промедления почтить память Фейнмана вполне оправданно. Думаю, что использование для этой цели рассказа «Мистер Фейнман едет в Вашингтон» разумно. Правда, это не текст самого Фейнмана и какова здесь роль редактора (Р. Лейтона), я не знаю. Но так же обстоит дело и с другими известными мне статьями и книгами Фейнмана. В частности, недавно вышедшая его автобиография «Вы, конечно, шутите, мистер Фейнман!»¹ также представляет собой обработанные Р. Лейтоном рассказы Фейнмана. Помещенные у нас отрывки из этой книги² и Нобелевская лекция³, а также многочисленные переведенные книги Фейнмана достаточно характеризуют его как физика и педагога. Кстати сказать, особенно

ценными и правильными (и очень актуальными для нас) представляются мне замечания Фейнмана, касающиеся сочетания преподавания и научной работы (см. главу «Почтенный профессор», помещенную в УФН). Что же касается Фейнмана как многогранной и удивительной личности, то позволю себе усомниться в том, что его книга дает об этом адекватное представление. Вполне возможно, что я ошибаюсь, но стремление эпатировать, какой-то сознательный или бессознательный учет вкусов широкой американской публики, на которую рассчитана эта книга, и, быть может, редакторская правка Лейтона (по сути дела, это более, чем правка, — Лейтон ведь писал текст «со слов Фейнмана») — все это могло сильно повлиять на изложение. Так или иначе, некоторые главы книги, посвященные не науке или преподаванию, а, можно сказать, частной или личной жизни Фейнмана, вызывают у меня некоторое удивление и даже чувство протеста. Разумеется, нет или почти нет запретных тем, но мне непонятно, зачем писать в такой книге и в таком стиле об отношениях с женщинами. Впрочем, подобные сомнения являются, вполне возможно, лишь плодом иной среды обитания, других вкусов. Во всяком случае, честно говоря, я рад, что книга «Вы, конечно, шутите, мистер Фейнман!» у нас целиком еще не переведена.

Я позволил себе такое замечание, ибо исключительно высокого мнения о Фейнмане

¹ "Surely You're Joking. Mr. Feynman!" N. Y., — L., 1985.

² См.: Усп. физ. наук. 1986. Т. 148. С. 509—526; Природа. 1986. № 5. С. 126—128; Наука и жизнь. 1986. № 10. С. 144—147. № 12. С. 85—90. 1987. № 2. С. 122—129. № 8. С. 86—93.

³ Фейнман Р. Развитие пространственно-временной трактовки квантовой электродинамики // Усп. физ. наук. 1967. Т. 91. С. 29—48.



Ричард Филлипс Фейнман (1918—1988). Выдающийся американский физик-теоретик. Основные работы посвящены квантовой теории поля, квантовой электродинамике, физике элементарных частиц, статистической физике, сверхпроводимости, теории гравитации. В 1948 г. независимо от Ю. Швингера и С. Томонаги построил современную квантовую электродинамику (Нобелевская премия 1965 г.). В 1949 г. разработал способ объяснения возможных превращений частиц — так называемую диаграммную технику Фейнмана. Вместе с М. Гелл-Манном (независимо от Р. Маршака и Э. Сударшана) сформулировал в 1958 г. количественную теорию слабых взаимодействий. Создал полуфеноменологическую картину генерации новых частиц в процессе столкновений (масштабная инвариантность). В 1969 г. предложил модель нуклона, в которой нуклон состоит из точечных составляющих партонов (партоновая модель нуклона). Независимо от Л. Онсагера развил теорию квантованных вихрей в сверхтекучем гелии. Автор всемирно известного курса «Фейнмановские лекции по физике».

и он мне был очень симпатичен и как человек. Оттого-то и боишься, что читатели «не так» поймут отдельные места его автобиографии, составят на ее основе неправильное представление. Несомненно, вскоре появятся немало воспоминаний друзей Фейнмана, которые высветят то, о чем сам Фейнман не хотел писать, чем бравировал и т. д. Вот тогда и стоило бы издать полный перевод книги вместе с некоторыми дополнительными статьями. Повторяю,

быть может, мое такое мнение ошибочно, но не вижу оснований его скрывать, поскольку оно продиктовано не ханжеством, а лишь самыми теплыми чувствами и уважением к памяти Ричарда Фейнмана.

Некоторые сведения из его биографии. Ричард Фейнман родился 11 мая 1918 г. в маленьком городке близ Нью-Йорка. Его родители, или только отец, а быть может даже дед, — выходцы из России. (Пишу так неопределенно, ибо в его автобио-

графической книге ничего, кажется, об этом нет, но я сам спрашивал Фейнмана, а ответ запомнил, можно сказать, лишь ориентировочно.) В течение четырех лет, вплоть до 1939 г., Фейнман учился в Массачусетском технологическом институте, потом работал в Принстонском университете и Лос-Аламосе (он участвовал в исследованиях по Манхэттенскому проекту), с 1946 г. был профессором теоретической физики в Корнеллском университете и, наконец, с 1951 г. и до конца жизни — он профессор в Калтехе.

Самой известной является работа Фейнмана, посвященная квантовой электродинамике¹, но ему принадлежит и ряд других очень значительных исследований. Из них я сам лучше знаю и ценю работы, касающиеся теории сверхтекучести. Останавливаться здесь на существо научных достижений Фейнмана нет, очевидно, никакой возможности. Между тем столь же очевидно, что главное, интересующее нас в жизни Фейнмана, это именно его физика — подлинное его призвание и любовь. Надеюсь, на эту тему будет многое написано, но уже сейчас мы можем судить о Фейнмане — физике и учителе, о физике Фейнмане по его многочисленным книгам и статьям. Ограничусь здесь, помимо ссылок 1—5, упоминанием последней известной мне работы Фейнмана, написанной в 1984 г. и посвященной квантовомеханической теории вычислительных машин².

Как было уже сказано, я не пишу некролог, и у меня самого даже не возникло мысли как-то публично откликнуться на смерть Фейнмана (правда, мы почтили его память вставанием на семинаре). Но, когда сотрудница редакции «Природа» предложила мне написать нечто вроде предисловия к статье «Мистер Фейнман едет в Вашингтон», я понял, что вправе писать и даже должен написать.

¹ Там же.

² Эти результаты освещены в последней главе книги: Фейнман Р. Статистическая физика. М., 1978.

³ Фейнман Р. Квантовомеханические ЭВМ. // Усп. физ. наук. 1986. Т. 149. С. 671—688.

Дело в том, что Р. Фейнман никогда не был в СССР, да и в других странах, особенно в последние годы или даже десятилетия не часто появлялся на конференциях. В итоге у нас его мало кто знает лично. Я же встречался с ним. Это, во-первых. А во-вторых, выражаясь языком, не принятым в научной среде, Ричард Фейнман один из моих немногочисленных героев.

В 1962 г. в Польше состоялась организованная Л. Инфельдом и его коллегами международная конференция по теории гравитации¹. На ней я и познакомился с Фейнманом. Он сделал, в своей артистической манере, доклад о квантовой теории гравитации, а также участвовал в каком-то импровизированном спектакле в конце конференции. Но, как я сейчас ясно понимаю, Фейнман поехал в Польшу в первую очередь из интереса к этой стране, к ее недавнему прошлому. После конференции состоялась заранее предусмотренная экскурсия, целое путешествие. Побывали мы и в Ченстохове, где я с удивлением наблюдал, как некоторые участники конференции по гравитации преклонили колена, когда золотой щит медленно закрывал знаменитую ченстоховскую икону Божьей матери. Потом состоялось посещение Освенцима и Трехлинки, и здесь я увидел, что Фейнман готовился к этому. Он знал подробно, рассказывал о печах, о «порядках» в лагере смерти. Из разговоров с Фейнманом ясно было, как много он знает об истории, политике, о жизни людей. Интерес его был живой, активный. Насколько широк был диапазон этих интересов, видно из того, что еще недавно Фейнман непременно хотел посетить Тувинскую АССР (почему-то он заинтересовался этой далекой окраиной нашей страны). Но несколько лет назад организовать посещение американским физиком Тувы было немногим легче, чем полететь на Луну, и, к сожалению, Фейнман так и не побывал в Туве и вообще в СССР.

Второй короткий период, когда я общался с Фейнманом, относится к 1967 г., когда я был в Калтехе. Был я у Фейнмана дома, вместе с ним и другими ездил в «Диснейленд». Остановлюсь здесь несколько подробнее лишь на двух эпизодах. В Калтехе имеется дом для гостей «Atheneum», при нем ресторан (у нас бы его назвали столовой). И вот в этом ресторане должен был состояться ленч, на который пригласили Фейнмана и меня. Но приходиться на такой ленч полагается (или полагалось тогда, ведь это было 21 год назад) в галстук. А Фейнман ходил без галстука. Такая возможность предусмотрена, и в гардеробной имеются галстуки, которые можно использовать. Возможно, Фейнман вообще не хотел идти на этот ленч, но, чтобы не обидеть меня, все же пошел, нацепив какой-то галстук из гардеробной. Потом, однако, он резким движением снял галстук и сидел за столом без него. А тут к нам подошел то ли служащий дома для гостей, то ли какой-то «дежурный член правления». И Фейнман буквально подскочил со словами: «Вы хотите меня вывести». Как я понял, он именно хотел, чтобы его «вывели» за отсутствие галстука. Но подошедший знал Фейнмана и, конечно, ни словом не упрекнул его за «неподобающий вид». Фейнман был явно разочарован.

Теперь об эпизоде уже не столь, пожалуй, мелком. Один из докладов, которые я делал в Калтехе, был посвящен происхождению космических лучей. Аудитория была широкая, присутствовало много народа. По последней причине я рассказывал и о хорошо известном специалистам. Главное же, в астрофизике космических лучей (происхождение космических лучей, в собственном смысле слова, относится к этой области) существуют «вечные вопросы», годами остающиеся недостаточно ясными. К их числу принадлежит проблема радиогало².

К тому времени уже лет десять, как шли споры: существует радиогало у Галактики или нет. Поэтому я повторил известные аргументы в пользу существования гало. И здесь Фейнман как-то нетерпеливо и, быть может, даже с раздражением спросил: «Все это мы знаем, скажите что-нибудь новое». Не помню, что ответил. Наверное, пояснил ситуацию. И действительно, прогресс в области изучения радиогало был достигнут лишь десять лет спустя (в 1977 г.), после обнаружения радиогало у видных «с ребра» галактик NGC4631 и NGC891. Почему я рассказываю об этом эпизоде? Он поясняет, как мне кажется, почему некоторые побаивались и недолюбливали Фейнмана (такое у меня сложилось впечатление). Фейнман не считался со многими условиями и даже правилами вежливости. Вот, в описанном случае — иностранец, на своем плохом английском языке, выступает перед широкой аудиторией, ему и так трудно, а его перебивают требованием сказать что-либо новое. Я-то совсем не обиделся, ибо привык к такой манере из общения с Л. Д. Ландау и, главное, не страдаю болезненным самолюбием (таково, во всяком случае, мое мнение). А другой бы мог обидеться и затанцевать недоброежелательство к Фейнману. Кстати, он ведь был по существу совершенно прав — почуствовал, что в вопросе о гало царит какой-то застой. А мне его реакция тоже помогла — после этого вплоть до 1977 г. я старался не говорить о гало, поскольку не мог сообщить ничего нового.

Итак, Фейнман любил «задирать»ся. Проявлялось это и в презрительно-ироническом употреблении титула «профессор». Меня он все именовав и именовав «профессором», видимо, сталкивался с многими надутыми «профессорами», очень ценившими это звание. Но увидев, что здесь я совершенно неуязвим, оставил «профессора» в покое. Хорошо еще, что он, кажется, не называл меня «академиком». Хочу сделать здесь небольшое отступление.

В иностранной литературе и, скажем, в повестках дня конференций довольно часто в при-

¹ Proceedings on Theory of Gravitation (Conference in Warszawa and Jablonna). Warszawa, 1964.

² Подробнее см., напр.: Гинзбург В. Л. Астрофизические аспекты исследования космических лучей. // Усп. физ. наук. 1988. Т. 155. С. 185—218.

менении к советским академикам фигурирует титул *academician*. Мне это представляется совершенно неуместным и просто плодом недоразумения. Ведь члены иностранных академий именуются профессорами или докторами, а слово «академик» просто не применяется. Таким образом, и советских академиков нужно за рубежом именовать «на заграничный манер», т. е. профессорами. Я совершенно ясно понял это уже очень давно, когда увидел в списке участников какого-то конгресса (кажется, Сольвеевского) такое перечисление: Prof. N. Bohr, Prof. P. A. M. Dirac, Academician X. ... После этого я никогда не употребляю за границей слова «academician» (впрочем, не употреблял и ранее) и, заведя на западный манер визитную карточку, написал, конечно, Professor V. L. Ginzburg. Кстати сказать, «профессора» и «доктора» тоже все больше исчезают из литературы; благодарят просто X. Y. Z., а не профессора или доктора X. Y. Z. Именно к этому, по сути дела, всегда и призывал Фейнман, демонстративно и с явной издевкой называя тех или иных людей профессорами.

Выше я уже упомянул о Л. Д. Ландау. Его у нас знали многие, а его популярность, пожалуй, только растет со временем. Скоро выйдет в свет книга воспоминаний о Л. Д. Лан-

дау, и многие его черты станут известны и представителям молодого поколения. Так вот, никогда я не могу поставить с Фейнманом ближе и сопоставить с Фейнманом лучше, чем Л. Д. Ландау. Это тот же тип таланта и, пожалуй, тот же тип человека. Конечно, различия тоже очень велики, сказались и совершенно различные воспитание и среда. Но при всем при том я только поражаюсь их близости прямо генетической. Относится это и к физике, и к манере держаться, и кое-чему другому. Но настоящая заметка и так уже, неожиданно для меня самого, превратилась в целую статью. Поэтому тему «Ландау и Фейнман» отложу на будущее. Одно лишь, пожалуй, стоит отметить уже сейчас. Ландау не был знаком с Фейнманом лично, но это, конечно, не мешало ему очень высоко оценивать Фейнмана как физика. Более того, в разговоре со мной (и, кажется, не один раз) он называл Фейнмана физиком первого класса. А это значит, что он ставил Фейнмана в один ряд с Бором, Дираком, Шредингером, Гейзенбергом и немногими другими физиками нашего века. По классификации Ландау, лишь Эйнштейн в нашем столетии обладал еще более высоким («половинным») классом. Себя же самого Ландау ставил ниже (по разным сведениям, он считал, что принадлежал ко второму или к полупор-

ному классу). Несколько подробнее читатели об этой классификации смогут узнать из упомянутой книги воспоминаний о Ландау. Я Фейнману сказал, как его оценивал Ландау, он несколько смутился и, кажется, отрицал, что он «выше по классу». Кстати сказать, к концу своей научной жизни Ландау все меньше занимался классификацией и, видимо, даже сам относился к ней иронически. Я отнюдь не склонен быть большим роялистом, чем сам король, и не придаю таким классификациям особого значения. Думаю, что Фейнман и Ландау люди одного масштаба, оба сделали в физике и для преподавания физики так много, что и перечислить, а тем более объяснить, нелегко. Такие люди, такие таланты (речь идет не только о, так сказать, силе таланта, но и об его типе и формах) крайне редки, это буквально гигантские флуктуации. Среди представителей более молодого поколения физиков я что-то назвать подобных людей не могу. В чем здесь дело — в моем собственном непонимании, связано это с флуктуациями (ведь, чем они больше, тем реже встречаются) или обусловлено другим стилем и характером работы в физике в настоящее время — сказать не берусь.

Замечательный физик Ричард Фейнман ушел от нас. Но память о таких людях остается в веках.

МИСТЕР ФЕЙНМАН ЕДЕТ В ВАШИНГТОН

Р.Фейнман

МЕНЯ ПРИГЛАСИЛИ в Вашингтон расследовать инцидент с «Челленджером», о котором, вероятно, все знают. Напомню вкратце, что у шаттла¹ центральная часть представляет собой топливный бак (для жидкого водорода и жидкого кислорода); двигатель, сжигающий это топливо, находится в хвостовой части орбитального модуля, который похож на самолет. Команда сидит в носовой части орбитального модуля. На начальном участке полета тягу шаттлу обеспечивают два твердотопливных ускорителя. Они работают примерно две минуты, сбрасываются, а впоследствии их вылавливают из моря. Катастрофа произошла из-за того, что отказал один из этих ускорителей. В месте соединения двух его секций образовалась течь, просочившиеся горячие газы прожгли оболочку топливного бака, где находился жидкий водород, и полет окончился катастрофой.

Для уплотнения в местах соединения секций твердотопливного ускорителя использовалась замазка и другие средства, но считалось, что полную герметичность обеспечивают два уплотнительных кольца из резины толщиной примерно в четверть дюйма и диаметром 12 футов (около 0,6 см и 3,5 м.— Ю. О.). Когда фирма «Мортон тиокол» проектировала твердотопливный ускоритель, предполагалось, что давлением внутри ракеты уплотнительные кольца будут сплющиваться, что и обеспечит герметичность соединения. Вместо этого оказалось, что соединение более жесткое, чем стенки ракеты (оно втрое толще их), в результате чего стенки под давле-

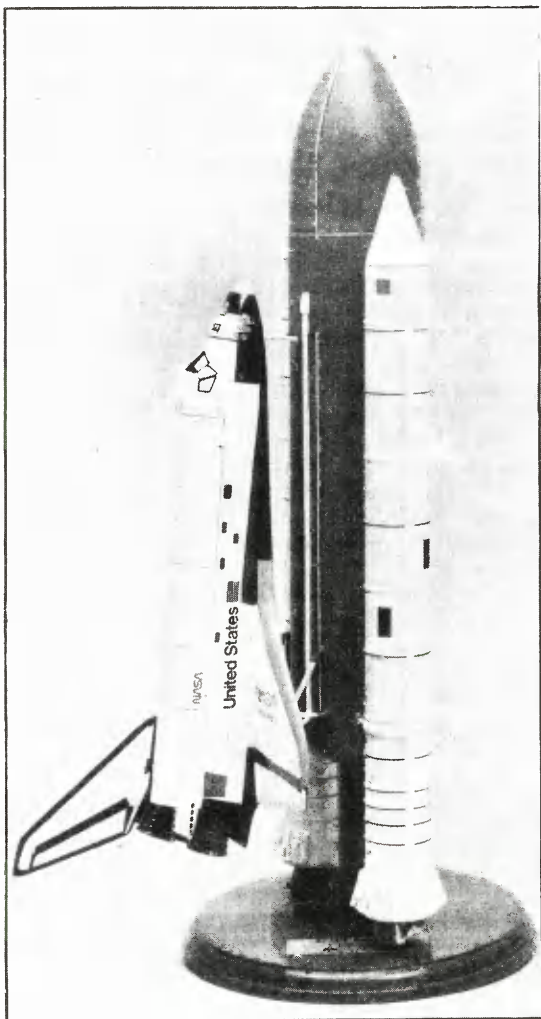
нием выгибались наружу и в местах соединения образовывался зазор, увеличивавшийся по мере роста давления внутри ракеты. Чтобы закрыть зазор и тем самым обеспечить герметичность соединения, резина должна расширяться, причем расширяться достаточно быстро, за доли секунды. Так, упругость резины превратилась в весьма существенный фактор успешной работы всей конструкции. Столкнувшись с этой проблемой, инженеры фирмы «Мортон тиокол» отправились в фирму «Паркер сил», изготавливавшую уплотнительные кольца. В «Паркер сил» им ответили, что такое использование уплотнительных колец не предусмотрено и поэтому никакого совета они дать не могут.

Несмотря на то что почти с самого начала было известно, что уплотнение работает не так, как оно должно было бы работать, фирма «Мортон тиокол» продолжала цепляться за неудачную конструкцию. Они ввели несколько «косметических» улучшений. Этого оказалось недостаточно. Соединения продолжали течь, и фирма продолжала биться над тем, как подправить их. А запуски шаттлов шли своей чередой. На это следует обратить внимание. Несмотря ни на что, программа продолжала осуществляться.

Теперь я хочу рассказать о моем собственном участии во всем этом деле. Спустя несколько дней после катастрофы, в пятницу, мне позвонил исполнительный директор НАСА (Национальное управление США по авионавигации и исследованию космического пространства.— Ю. О.) Уильям Грэхем. Мистер Грэхем был моим студентом в Калтехе; кроме того, он работал в фирме «Хьюз эйркрафт», когда я читал там серию лекций, и он решил, что я, быть может, окажусь до некоторой степени полезным при расследовании катастрофы. Когда я узнал, что расследование будет происходить в Вашингтоне, моей первой реакцией было отказаться от участия в нем. Один из моих принципов — не показываться

Feynman R. P. Mr. Feynman Goes to Washington. Ed. by R. Leighton. // Engineering and Science. Fall 1987. California Institute of Technology.

¹ Шаттл — американский космический корабль многоразового использования. «Челленджер» — второй после «Колумбии» корабль такого типа, вступивший в строй в апреле 1983 г. Взорвался при запуске на мысе Канаверал 28 января 1986 г. (10-й полет).



Макет шаттла, соединенного с баком для жидкого топлива и двумя твердотопливными ускорителями, которые обеспечивают тягу на начальном участке полета.

сколько-нибудь близко к Вашингтону и не иметь никаких дел с правительством.

Я стал звонить друзьям, пытаясь найти оправдание своему отказу, но все они сказали, что я должен принять приглашение. Тогда я обратился к своей жене. «Послушай,— сказал я,— это может сделать любой другой. Они могут найти кого-нибудь еще». «Нет»,— сказала Гвенет и объяснила, почему, по ее мнению, мой вклад будет уникальным. Я слишком скромно, чтобы пересказывать ее слова. Тем не менее она меня убедила. И я сказал: «Окей, я принимаю приглашение».

Так что в воскресенье, перед тем как позвонить мистеру Грэхему, я объявил Гвенет: «На шесть месяцев я совершаю самоубийство. Физической задаче, которой я занимался, я не смогу уделить ни минутки». Я и представить себе не мог, что потребуется целых два года, чтобы шаттл вновь полетел.

На следующий день, в понедельник, в 4 часа дня мне позвонили: «Мистер Фейнман, вы назначены членом комиссии». К тому времени это была уже «президентская» комиссия, и возглавлял ее бывший госсекретарь Уильям Роджерс. Первое заседание должно было состояться в среду в Вашингтоне. Поэтому во вторник я попросил найти людей из Лаборатории реактивных двигателей, которые могли бы хоть сколько-нибудь просветить меня насчет проекта «Шаттл». Я хочу сразу сказать, что Лаборатория реактивных двигателей охотно пошла на сотрудничество, и результаты этой короткой беседы были исключительно плодотворными.

Чтобы продемонстрировать, насколько они были плодотворны, скажу, что уже на первой страничке заметок, которые я сделал в ходе этой беседы, во второй строчке написано: «Уплотнительные кольца прожжены в нескольких местах». Это означает, что горячие газы прорывались через кольца, более того, как мне сказали, замазка из хромата цинка содержала пузырьки или отверстия. Оказалось, что именно через эти отверстия проникали газы, разрушая резиновые кольца. Так что уже во второй строчке моих заметок, сделанных во время этой беседы, зафиксировано то, что было главным пороком шаттлов.

Ребята из Лаборатории реактивных двигателей снабдили меня массой другой информации. Они рассказали мне о двигателях, спроектированных на исключительно высоком уровне, гораздо лучше обычных. При данном весе это самые мощные двигатели, которые когда-либо были созданы. НАСА заявляет, что технологический уровень этих двигателей обычный, однако это не так; с ними было много трудностей, о которых мне рассказали в Лаборатории реактивных двигателей. (Позже я узнал, что люди, работавшие над двигателями, при каждом запуске скрещивали пальцы, а когда увидели взрывающийся шаттл, не сомневались, что причиной катастрофы были двигатели.)

Как бы то ни было, с сутью дела предварительно я ознакомился, причем в хорошем темпе, как это делалось когда-то в Лос-Аламосе, один собеседник сменял

другого: сначала разговор о ракетах, потом о двигателях и так далее. Ознакомление шло очень интенсивно — именно так, как я люблю. Я впитывал информацию, как губка, и вот я готов ехать в Вашингтон.

Первое заседание комиссии было просто знакомством. Мистер Роджерс отметил, однако, важность наших отношений с прессой и необходимость осторожности в них. «Я знаю Вашингтон,— продолжал повторять он,— нам следует держаться общей линии и остерегаться утечек информации в прессу».

Следующее заседание состоялось в четверг и было публичным — оно было посвящено налаживанию наших отношений с прессой. На это заседание, кстати, нас привезли в лимузинах. И когда мы выходили, некоторые лимузины еще стояли на месте. Одним из членов комиссии был генерал Кьютина — очень красивый и внушительный в своем мундире. Однако наибольшее впечатление произвел на меня его вопрос: «А где здесь ближайшая станция метро?» Он сразу понравился мне, и позже я обнаружил, что мое первое впечатление было совершенно правильным.

Тем же вечером я набросал для себя вопросы, которые, на мой взгляд, следовало поставить, и вообще все, что я хотел бы изучить. Я спланировал свою деятельность, надеясь, что на нашем следующем заседании мне удастся выяснить, чем собираются заниматься остальные члены комиссии.

На следующий день, в пятницу, наше заседание было более продуктивным. Генерал Кьютина весьма подробно рассказывал нам, в чем, собственно, заключается расследование катастрофы и как оно должно проводиться, используя в качестве примера расследование аварии ракеты Титан. На меня это произвело большое впечатление. Я с радостью узнал, что большинство вопросов, которые мне хотелось задать, как раз и полагалось задавать; хотя расследование должно вестись гораздо методичнее, нежели я себе это представлял.

Я очень хотел, чтобы меня загрузили работой, хотел общаться непосредственно с техниками. Мистер Роджерс объяснил, что в Центр космических полетов им. Кеннеди мы отправимся в четверг на следующей неделе.

Мне не терпелось начать гораздо раньше. Я был на взводе и готов к работе. На шесть месяцев я решил «совершить самоубийство» — не заниматься ничем, кро-

ме расследования,— и мне было нечего делать. С заседания я ушел в жутком настроении.

И тут мне кое-что пришло в голову. Звоню мистеру Грэхему: «Слушай, Билл. Нам нечего делать пять дней! Я хочу начать работать! Я хочу ДЕЛАТЬ хоть что-нибудь!»

Он говорит: «Прекрасно! Ты можешь проехать в Джонсоновский центр, где занимаются телеметрией. Я знаю Дэвида Ачесона, члена комиссии. Он приятель Роджерса. Позвоню ему и узнаю, что он думает по этому поводу». Примерно через полчаса мне звонит мистер Ачесон: «Помоему, это прекрасная идея, но я не могу убедить Роджерса. Роджерс отказывается сказать, почему он против этого, и я просто не знаю, как мне убедить его».

Тем временем мистер Грэхем придумал компромиссный вариант: завтра, в субботу, он пригласит специалистов сюда, в вашингтонскую штаб-квартиру НАСА, чтобы они проконсультировали меня. Однако мистер Роджерс звонит мне и объясняет, что он не хотел бы, чтобы я устраивал такую встречу, что мы должны следовать заведенному порядку... Однако наш разговор кончается тем, что он говорит наконец: «Ладно, отправляйтесь в НАСА».

И я отправляюсь. Целый день я получал в НАСА консультации по двигателям и по уплотнениям. Консультацию по уплотнениям давал мистер Уикс. В конце длинного отчета по проблеме уплотнений была страничка с рекомендациями. Каждое сообщение следует за маленькой черной точкой, которую там называют «пулей», — именно так передается вся информация в НАСА.

Когда я просмотрел эти рекомендации, меня поразило противоречие между двумя «пулями»: в первой сказано, что «наиболее опасным является отсутствие хорошего вторичного уплотнения монтажных швов. Для уменьшения опасности меры по устранению этого дефекта должны приниматься как можно скорее». А в нижней части этого же листа: «Анализ имеющихся данных свидетельствует о том, что соответствующая конструкция позволяет безопасно продолжать полеты...» — и дальше идет перечисление условий, среди которых есть испытание на течь под давлением 200 фунтов (900 Н.— Ю. О.) (позже мы обнаружили, кстати, что само испытание на течь приводит к появлению в замазке отверстий и является одной из причин разрушения уплотнения!).

Я отметил это противоречие и спросил: «Что за анализ?». Оказалось, что это

была компьютерная модель. Компьютерное моделирование позволяет судить, до какой степени сгорит кусок резины в подобной сложной ситуации,— вот уж в это я не поверю!

Я обнаружил также, что вызывающие беспокойство вопросы возникали лишь при «проверке готовности к запуску», когда решалось, состоится он или нет. В промежутках между полетами проблема уплотнения никак не обсуждалась.

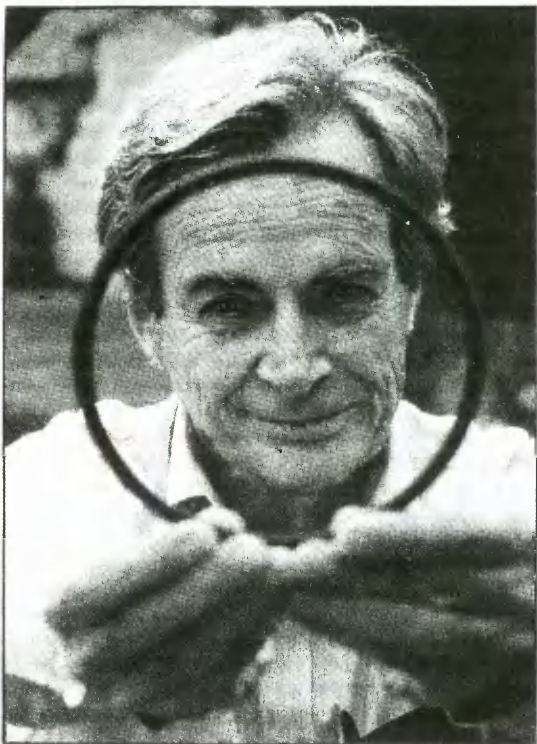
Таким образом, в действительности НАСА придерживалось такой политики: если уплотнения немного текут, но запуск прошел успешно, значит, ситуация с уплотнением не представляет собой ничего серьезного, уплотнения могут течь, и будет считаться, что все в порядке — ведь это не хуже, чем было в прошлый раз!

Такой подход, разумеется, крайне опасен. Текут одно или два уплотнения из пяти (пусть не все время), совершенно очевидно, что это дело случая, над которым мы не властны, это неопределенность. И вовсе нельзя исключить, что при следующем запуске эта неопределенность не претерпит статистической флуктуации и уплотнение не разрушится. И оно действительно-таки разрушилось.

На следующее утро, в воскресенье, мистер Грэхем захватил меня вместе со своей семьей в Национальный музей авиации и космонавтики. Там мы посмотрели кинофильм о НАСА. Он был так мастерски сделан, что я почти со слезами на глазах глядел на этих полных энтузиазма людей, которые на всех уровнях делают все, чтобы дело двигалось вперед. И это еще больше укрепило меня в решимости помочь как можно скорее выяснить истину и побеседовать со сборщиками шаттлов, с инженерами и со всеми, начиная с самого низа.

Позже в тот же день мне позвонил генерал Кьютина. «Я тут возился с карбюратором моей машины,— сказал он,— и знаете, мне кое-что пришло в голову. Вот вы — профессор. Скажите мне, пожалуйста, как влияет холод на резиновые прокладки?»

Я сразу понял, о чем он подумал. При запуске шаттла температура была 29°F [$-1,7^{\circ}\text{C}$.— Ю. О.), а при предыдущих запусках самая низкая температура была не ниже 53°F ($+11,7^{\circ}\text{C}$.— Ю. О.). Я ответил: «Вам это известно не хуже, чем мне. Резина становится твердой и теряет упругость». И это дало мне ключ. Профессор физики всегда нуждается в том, чтобы ему говорили, что нужно искать. Свои знания вы



Р. Фейнман с уплотнительным кольцом для модели твердотопливного ускорителя.

просто используете для ответов на вопросы.

В тот уикенд «Нью-Йорк таймс» напечатала статью о человеке по имени Кук из бюджетного отдела НАСА. Годом раньше мистер Кук направил своему начальнику письмо, в котором говорил, что, по мнению инженеров, с уплотнениями не все в порядке. Трудности преодолимы, но это может дорого стоить. Составляя бюджет, мистер Кук и пришел к выводу, что НАСА следует быть готовой к выделению неожиданной большой суммы денег для устранения проблем с уплотнениями.

Видите ли, пресса есть пресса, с ней надо ладить. Поэтому волей-неволей пришлось всех собирать в понедельник. Стоит напомнить, что к тому времени у нас еще не было заседания, на котором мы хоть что-нибудь сделали. На этом срочном заседании мы получили кое-какую интересную информацию: просматривая видеозапись запуска, люди из НАСА увидели что-то вроде дымки у одного из соединений как раз во время старта.

Однако еще интереснее было сообщение сотрудника «Мортон тиokol», при-

шедшего на заседание по собственной инициативе. Он сказал, что инженеры фирмы «Мортон тиокол» обратили внимание на то, что температура была низкой, беспокоились за свои уплотнения и знали, что в этих условиях резина теряет упругость. Больше того, они знали, что на холоде замазка становится очень вязкой и утрачивает способность быстро заполнять зазоры. Перед запуском инженеры были очень обеспокоены этим и сообщили сотрудникам Центра космических исследований им. Маршалла, что при температуре ниже 53 °F производить запуск не следует. Однако этим инженерам сказали, что решение об отмене запуска было бы ужасно и им нужно обдумать все еще раз. Доводы при этом выдвигались вполне логичные. (Кстати, тогда приводилось множество логичных до очевидности доводов, но стоило добавить к ним чуть-чуть здравого смысла — и все они оказывались логичными лишь с виду. Прорывы горячих газов, например, становились все более серьезными, но эти деятели продолжали смягчать свои критерии, заявляя: «Если раньше все сходило с рук, значит, и теперь все будет в порядке». Попробуйте с такими мерками сыграть в русскую рулетку: вы нажимаете на курок, и если случается осечка, заявляете, что все в порядке и можно продолжать...)

Позже мы узнали, что в этой внутренней дискуссии в «Мортон тиокол» инженеры продолжали настаивать, чтобы запуск был отменен, но администрация тем не менее разрешила его, дав обычное, внешне логичное, обоснование, которое состояло в том, что... не буду пересказывать, я все равно никогда не пойму его. Это безнадежно.

Во всяком случае, в то утро я спросил об упругости резины, и, как всегда, НАСА с готовностью снабдило меня нужной информацией. Во второй половине дня я получил пачку документов, где на первой странице значилось: «Член президентской комиссии мистер Фейнман желает получить информацию об упругости резиновых колец О-образного сечения при низких температурах...» — и далее запрос отсылался к сотруднику более низкого ранга. Сотрудник более низкого ранга писал сотруднику еще более низкого ранга: «Член президентской комиссии мистер Фейнман желает знать...» — и так далее вниз по цепочке. В середине пачки была бумага с ответом, а потом снова шли бумаги по цепочке уже вверх, в которых говорилось, что «настоящее является ответом на ваш запрос от такого-то во столько-то».

И вот я получаю эту стопку бумаг, похожую на сэндвич, в середине которого лежит ответ не на тот вопрос! Ответ, полученный мною, гласил: «Если сжимать резину в течение двух часов при определенной температуре определенным давлением, то после снятия давления ее форма восстанавливается через несколько часов». А я говорил о долях секунды при запуске, когда зазор между секциями изменяется внезапно. Так что содержащаяся в ответе информация была бесполезна.

На следующий день у нас должно было быть публичное заседание. Эти публичные заседания и брифинги уже стояли у меня поперек горла.

И вот я в мрачном настроении обедаю и смотрю на стол, а на столе стоит стакан воды со льдом. Тут я решаю: «Черт побери, ведь о резине я могу разузнать, и не посылая запроса в НАСА. Все, что мне нужно, это достать кусок резины, бросить его в воду со льдом и посмотреть, как она будет реагировать на сжатие!»

Я попросил у представителей НАСА образец резины. Получить его невозможно: они очень, очень аккуратны и каждый кусок материала регистрируется, пересчитывается и все такое, так что просто пойти на склад и взять кусок резины нельзя. Но мистер Грэхем вспоминает, что на модели монтажного шва, которую НАСА показывало нам раньше и собиралось показать снова на открытом заседании, есть два куса резины длиной примерно по полтора дюйма.

На заседании мне не терпелось поскорее продемонстрировать свой опыт, но сидевший рядом генерал Кьютина дал мне хороший совет. Он и до этого однажды дал мне совет. На первом публичном заседании он наклонился ко мне и сказал: «Второй пилот первому. Поправьте прическу». А теперь он говорил: «Второй пилот первому. Не сейчас».

И вот когда он сказал мне: «Пора!», — я проделал свой опыт, и все прошло наилучшим образом. Я продемонстрировал, что резина полностью теряет упругость, когда ее сжимают при такой низкой температуре. Это, скорее всего, и стало одной из причин аварии. Позже мы все сошлись на том, что именно так оно и произошло.

В среду 12 февраля заседания у нас не было, и я написал письмо домой. Я сообщил жене, что она была права — в определенном смысле среди всех членов комиссии я был единственным в своем роде. Уникальность моего положения, в част-

ности, заключалось в том, что я не был связан ни с одной из участвовавших в этом деле организаций. С этой точки зрения я не имел слабостей. Конечно, я был связан с Калтехом, но это ведь не было моим слабым местом! Генерал Кьютина, например, служил в ВВС, и он не все мог сказать так, как ему хотелось, потому что в ВВС его могли ждать неприятности. Салли Райд (женщина-астронавт — Ю. О.) все еще работала в НАСА. У каждого из членов комиссии были какие-нибудь обязательства и, следовательно, слабые места, а же был явно неуязвим.

Я продолжал выступать перед прессой — открыто, всегда называя свое имя (я терпеть не могу всяких фокусов вроде «неназванных источников» и тому подобного). Мой двоюродный брат говорил мне, что прессы не следует бояться, и это оказалось сущей правдой. Я имел возможность несколько раз убедиться в этом. Первым откликом была статья в «Нью-Йорк таймс», появившаяся после моего эксперимента с ледяной водой; на публичном заседании у меня не было времени объяснить значение и важность этого опыта, но они объяснили все совершенно правильно.

В другой раз меня интервьюировала Эн-Би-Си — они изловили меня в вестибюле моего отеля. Интервью заняло 15—20 мин., — женщина-репортер была очень лаконична и мила, а я говорил в своем обычном осторожном профессорском стиле, со всеми оговорками. Позже я увидел это интервью в «Вечерних новостях»: я появляюсь на пару секунд на экране, что-то говорю и — бах! — исчезаю. Но в тексте было пересказано то, что я говорил, и репортер снабдила это своим комментарием: «Дальше профессор отметил, что эти выводы основывались только на математической модели и могут быть не вполне надежными», — что-то вроде этого. Это было прекрасно. Коротко, очень осторожно и прекрасно — за исключением того, что по неопытности я говорил, не глядя в камеру. В результате все выглядело так, словно я беседую со своей собакой.

Но вот, в четверг мы наконец вылетели во Флориду. Предполагалось, что после двух дней пребывания в Центре им. Кеннеди мы вернемся в Вашингтон. Но я остался там еще на несколько дней. Все облазил, от киношников разузнал о снимках шаттла, от метеорологов — о льде, покрывшем в ту ночь стартовую площадку. Они же рассказали мне о странных результатах замера температуры утром дня запуска, и мы обсу-

дили, что здесь могло быть не так. Мы связались с людьми, изготавливавшими термометры, и попытались разобраться в устройстве, чтобы понять причину погрешности, но эти люди внезапно словно в рот воды набрали: очевидно, они боялись, что вину за катастрофу спихнут на них.

Я объяснил изготовителям, что при использовании приборов нарушались инструкции (приборы были включены слишком быстро после извлечения из упаковки) и что мы хотим узнать, как это повлияло на показания приборов, и так далее. В конце концов я добился, чтобы они дали исчерпывающее объяснение. Оказалось, что погрешность воспроизводима, и мы поставили эксперимент, в котором повторили все условия измерений и нашли поправку к показаниям термометров. Коротко говоря, я работал усердно.

Пока я крутился там, в Центре им. Кеннеди, открылось еще одно обстоятельство. Мистер Ламберт, отвечавший за сборку твердотопливных ускорителей, рассказал мне об одном инциденте с рабочими. После каждого запуска корпус ускорителя немного терял форму, и рабочим приходилось с помощью правильной машины (стержень с гидравлическим прессом на одном конце и муфта на другом) восстанавливать круглое сечение ракеты, причем, согласно инструкции, можно было разбивать усилие не выше 1250 фунтов (5600 Н. — Ю. О.). Однако так им не удавалось поправить ракету, они взяли гаечный ключ и подтянули муфту на другом конце машины так, что усилие стало больше. Действительно, после этого корпус ракеты удалось выправить, но один из рабочих заметил, что давление при этом поднялось до 1350 фунтов. И мистер Ламберт, по его словам, предостерег рабочих относительно необходимости выполнять инструкции. При этом они вели себя не как обычно, и это его очень беспокоило.

Потом я опускаюсь вниз и беседую с рабочими. Прежде всего я с удивлением слышу, что о предостережении мистера Ламберта мастер ничего не знает. Он говорит: «Нет, нас ни о чем не предупреждали. Мы следовали инструкции». Оказываясь, в инструкции сказано: муфту закреплять после того, как давление достигнет 1250 фунтов — черным по белому. Ничего не говорится, что после закрепления муфты давление возрастет; люди, писавшие инструкцию, видимо, были не очень осведомлены об этом, а рабочие фактически в точности следовали инструкции.

Так что мистер Ламберт не знал, что

происходит внизу. Он утверждал, что предостерегал рабочих. На самом же деле никогда не говорил с ними лично. У него создалось мнение, что рабочие ведут себя не так, как обычно, и должен сказать — впечатление верное. У рабочих была масса информации и никаких способов передать ее. Они много знали, видели кучу проблем и имели соображения относительно того, как их решать, но на это никто не обращал внимания. Причина была простая: все соображения надо было излагать письменно, а почти никто из этих парней не знал, как написать хорошую докладную. Однако они обладали очень высокой квалификацией, работали усердно и были полны энтузиазма.

Пока я занимался всем этим на мысе Канаверал, мистер Роджерс выступил в Вашингтоне перед комитетом конгресса (конгресс решал, стоит ли ему затевать свое собственное расследование). Сенатор Холлингс заявил: «Ну, так кто у вас там, в вашей комиссии? Пара астронавтов, лауреат Нобелевской премии, генерал, какой-то бизнесмен и пара адвокатов. Вам нужен работяга, который отправился бы на стартовую площадку и ел из одной миски с парнями, готовившими шаттл».

И мистер Роджерс нашелся с ответом: «Вам, сенатор, будет интересно узнать, что нобелевский лауреат сейчас как раз на мысе Канаверал и занимается именно этим!» Так мистер Роджерс постепенно понял, что я не совсем бесполезен. Мы стали уважать друг друга — т. е. я думаю, что он стал в конце концов уважать меня, а я определенно исключительно высоко ценю его способности.



Р. Фейнман (слева) на заседании комиссии. Справа американский астронавт Нил Армстронг — первый человек, ступивший на Луну.

Я вернулся в Вашингтон и столкнулся там со все возрастающими трудностями. Следующее заседание у нас снова было открытым, и на нем я задавал вопросы мистеру Ланду из «Мортон тиокол», тому самому, который переменял свое решение об отсрочке запуска шаттла. Кто-то из Маршалловского центра посоветовал ему почувствовать себя больше начальником, чем инженером, — и он отменил свое решение. Я спросил его: «Знаете ли вы основы теории вероятностей?» — и внезапно ощутил себя инквизитором.

Мистер Роджерс говорил нам, что мы должны быть осторожны с этими людьми — от нас зависят их карьеры. Подумав об этом, я почувствовал себя ужасно, уже не мог ничем заниматься и отправился на день-другой отдохнуть в Калифорнию.

Возвратясь в Пасадину, я зашел в Лабораторию реактивных двигателей и обсудил увеличенные снимки запуска с Джерри Соломоном и Мимонгом Ли. Они тоже изучали пламя, возникшее сбоку твердотопливного ускорителя непосредственно перед взрывом главного резервуара. Только что я вернулся из Вашингтона, где выслушивал туманные рассуждения администрации НАСА. Как и в беседах с киношниками и метеорологами в Центре им. Кеннеди, здесь, в Калтехе и в Лаборатории реактивного движения, все было просто и ясно. Какой контраст!

В конце концов мы разделились на две рабочие группы, и с группой генерала Кьютина я отправился в Центр им. Маршалла. Первым событием стало сообщение ответственного за безопасность окружающей местности — офицера по фамилии Юлиан, который пришел к нам и рассказал о дискуссии по поводу безопасности, которую он имел с руководством НАСА. Мистер Юлиан должен был решить, устанавливать ли на шаттле заряды, чтобы иметь возможность взорвать его в случае его падения на город. Шишки из НАСА сказали: «Никаких зарядов не надо, шаттл безопасен. Он никогда не упадет на город».

Мистер Юлиан пытался доказать, что такая опасность существует. Раньше одна из 25 ракет терпела аварию, и мистер Юлиан оценивал вероятность аварии примерно в 1:100 — этого вполне достаточно, чтобы оправдать установку зарядов. Однако руководители НАСА сказали, что вероятность аварии равна 1:100 000. Это значит, что, если вы будете запускать по одному шаттлу каждый день, среднее время до первой ава-

рии составит 300 лет,— это была явно дикая оценка.

Тогда я задумался вот над чем: к данному моменту мы обнаружили, что катастрофа случилась из-за отказа одного из уплотнений, а руководство сказало нам, что оно ничего не знало о проблеме уплотнений,— при том, что мне удалось сразу выяснить это в Лаборатории реактивных двигателей, еще до поездки в Вашингтон. Мы видели, что у НАСА нет налаженной системы решения возникающих проблем. Даже если инженеры писали письма вроде «Помогите!» или «Катастрофическое положение!», ничего не менялось. Естественно, возник вопрос: «Всюду ли контакты между инженерами и администраторами столь же плохи»? Для себя я решил: «Нужно выяснить, типично ли это для всей системы или только для «Мортон тиокол», и мы столкнулись с этим только потому, что отказали резиновые кольца». Поэтому я сообщил людям из Центра им. Маршалла, что хочу разобраться с двигателями. Мне хотелось переговорить с парой инженеров, причем так, чтобы не было никого из начальства.

— Хорошо, сэр, можно устроить. Завтра утром в 9.00 Вам подойдет?

Назавтра я прихожу, вот инженеры, все в порядке, но тут еще и начальство со здоровенным томом: «Памятная записка от такого-то февраля члену комиссии Ричарду Фейнману...» — все изготовлено за одну ночь.

— Ну и ну! — говорю я. Вот это работа!

— Да нет, ничего особенного; просто мы собрали текущие бумаги, которыми пользуемся постоянно.

Двигатель — чрезвычайно сложное устройство, которое сходу понять трудно, и инженеры объясняли его работу, показывая диапозитив за диапозитивом. А я задавал свои обычные «дурацкие» вопросы.

Спустя некоторое время мистер Лавингуд, тамошний начальник средней руки, сказал: «Мистер Фейнман, мы потратили уже два часа. Всего здесь 123 страницы, а мы просмотрели только 20».

— Ничего, не беспокойтесь, — ответил я, — уверен, что дальше пойдет быстрее, но свои вопросы я хотел бы задавать вначале. Иначе я не пойму.

Внезапно мне пришла в голову идея: «Ладно, чтобы сберечь время, я задам вам свой главный вопрос: имеет ли место и у вас то же непонимание или различие понимания между инженерами и администраторами, которое мы обнаружили у тех, кто занимается ускорителями».

Мистер Лавингуд сказал: «Разумеется, нет. И хоть я теперь и администратор, но образование получил инженерное».

Я раздал каждому из присутствовавших по листку бумаги, сказав: «Теперь, пожалуйста, пусть каждый из вас напишет, что он думает о вероятности аварии, вызванной двигателем».

Ответов было четыре: три от инженеров и один от администратора, мистера Лавингуда. Один из ответов был явной отпиской, я взглянул на мистера Лавингуда и сказал: «Мне кажется, что вы уклонились от ответа».

Он ответил: «Не думаю».

«Ладно, смотрите, — сказал я, — вы не ответили мне, какова ваша цифра. Вы рассказали мне только, как вы ее определяете. А я хочу знать: после того, как вы ее определили, какова она?»

Он говорит: «100 %-ная надежность». Инженеры открывают рты от удивления. Я тоже. Смотрю на него, все смотрят на него, и он добавляет: «Ну... минус малая величина».

— Ладно. Теперь остается только выяснить, сколь мала эта малая величина?

Он отвечает: «Одна сотысячная». Я показываю мистеру Лавингуду остальные ответы (все примерно 1:200) и говорю: «Я вижу, что здесь, как и у тех, кто занимается ускорителями, имеется различие в информации и знаниях между инженерами и администраторами, но я не буду надоедать вам: вернемся лучше к двигателю».

Они стали рассказывать мне дальше про двигатель, и скоро я понял, как он работает. Потом мне поведали о всех трудностях, с которыми пришлось столкнуться, работая над двигателем. И я увидел ту же игру, с которой встретился при знакомстве с твердотопливными ускорителями, — снижение требований и внесение в конструкцию ошибок, которые первоначально не были в нее заложены.

Позже я познакомился с программами компьютеров НАСА, с помощью которых полет шаттлов контролируется от запуска до посадки, — хотелось бы проверить, нет ли аналогичной ситуации и там. В этом случае, напротив, инженеры и администраторы отлично понимали друг друга и тщательно следили за тем, чтобы в ходе полетов критерии приемлемости не менялись. Эту часть комплекса я нашел вполне удовлетворительной.

Все обнаруженное мной я описал в специальном отчете, надеясь, что он будет представлен для обсуждения другим членам комиссии. Я послал его Элу Килу, служаще-

му аппарата, которого мистер Роджерс выбрал для помощи комиссии. Мистер Кил сказал мне по телефону, что он получил ответ и ознакомит с ним всех членов комиссии.

К этому времени мы начали писать нашу часть основного отчета об аварии «Челленджера». Генерал Кьютина привлек к работе весь штат Центра им. Маршалла. Примерно через два дня мы получаем послание от мистера Роджерса: «Возвращайтесь в Вашингтон. Вам не следует писать отчет там». Мы возвращаемся в Вашингтон, и мистер Грэхем предоставляет мне кабинет и секретаря, который был очень полезен. Я помог нашей группе написать нашу часть отчета — не без содействия со стороны мистера Кила.

Все это время я ждал, что в Вашингтоне будет заседание, на котором мы обсудим все, что узнали, вместе обдумаем, рассмотрим с разных точек зрения (ведь, помимо астронавтов, в нашей комиссии были юристы и промышленники, ученые и инженеры) и решим, что делать дальше. Однако на наших заседаниях мы занимались тем, что можно было бы назвать «оттачиванием стиля»: подправляли пунктуацию, сглаживали фразы и тому подобное. У нас так и не было действительного обсуждения идей!

Кроме этой редакторской деятельности, мы занимались типографскими проблемами и цветом обложки. На каждом заседании нас просили голосовать по этому вопросу, и хотя я считал, что было бы резонно голосовать именно за тот цвет, на котором мы все сошлись на прошлом заседании, всегда оказывалось, что я в меньшинстве! В конце концов мы порешили, что цвет будет красным. Отчет вышел в голубой обложке.

Во всяком случае, после одного из заседаний я беседовал с Салли Райд о моем опыте расследования подготовки двигателей и программ и заметил, что она, по-видимому, не знакома со специальным отчетом, который я написал и который, как мистер Кил сказал мне, будет показан всем членам комиссии. Поэтому я сообщил ему: «Салли не видела моего отчета». «Ой,— сказал он и добавил, обращаясь к своему секретарю,— сделайте копию отчета мистера Фейнмана и вручите ее миссис Райд».

Потом я обнаружил, что и мистер Ачесон не видел отчета... «Сделайте копию и вручите ее мистеру Ачесону».

В конце концов до меня все дошло:

«Мистер Кил, мне кажется, никто не видел моего отчета».

Тогда он сказал своему секретарю: «Сделайте копии для всех членов комиссии и раздайте им».

Я сказал: «По-моему, вы говорили, что отчет показан всем».

— Мне кажется, я показал его всем.

Нечего и говорить, что, когда я опросил членов комиссии, оказалось, что моего отчета не видел ни один из них.

Все члены комиссии нашли мой отчет очень полезным и решили, что суть его должна быть как-то отражена и в отчете комиссии. Но мы не могли обсудить этого, потому что были полностью загружены редактированием уже написанного. И я решил выпустить его параллельно в виде приложения. Чтобы мой отчет случайно не потеряли, мне пришлось держать все под контролем до тех пор, пока он не попал в руки настоящего редактора, весьма способного человека по имени Хансен, который все мои «кто» заменил на «который», а «который» — на «кто», полностью сохранив смысл отчета. Затем мистер Кил отредактировал его так, чтобы его можно было издать в виде приложения, опустив при этом уйму мыслей. Мотивировал он это тем, что в моем отчете много общих с главным докладом положений, я же доказывал, что гораздо легче читать нечто целое и, поскольку мой отчет будет опубликован отдельно, повторения не повредят.

Наконец комиссия собралась на свое последнее заседание. Обсуждались рекомендации комиссии президенту. Мы выработали девять рекомендаций. А на следующий день в кабинете мистера Роджерса я слышу, как он говорит: «Я подумал, что нам надо добавить десятую рекомендацию: «Комиссия настоятельно рекомендует, чтобы правительство и нация продолжали оказывать НАСА поддержку...» За все четыре месяца работы комиссии мы ни разу не обсуждали эту тему. Не говорилось об этом и в президентских директивах. Мы должны были только расследовать катастрофу, выяснить ее причины и дать рекомендации, как впредь избежать подобных катастроф.

Поэтому я счел десятую рекомендацию неуместной и сказал об этом. Какое-то время мы препирались по этому поводу, но мне надо было поспеть на самолет в Нью-Йорк, где я собирался провести уикенд. Я размышлял над всем этим в самолете, и чем больше я думал, тем яснее видел, насколько ошибочным будет введение десятой рекомендации. Впрочем, все это

вполне было в стиле НАСА — отчеты, напигованные противоречивыми рекомендациями, и т. п. И на сей раз то же самое: мы указываем на все слабые места, но в заключение рекомендуем продолжать запуск!

Я твердо знал, что все это мне не нравится, более того, мы не обсуждали эту идею на заседаниях — она принадлежала мистеру Роджерсу. Мне не хотелось спорить по телефону, поэтому я написал ему письмо, в котором обстоятельно объяснил, почему мне не нравится десятая рекомендация.

По возвращении из Нью-Йорка я узнал от мистера Роджерса, что он мое письмо прочел и согласен с ним, но при голосовании я оказался в меньшинстве.

Я воскликнул: «Как я мог оказаться в меньшинстве, если заседания не было?»

«Да, я знаю, но я обзвонил всех, — ответил он, — и все проголосовали за десятую рекомендацию».

«Ладно, — сказал тогда я, — мне хотелось бы получить копию этой рекомендации» и отправился за ней. Когда я вернулся, оказалось, что мистер Кил забыл о том, что с мистером Хотцем (тоже членом комиссии. — Ю. О.) еще не говорили. Мистер Хотц был здесь, и я мог обсудить все непосредственно с ним. Обедать я пошел с мистером Ачесоном и мистером Хотцем, и, по-моему, мистер Хотц согласился со мной, но мистер Ачесон, когда мы вернулись в кабинет мистера Роджерса, сказал: «Это условия игры. Если бы мы были комиссией Национальной академии наук, ваши возражения были бы уместны. Но это президентская комиссия, и мы должны сказать что-нибудь угодное президенту».

«Не вижу разницы, — заметил я (вовремя проявить наивность иногда полезно), — просто не понимаю. Почему нельзя в докладе президенту проявлять осторожность и придерживаться научного подхода?» (Наивность не всегда срабатывает. Мой довод не имел успеха.)

Несмотря на то что некоторые члены комиссии согласились с десятой рекомендацией, я все же продолжал считать, что мы должны обсудить ее на заседании. Кроме того, меня вынуждали переделать мой отчет, хотя он и должен был появиться всего лишь в виде приложения. Я посоветовался со своей сестрой, которая бывает в Вашингтоне.

Она сказала: «Послушай, если они поступят так с твоим отчетом, вклад, который ты внес, станет совсем не виден. Со-

здается впечатление, словно ты ничего не сделал».

«Ага!» сказал я и послал мистеру Роджерсу телеграмму:

«Прошу снять мою подпись с титульного листа отчета, если не будут выполнены два условия: 1) десятой рекомендации не будет и 2) мой отчет появится в виде приложения, не отличающегося от варианта № 23 мистера Хансена».

К этому времени я знал, что должен выражаться исключительно точно. (Кстати, все делалось в 23 вариантах. Замечено, что компьютеры, которые должны бы увеличивать скорость нашей работы, не ускоряют написание отчетов. Раньше делалось только 3 варианта — потому что их было трудно печатать — а теперь — 23 варианта!)

Результатом этой телеграммы было то, что мистер Роджерс и мистер Кил сделали попытку достигнуть компромисса и попросили генерала Кьютина стать посредником — было известно, что мы в дружбе. Они не знали, насколько хорошим другом он был.

Генерал звонит мне и сходу говорит: «Привет, профессор. Я звоню из Пентагона, и никто этот разговор не подслушивает. Разрешите мне прежде всего сказать вам, что я за вас. Но мне поручили убедить вас переменить решение, и я должен изложить вам все аргументы». «Валайте, — говорю я, — я не собираюсь менять своего решения, тем не менее выкладывайте ваши аргументы».

Ни один из них не возымел действия. Аргументы были весьма нелепые. Например: «Если вы не принимаете десятой рекомендации, они откажутся от компромисса, на который уже пошли относительно публикации вашего отчета в виде приложения». Меня это мало трогало, так как заставить подписать меня главный отчет никто не мог, а свой отчет я мог опубликовать и сам. Но все-таки в конце концов я пошел на компромисс: «Хорошо, сделайте из рекомендации заключительную фразу, изменив «настоятельно рекомендует» на «призывает»».

Они приняли это.

Немного погодя мне звонит мистер Кил:

— Можем мы сказать: «настоятельно призывает»?

Я отвечаю: «Нет, просто “призывает”».

Так что я поставил свою подпись на главном отчете, мой же вышел в виде приложения — все кончилось благополучно. В четверг на церемонии в розовом саду Белого дома мы вручили отчет президен-

ту. Отчет должен был быть оглашен в понедельник, чтобы президент мог с ним ознакомиться.

В эти три дня репортеры не знали покоя. Было известно, что отчет закончен, и они наперегонки пытались вынюхать, что в нем. Без конца звонили мне, потому что раньше я охотно помогал им. Мне пришлось попросить своего секретаря говорить, что на все вопросы я отвечу на пресс-конференции во вторник.

Просочились слухи о разногласиях между мной и мистером Роджерсом. Начала одна газета из Майами, и скоро все газеты стали расписывать подробности нашего спора, но когда репортеры кинулись ко мне, их ждало сообщение: «Ему нечего сказать; на все ваши вопросы он ответит на пресс-конференции во вторник».

Это звучало очень подозрительно, и моя пресс-конференция сделалась очень популярной. Большинство вопросов на ней крутилось вокруг этих разногласий. Поэтому я хотел бы еще раз повторить, что с мистером Роджерсом у меня не было никаких проблем. На самом деле я очень хорошо отношусь к нему. Он прекрасный человек, и комиссией руководил действительно хорошо. Хотя сначала мне не совсем был понятен его стиль. Я же был для него настоящей проблемой, полагаю, большую часть времени.

В заключение хотел бы кое-что сказать об общем упадке НАСА и о том, что информация от инженеров не поступает к руководителям. Система руководства, разработанная в НАСА для программы «Аполлон», была великим достижением — больше 20 лет назад. Однако с течением времени с ней произошло то, что происходит со многими человеческими нововведениями, — она пришла в упадок. Вопрос о том, как и почему. Я не знаю.

Но на этот счет у меня есть гипотеза, которую я обсуждал с очень многими. Мне не раз пытались объяснить, почему она неверна. Однако я не запомнил приводимых доводов — так уж устроен человек. У меня тоже есть свои слабости, поэтому я не могу устоять перед искушением рассказать, в чем, на мой взгляд, заключается проблема.

Когда НАСА стремилось достичь Луны,

это была цель, желанная для каждого. Все были готовы помогать, как когда-то в Лос-Аламосе. Между руководством и остальными не возникало никаких проблем, потому что все старались делать одно и то же. Однако потом, когда высадка на Луну была осуществлена, все эти люди, все учреждения и так далее остались в НАСА. Цель достигнута, но не увольнять же людей, не выгонять их на улицу. Вот и возникла проблема, чем заниматься дальше.

Пришлось убеждать конгресс, что есть дело, которое эта организация может сделать. Чтобы убедить, необходимо (во всяком случае, в той ситуации было необходимо) преувеличивать экономическую выгоду запусков шаттлов, значение научных открытий, которые будут сделаны (в любой газетной статье о шаттлах обязательно говорилось о полезных опытах в невесомости — по приготовлению лекарств, новых сплавов и т. д., — но ни в одной научной статье я не видел ни одного научного результата этих экспериментов, которые изображались такими важными). И НАСА расписывало, как дешево будет стоить шаттл, как часто он сможет летать, расписывало до того усердно, что неправильность этих утверждений стала очевидной — очевидной для множества организаций, которые писали отчеты, пытались заставить конгресс протереть глаза и увидеть, что заявления НАСА не соответствуют действительности.

Я уверен, что на самом деле (помните, это только гипотеза), на самом деле, хотя инженеры в мастерских знали о нереальности заявлений НАСА, хотя начальство понимало, что привирает, оно не хотело слышать, что оно привирает. Оно не хотело слышать о трудностях инженеров — что шаттл не может летать так часто, что он может потерпеть аварию и так далее. Им было удобней не слышать этого, тогда они выглядели бы более «честными», убеждая конгресс дать добро на их проекты.

Итак, моя гипотеза сводится к тому, что утрата общих интересов — между инженерами и учеными, с одной стороны, и администраторами — с другой, — является причиной ослабления сотрудничества, которое, как вы видели, привело к несчастью.

Сокращенный перевод с английского
Ю. Ф. Орехова

Космические исследования

Экспедиция на «Мире»: март — апрель 1988 г.

В марте — апреле 1988 г. космонавты В. Г. Титов и М. Х. Манаров продолжили исследовательскую работу на орбите, начатую 23 декабря 1987 г.

Была завершена работа по разгрузке корабля «Прогресс-34». 24 марта запущен очередной грузовой корабль «Прогресс-35», доставивший на орбиту топливо для объединенной двигательной установки, продукты питания, оборудование и аппаратуру, почту.

Космонавты продолжали выполнять программу астрофизических исследований. С помощью телескопов орбитальной обсерватории «Рентген» регистрировалось излучение рентгеновского пульсара в созвездии Геркулеса и рентгеновского источника Лебедь X-1. Проведены также несколько серий съемок различных участков звездного неба в ультрафиолетовых лучах, при этом УФ-телескоп «Глазар» был направлен на созвездие Большой Медведицы.

По программе геофизических исследований определялись оптические характеристики атмосферы; эксперименты выполнялись с помощью электронного фотометра ЭФО-1 методом измерения яркости звезд при их заходе за атмосферу Земли. Очередные циклы измерений потоков элементарных заряженных частиц в околоземном космическом пространстве проводены магнитным спектрометром «Мария». Данные будут использованы для дальнейшего изучения механизма генерации частиц высоких энергий в радиационных поясах Земли и околоземном пространстве.

С помощью аппаратуры, установленной на внешней поверхности станции, изучалось

распределение потоков микрометеоритов в околоземном пространстве.

По программе космического материаловедения исследовались особенности плавления и кристаллизации материалов при нагреве их концентрированным потоком лучистой энергии от зеркально-лучевой печи.

С помощью установки «Кристаллизатор» изучалась кристаллизация металлических сплавов в невесомости; в качестве модельного материала использовался сплав алюминий — медь. На установке «Пион-М» исследовались процессы тепло-массообмена в условиях слабой гравитации и особенности структурообразования коллоидных растворов. Тонкоплочные структуры кремния были получены плавкой на технологической установке «Корунд».

13 и 15 апреля по программе аэрокосмического эксперимента «Карибз — Интеркосмос-88» космонавты провели серию съемок и спектрометрирования отдельных районов Кубы. Эксперимент велся в рамках международного космического проекта «Изучение динамики геосистем дистанционными методами», в котором принимают участие специалисты НРБ, ГДР, Кубы, ПНР и СССР. Цель эксперимента — изучение современного состояния и развития геосистем в зоне тропического пояса. Параллельно со съемками с борта орбитального комплекса «Мир» и спутников «Космос-1766 и -1869» исследования проводились с самолетов-лабораторий, наземных и морских измерительных пунктов. Полученные результаты будут использованы для оценки процессов, происходящих в районах интенсивного сельскохозяйственного и промышленного освоения, а также в интересах промыслового рыболовства.

По-прежнему много времени экипаж уделял медицинским исследованиям и экспериментам.

Космические исследования

Индийский спутник ИРС-1А

17 марта 1988 г. в 9 ч 43 мин по московскому времени в Советском Союзе с космодрома Байконур был запущен индийский спутник ИРС-1А. Ракета-носитель «Восток» вывела спутник массой 974 кг на солнечно-синхронную полярную орбиту с высотой в апогее 917 км, в перигее — 863 км, наклонением 99,01°, периодом обращения 102,7 мин.

ИРС-1А предназначен для дистанционного зондирования Земли и исследования природных ресурсов Индии с помощью оптико-электронной аппаратуры.

Работы по подготовке и проведению запуска выполнены Главкосмосом СССР в соответствии с коммерческим соглашением, заключенным между Внешнеторговым объединением «Лицензинторг» и индийской организацией космических исследований (ИСРО). Это — первый коммерческий контракт нашей страны в области космических исследований (ИСРО выплатила советской стороне за ракету-носитель и услуги по обеспечению запуска спутника 7,5 млн руб.).

Спутник оснащен тремя телекамерами, работающими в трех видимых и одном ближнем инфракрасном диапазоне. Одна телекамера обеспечивает ширину полосы съемки земной поверхности 148 км и разрешение на местности около 70 м, две другие — ширину полосы съемки 74 км и разрешение 36 м.

Для проведения съемок выбрана солнечно-синхронная орбита, а время запуска рассчитано таким образом, чтобы обеспечить съемку территории Индии в наиболее благоприятные утренние часы. Съемка каждого участка земной поверх-

ности будет повторяться через 22 ч.

Электроэнергией спутник обеспечивается от солнечных батарей (мощность 545 Вт в конце расчетного периода эксплуатации в 3 года).

Управление спутником ИРС-1А осуществлялось на начальном этапе советской станцией слежения «Медвежья озеро» в Подмоскowie и индийским центром управления в г. Бангалоре. Ежедневно информация с борта спутника принимается станцией в Хайдарабаде, где также создан комплекс средств обработки получаемой информации.

С. А. Никитин
Москва

Астрофизика

Сверхновая 1987А: поляриметрические наблюдения и интерпретация

Поляриметрические (связанные с измерениями поляризации света) наблюдения сверхновых дают уникальную информацию о геометрии и структуре оболочки, образовавшейся после взрыва звезды, позволяя, в частности, определить, был взрыв сферически симметричным или асимметричным и оценить количественно степень несферичности.

На различных обсерваториях мира проведены поляриметрические наблюдения сверхновой 1987А, взорвавшейся в Большом Магеллановом Облаке 23 февраля 1987 г.¹ Из-за отсутствия наблюдательной базы в Южном полушарии советские астрономы, казалось, лишены возможности провести оптические наблюдения этого уникального объекта. Однако по-

могла счастливая случайность: примерно в это же время Академия наук СССР организовала астрономическую экспедицию в Боливию, в задачи которой первоначально не входили наблюдения сверхновой, но известие о вспышке заставило срочно пересмотреть программу. В итоге специалисты из Главной астрономической обсерватории АН СССР и Главной астрономической обсерватории АН УССР получили уникальную возможность провести поляриметрические наблюдения СН 1987А.

Важная задача при анализе поляриметрических данных — правильно учесть межзвездную поляризацию. Для СН 1987А она складывается из двух компонентов: поляризации внутри Галактики и поляризации, возникшей непосредственно в Большом Магеллановом Облаке. Эту задачу удалось успешно решить.

Анализ полученных данных показал наличие собственной поляризации излучения СН 1987А, что свидетельствует о сильной несферичности ее оболочки. Заметное уменьшение степени поляризации в течение одного месяца означает, что, расширяясь, оболочка становится все ближе к сферической.

Интересный результат был получен при анализе данных от 21 марта 1987 г., когда наблюдался скачок на 90° угла плоскости поляризации. Такой скачок может быть объяснен рассеянием излучения на крупных пылинках (хотя существуют и другие возможности объяснения этого эффекта).

Как оказалось, в линиях поглощения степень поляризации значительно выше, чем в непрерывном спектре. Это означает, что оболочка сверхновой сильно стратифицирована (т. е. область, где образуются линии поглощения, более асимметрична, чем область образования непрерывного спектра).

По степени круговой поляризации излучения от сверхновой установлено, что ее магнитное поле не превышает $3 \cdot 10^{11}$ Гс.

Была получена также грубая оценка несферичности оболочки СН 1987А: отношение радиуса сплюснутой оболочки к

ее толщине равно $1/3$, а для внешних частей оболочки, где формируются линии поглощения, это отношение составляет $1/5$.

Письма в Астрономический журнал. 1988. Т. 14. № 5. С. 387—393.

Астрофизика

Возраст и химический состав Млечного Пути

Возраст звезд и звездных систем находят с помощью диаграммы Герцшпрунга—Рессела¹ методом теоретических изохрон. Звезды одинакового возраста и химического состава на этой диаграмме располагаются вдоль так называемой главной последовательности, имеющей резкую границу со стороны ярких звезд. Она называется точкой поворота, и по ее положению определяют возраст данной группы.

До сих пор точку поворота, а следовательно, и возраст, удавалось находить только для звездных скоплений, поскольку они как раз и состоят из звезд одинакового возраста и химического состава. Для звезд поля, которые в основном и образуют Млечный Путь, это сделать трудно из-за большого разброса указанных характеристик. И лишь недавно, используя новейшие данные массовых фотометрических измерений звезд, В. А. Марсаков, А. А. Сучков, Ю. Г. Шевелев (Ростовский государственный университет) выделили звездные группы с одинаковым содержанием тяжелых элементов («металлов») и впервые непосредственно определили возраст диска Галактики: 7—10 млрд лет. Интересно, что такой же возраст имеют самые старые рассеянные звездные скопления, которые тоже принадлежат диску.

¹ Ефремов Ю. Н. Вспышка сверхновой в Большом Магеллановом Облаке // Природа, 1987. № 6. С. 102—103.

¹ Зависимость видимой звездной величины от показателя цвета.

Наряду с диском, который мы и наблюдаем в виде Млечного Пути, в Галактике имеется вторая подсистема — гало. Из данных по шаровым звездным скоплениям известно, что возраст гало 15—18 млрд лет. Таким образом, подтверждается высказанная лет десять назад гипотеза, согласно которой гало в 1,5—2 раза старше диска, и между фазами рождения гало и диска в Галактике, по крайней мере в окосолнечной окрестности, почти не происходило образования звезд.

Кроме того, оказалось, что среди самых старых звезд содержание «металлов» меняется в очень широких пределах. С уменьшением возраста звездной группы величина разброса уменьшается. Отсюда следует, что на начальной стадии формирования диска разреженное вещество Галактики было очень неоднородным по химическому составу и из него рождались звезды с самым разным содержанием «металлов». Степень неоднородности со временем уменьшалась, вероятно, в результате перемешивания вещества; параллельно происходило дополнительное обогащение тяжелыми элементами.

Таким образом, вырисовывается очень непростая картина изменения химического состава Млечного Пути. Согласно ей, Солнце образовалось почти в самом начале формирования галактического диска и возникло оно из газового облака, которое было обогащено «металлами» значительно выше среднего на тот момент уровня.

Астрономический циркуляр.
1987. № 1485, 1486, 1501.

Астрофизика

Галактические «ураганы» и образование галактик

В 1983 г. международная космическая обсерватория IRAS открыла инфракрасные галактики — звездные системы с невероятно мощным выделением энергии, связанным, несомненно, с грандиозной вспышкой звездообразования. Нечто по-

добное астрономы давно пытались увидеть, изучая прошлое Вселенной, ту ее фазу, когда в ней стали рождаться галактики. Поэтому новые объекты сразу привлекали внимание.

Т. Хекман (T. Heckman; Мерилендский университет, США) с сотрудниками, исследуя ИК-галактики Арп 220 и NGC 6240, пришли к выводу, что в них развивается необычный процесс, названный ими галактическим сверхветром. Вспышка звездообразования приводит к тому, что в ИК-галактиках взрывается огромное количество сверхновых, в сотни и тысячи раз больше, чем в нормальных галактиках. В результате возникает фантастически мощный поток раскаленного газа ($T \sim 10^8$ K), «выносящий» из галактики $10-100 M_{\odot}$ вещества в год; поток кинетической энергии составляет $10^{44}-10^{45}$ эрг/с! Это и есть галактический сверхветер, а лучше сказать, галактический ураган: за время вспышки (около 10^8 лет) он перенесет примерно $10^8 M_{\odot}$ и энергию порядка 10^{60} эрг.

При взаимодействии ветра с облаками газа в галактике образуется характерная система нитеобразных туманностей (филаментов), ярко светящаяся в эмиссионных линиях. На периферии облака могут вообще разрушаться, нагреваясь до температуры около 10^7 K. При этом вокруг галактики возникает горячая газовая оболочка, излучающая в рентгеновском диапазоне. Таким образом, становится понятным необычное эмиссионное и сильное рентгеновское излучение ИК-галактик, которое отличает их (наряду с мощным инфракрасным излучением) от нормальных галактик.

Авторы считают, что ИК-галактики дают уникальную возможность понять, как происходило образование звезд и галактик в экстремальных условиях ранней Вселенной. Описанная ими картина удивительно похожа на предсказания «горячей» модели формирования галактик¹ и позволяет существенно

¹ Подробнее о «горячей» модели см., напр.: Сучков А. А. // Астрон. журн. 1987. Т. 64. С. 708—719; 1988. Т. 65. С. 1—11.

конкретизировать ее. В «горячей» модели галактики проходят через активные фазы эволюции — периоды мощного выделения энергии, связанные со вспышками звездообразования. Во время активной фазы газ нагревается до температур 10^7 K, что приводит в конце концов к остановке звездообразования. Данные об ИК-галактиках подсказывают, как конкретно это происходит. В этот период в галактиках, по-видимому, возникает сверхветер, который и нагревает газ до «рентгеновских» температур (10^7 K). По всей вероятности, на этой стадии они выглядят, как и ИК-галактики, лишь умеренно яркими в оптическом диапазоне объектами, но с мощным рентгеновским и инфракрасным излучением (правда, последнего может и не быть, если за время активной фазы в галактике не успевает образоваться пыль). В спектре таких галактик должны быть сильные эмиссионные линии филаментов. С прекращением звездообразования под действием сверхветра оптическая (и инфракрасная) светимость уменьшается, исчезают эмиссионные линии, но еще долго будущая звездная система продолжает оставаться рентгеновским источником. Начало нового, основного звездообразования может затянуться на время порядка миллиарда и более лет.

Таким образом, возникает вполне определенная картина, которая показывает, на что следует ориентироваться при разработке наблюдаемых программ поиска рождающихся галактик в далеком прошлом Вселенной.

Astronomical Journal.
1987. Vol. 93. P. 276—279 (США).

Астрофизика

Загадка облаков «Лайман-альфа»

В спектрах далеких квазаров наблюдаются линии поглощения атома водорода Ly α , смещенные в красную сторону. Они возникают при прохожде-

нии света квазара через облака газа, расположенные на луче зрения между нами и квазаром. Облака находятся на далеких, космологических расстояниях от нас, и каждое дает линию со своим красным смещением Z . Число облаков иногда бывает столь велико, что в спектре образуется «лес» линий Ly α с разными значениями.

Известны три типа таких облаков, получивших название «Лайман-альфа». Первые имеют малую плотность атомов на луче зрения ($N < 10^{17} \text{ см}^{-2}$). У них нет других линий поглощения, в пространстве они распределены совершенно случайно, и их очень много по сравнению с галактиками. Все это дает основание считать их межгалактическими облаками, не связанными с галактиками. Облака второго типа ($N > 10^{17} \text{ см}^{-2}$) имеют линии поглощения других элементов (их условно называют линиями «металлов», хотя в основном наблюдаются линии ионов углерода). У этих облаков есть тенденция образовывать скопления в пространстве. Третий тип имеет значения $N > 10^{20} \text{ см}^{-2}$, характерные для газовой компоненты галактик.

Если облака третьего типа достаточно понятны — они, скорее всего, находятся в галактиках, то природа облаков первого и второго типов, как сейчас выясняется, крайне загадочна. Д. Тайтлер (D. Tytler; Паломарская обсерватория, США) установил, что оба типа подчиняются одному и тому же закону распределения числа облаков в зависимости от величины N ; никаких особенностей у функции распределения $f(N)$ при $N = 10^{17} \text{ см}^{-2}$ нет. Отсюда вывод: оба типа имеют одинаковое происхождение. Кроме того, удалось показать, что число облаков второго типа значительно превышает ожидаемое число галактик на луче зрения, поэтому большинство из них, так же, как и облака первого типа, не связаны с галактиками.

Но если оба типа облаков имеют одинаковое происхождение, у них следует ожидать и одинаковое содержание «металлов». Отсутствие линий «металлов» при $N < 10^{17} \text{ см}^{-2}$ озна-

чает, что из-за малого количества атомов на луче зрения их просто не видно. В свою очередь, это может быть только в том случае, если полная плотность газа в облаках ($N_{\text{полн}}$) совпадает с наблюдаемой плотностью N нейтрального водорода. А это противоречит общепринятому представлению, согласно которому водород в облаках сильно ионизован, поэтому $N \ll N_{\text{полн}}$. Чтобы весь газ оставался нейтральным в поле ионизирующего межгалактического излучения, облако должно иметь очень высокую объемную плотность, так что его размеры должны быть примерно в 10^5 раз меньше, чем обычно считается! (Эта гипотеза влечет за собой нетривиальный вывод: при большой плотности велико и давление, если только температура не слишком близка к нулю, и облака должны быть окружены горячим разреженным газом, который удерживает их от разлета под действием внутреннего давления.) Для полноты картины надо добавить, что в отдельных облаках с $N > 10^{17} \text{ см}^{-2}$ не удалось обнаружить линии тяжелых элементов.

В результате возникают крайне интересные вопросы. Откуда взялись «металлы» в облаках второго и, возможно, первого типа? Ведь считается, что элементы тяжелее водорода и гелия производятся только в галактиках, а облака находятся в межгалактическом пространстве! Представляют ли они выброшенный из галактики газ, обогащенный «металлами», или же частичное обогащение произошло еще на догалактической стадии эволюции? Если облака «Лайман-альфа» имеют внегалактическое происхождение, откуда они взялись и почему в них столь высокое давление?

Дальнейшие исследования позволят ответить на эти вопросы и тем самым приоткрыть завесу над событиями, происходившими более 10 млрд лет назад ($Z > 2$), в самом начале рождения звездной Вселенной.

Физика

Ультразвук увеличивает срок службы полупроводниковых приборов

Основной полупроводниковых приборов являются р—п-переходы (гетероструктуры) — слои вблизи границы раздела зон с различными типами проводимости. При современной технологии изготовления в окрестности этих переходов возникают механические напряжения, что, естественно, влияет на стабильность электрических параметров приборов и срок их службы (деградационную стойкость). Снятие внутренних напряжений в кристаллах позволило бы существенно повысить деградационную стойкость. В связи с этим исследуется воздействие на гетероструктуры света, γ -квантов, электронов, отжига и т. д.

Е. Ю. Брайлковский, А. П. Здебский, В. Л. Корчная, Г. Н. Семенова, М. Я. Скороход, Ю. А. Тхорик, Л. С. Хазан, М. К. Шейнкман показали, что ультразвук определенных доз и интенсивностей, подобно электронам, снимает внутреннее напряжения в гетероструктурах. При этом понижается уровень механических напряжений, что увеличивает деградационную стойкость приборов. Исследовались гетеросистемы Ge — GaAs, полученные осаждением германия в вакууме на подложки арсенида галлия при температуре 500 °С. Образовавшиеся пленки имели толщину 3 и 14 мкм, а толщина подложки составляла 280 мкм. Затем исследуемые структуры подвергались воздействию продольной акустической волны с направлением колебаний, параллельным границе раздела перехода. (Для сравнения такие же структуры облучались электронами с энергией 230 кэВ.) Измерялся радиус кривизны гетероструктур при последовательном удалении тонких слоев германия до и после воздействия ультразвука и облучения электронами. Оказалось, что обработка ультразву-

ком приводит к такому же эффекту, что и облучение электронами.

Известно, что состоянию равновесия гетероструктуры с пленкой и подложкой отвечает наличие сетки дислокаций, расположенных точно на границе раздела слоев. При этом искривление системы должно быть минимальным и исчезать при полном удалении пленки. Исходные системы выпрямлялись после удаления не только пленки германия, но и слоя подложки толщиной 3—12 мкм. Причина состоит в том, что в исследованных образцах дислокации не локализованы на границе раздела, а рассредоточены по всему объему, т. е. система находится в структурно неравновесном состоянии. После обработки ультразвуком область локализации пластической деформации стягивается к границе раздела — происходит перестройка дислокационной структуры в более равновесное состояние. Полученные зависимости кривизны системы от толщины слоя германия позволяют определить собственную деформацию кристалла и распределение в нем дислокаций.

Высокая точность использованного метода, по мнению авторов, превышает разрешение рентгеновской топографии. По-видимому, ультразвуковая обработка может быть использована как эффективный технологический метод получения ненапряженных гетеросистем.

Письма в ЖТФ. 1987. Т. 13. Вып. 21. С. 1310—1313.

Физика

Молекулярная разметка

За последние годы растровый туннельный микроскоп¹ стал важным инструментом исследования, так как он позволяет увидеть структуру поверхностей

с атомарным разрешением. Однако ученые не хотят ограничиваться лишь «разглядыванием» поверхности, и уже сделан ряд работ, где этот прибор использован для изменения свойств материалов.

Дж. Фостер, Дж. Фроммер и П. Арнет (J. S. Foster, J. E. Frommer, P. C. Arnett; Исследовательская фирма IBM, США) провели серию экспериментов, в которых с помощью сканирующего туннельного микроскопа прикрепляли и снимали отдельные молекулы органического вещества с проводящей подложки. Подложкой служил кристалл графита, над поверхностью которого перемещался кончик иглы микроскопа. Между иглой и графитом помещали каплю органического вещества диэтилгексилфталата. При обычном напряжении между иглой и подложкой (~30 мВ) была хорошо видна регулярная структура графита, а капля жидкости играла роль изолятора. Картина поверхности резко менялась, если на иглу подавалось импульсное напряжение длительностью около 100 нс и амплитудой 3,7 В: на относительно гладкой поверхности появлялись резкие выступы, похожие на «утесы»; они свидетельствовали о налипании молекул жидкости на графит. Вероятность налипания быстро росла с увеличением амплитуды импульса и имела пороговый характер, так как эффект наблюдался, только если напряжение превышало 3,5 В.

Нанесенные молекулы можно удалить с поверхности другим импульсом, если приложить его к игле, когда она проходит над нужным местом. Причем наблюдается не только полное удаление молекул и восстановление первоначальной структуры графитовой поверхности, но и частичное удаление, когда какие-то куски прикрепленных молекул остаются на поверхности. Авторы специально изучили эти остатки и пришли к выводу, что для молекул, например, диметилфталата оставшиеся, крепко прикрепившиеся части есть не что иное, как бензольные кольца.

По мнению авторов, в этих опытах туннельные электроны имеют достаточно большую

энергию, чтобы активировать как молекулы графита, так и молекулы органики, что приводит к притяжению между ними. Пороговая энергия, необходимая для стимуляции прилипания (3,5 В), совпадает с типичной энергией C—C-связи. Можно полагать, что расщепление ковалентной связи — часть процесса прикрепления.

Интерпретация описанных явлений, по признанию самих авторов, далека от окончательной. Однако проведенные опыты ясно показывают, что с помощью растрового туннельного микроскопа можно обратимо размечать поверхность с молекулярной точностью, делать метки разных размеров и модифицировать их химически. Такие возможности, несомненно, найдут многочисленные технологические применения.

Nature. 1988. Vol. 331. № 6154. P. 324—326 (Великобритания).

Физика

Лазерно-дуговое воздействие на металлы

В последнее время для обработки металлов применяются как лазеры, так и электроннолучевые устройства, плазмотроны. Различные источники энергии обладают взаимодополняющими преимуществами. Интерес к совместному воздействию лазерного излучения и плазмы дугового разряда на металлы вызван в первую очередь возможностью управлять передачей энергии от плазмотрона к металлу и стабилизировать пятно дуги разряда с помощью лазерного излучения относительно невысокой мощности.

Е. Б. Безпалько, Д. М. Гуреев и др. (Куйбышевский филиал Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР) исследовали одновременную обработку материалов излучением технологического CO₂-лазера и плазменнодуговым источником. Мощность лазерного излучения достигала 600 Вт,

¹ Подробнее об этом см.: Суворов А. Л. Разрушить, чтобы увидеть // Природа. 1987. № 12. С. 4—15.

плазменной дуги — около 1,5 кВт.

Пятна плазменной дуги хаотически движутся по поверхности металла относительно положения равновесия, что приводит к искривлению теплового следа дуги. Но если в пятно дуги сфокусировать лазерное излучение, то положение пятна стабилизируется и тепловой след дуги становится прямым. Оказалось, что такая стабилизация имеет пороговый характер. Уменьшение интенсивности излучения ниже 40 кВт/см^2 за счет расфокусировки лазерного пучка (при неизменной мощности) приводит к потере устойчивости положения плазменного пятна на поверхности металла. Обнаружено также, что скорости плавления поверхностных слоев стали при использовании CO_2 -лазера (500 Вт), плазменной дуги (1,2 кВт) и их совместном воздействии составили 0,8; 6 и 14 г/мин, соответственно. Таким образом, скорость плавления при комбинированной обработке значительно выше, чем можно ожидать при простом сложении мощностей обоих источников.

Авторами предложена физическая модель, качественно объясняющая особенности одновременного воздействия на металлы лазерного излучения и плазменной дуги.

Квантовая электроника. 1987. Т. 14. № 11. С. 2312—2313.

Технология

Технологические возможности новых сверхпроводников

Огромные перспективы использования сверхпроводников предсказаны давно. Однако коммерческое применение сверхпроводников на основе сплавов ниобия экономически невыгодно из-за необходимости охлаждать их дорогостоящим и неудобным в работе жидким гелием. Открытие нового класса материалов — металлоксидной керамики — со сверхпроводимостью при температурах около

90 К позволяет использовать гораздо более дешевый и удобный в работе жидкий азот.

Электрические компании уже рассматривают возможность создания сверхпроводящих ЛЭП, с помощью которых энергия будет передаваться без потерь. Кроме того, использование новых материалов в магнитных накопителях позволит аккумулировать огромную энергию, вырабатываемую ночью, и отдавать ее в период пиковых нагрузок в сети. Внедрение охлаждаемых жидким азотом сверхпроводников в электронику приведет к увеличению плотности компоновки микрочипов (ввиду отсутствия омического нагрева), сокращению размеров электронных схем, уменьшению времени прохождения сигналов между перекрывающимися устройствами и элементами цепи. А это означает переход к меньшим по размерам, но более мощным суперкомпьютерам с повышенным быстродействием. В области транспорта специалисты предвидят поезд, движущийся на магнитной подушке со скоростью 600 км/ч.

Для медицинских целей сверхпроводящие материалы используются при исследовании внутренних органов методом ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Сейчас магниты этих установок охлаждаются жидким гелием. Из-за сложности и дороговизны установок ЯМР они доступны лишь малому числу крупных медицинских центров. Снижение стоимости за счет применения новых сверхпроводников позволит широко внедрить их в больницы и клиники.

Однако переход от лабораторных результатов к широкому практическому освоению металлоксидных керамик требует значительных усилий. Так, хрупкость не позволяет изготавливать из нее проволоку, подобно металлической. Но можно заполнить полую металлическую проволоку керамическим порошком Y-Ba-Cu-O и вытягивать ее до нужного диаметра. Металлическая основа экранирует керамику от электрических, тепловых и механических нагрузок. В лаборатории «Белл» была изготовлена катушка из проволоки, полученной подобным об-

разом, с температурой сверхпроводящего перехода около 91 К. При 77 К плотность тока оказалась равной 175 А/см^2 .

Другой подход — смешивание керамического порошка или его ингредиента с органическим связующим материалом и вытягивание проволоки из этой пластичной массы. Далее проволоку прокаливают, чтобы связующий элемент выгорел и порошок спекся в нить. Такая нитевидная проволока диаметром 150 мкм была изготовлена в Аргоннской национальной лаборатории из порошка Y-Ba-Cu-O и полиэтиленгликоля. Плотность тока в ней составила 191 А/см^2 при 66 К и 564 А/см^2 при 54 К. Ведутся также работы по получению композитных проволок: керамический материал связывается с внешним покрытием путем пропитки из несверхпроводящего металла (например, меди). Если в подобной конструкции внезапно пропадает сверхпроводимость, медь выполняет функцию проводника вплоть до восстановления сверхпроводящих свойств. Используемые в современной технологии сплавы ниобия связываются с медью по этой же причине. Однако токонесущие характеристики катушек из новых сверхпроводников пока еще не удовлетворяют практическим целям.

Получены пленочные покрытия толщиной от 10 нм до 250 мкм. Толстые пленки могут использоваться в сильноточных устройствах, тонкие — для джозефсоновских приборов, элементов компьютеров, сквидов¹. В лаборатории IBM Исследовательского центра им. Т. Уотсона на монокристаллических пленках Y-Ba-Cu-O были получены токи 10^5 А/см^2 при 77 К. Разработан сквид с рабочей температурой 68 К.

В лаборатории «Белл» также получены сверхпроводящие ленты ($T=90 \text{ К}$) на основе органического связующего ма-

¹ Сквид — сверхпроводящий квантовый интерферометрический датчик. Подробнее об этом см.: Введенский В. Л., Ожогин В. И. Сверхчувствительная магнитометрия и биомagnetизм // Природа. 1981. № 7. С. 23—31.

териала, толщина которых составила 100 мкм. Однако после прокаливания они теряли гибкость. Токонесущие характеристики лент пока тоже неудовлетворительны.

Важная характеристика сверхпроводника — величина критического магнитного поля, определяющая многие технологические применения. В материале $Ba-Y-Eu-Cu-O$ величина этого поля приближается к 50 Т при 77 К, что в 10^6 раз превышает магнитное поле Земли. (Для сплава ниобий — олово вблизи абсолютного нуля критическое поле равно 35 Т). По оценкам, критическое магнитное поле керамики $Y-Ba-Cu-O$ при абсолютном нуле составляет 200 Т, а в будущем увеличится до 300 Т.

Chemical and Engineering News. 1987. Vol. 65. № 19. P. 7—16 (США).

Техника

Инфракрасные лазеры в хирургии

В последнее время в хирургии получили распространение инфракрасные CO_2 -лазеры, излучающие на длине волны 10 мкм. Их излучение хорошо поглощается водой, входящей в состав ткани человеческого тела. Это обстоятельство позволяет применять CO_2 -лазеры в качестве хирургического инструмента. Однако с их помощью невозможно оперировать костную ткань.

В качестве альтернативы в Массачусетском госпитале (Бостон, США) рассматриваются инфракрасные лазеры на иттрий-алюминиевом гранате. Один из них легирован гольмием (длина волны излучения — 2 мкм), другой — эрбием (2,9 мкм). Излучение гольмиевого лазера может передаваться по гибким световодам из плавленного кварца, что является его большим достоинством, однако излучение такого лазера поглощается тканью не так сильно, как на длине волны 10 мкм.

А вот излучение эрбиево-

го лазера поглощается водой даже лучше, чем CO_2 -лазера. Но, к сожалению, в данном случае кварцевые световоды малопригодны, так как излучение на длине волны 2,9 мкм ухудшает их свойства.

Излучение эрбиевого лазера менее проникающее, поэтому представляет меньшую опасность для пациента. Тем не менее при операциях с помощью этого лазера не всегда удается остановить кровотечение, в отличие от CO_2 -лазера, который может прижигать кровеносные сосуды, расположенные под удаленной тканью. В то же время эрбиевый лазер позволяет осуществлять операцию на костной ткани. Разрезы, сделанные лазерным излучением, заживают почти с такой же скоростью, как и выполненные скальпелем.

New Scientist. 1987. Vol. 116. № 1585. P. 36 (Великобритания).

Генетика

Что кодирует антионкоген?

Превращение нормальных клеток в опухолевые в большинстве случаев происходит в результате возникновения в них так называемых онкогенов, происходящих из нормальных клеточных генов. Гены продуцируют белки, которые стимулируют размножение клеток. Усиление экспрессии этих генов или мутации в них, делающие кодируемые ими белки более активными, приводят к тому, что клетка начинает бесконтрольно размножаться и возникает опухоль. Однако существует и другой тип изменения клеточного генома, также приводящего к развитию опухоли. В нем функционируют гены, подавляющие размножение клеток, так называемые антионкогены. Если клетка потеряет антионкоген, то ее размножение также активируется и она становится опухолевой. Именно таков механизм возникновения ретинобластомы и некоторых других новообразований у человека.

Об онкогенах и их белковых продуктах в настоящее время многое известно. Антионкогены только начинают изучаться. Большой группе исследователей из Калифорнийского университета Сан-Диего (Ла-Холья, США) удалось проклонировать в бактериях антионкоген RB ретинобластомы человека. Белком, образующимся в бактериях на матрице этого гена, провели иммунизацию кроликов и получили антитела, которые в клетках самых разных типов выявляли полипептид с молекулярной массой 110—114 кД. Лишь в клетках ретинобластомы этот полипептид отсутствовал, что и понятно, так как в этих клетках антионкоген RB утерян.

Каковы же свойства белка, кодируемого антионкогеном? Уже при анализе его аминокислотной последовательности возникло предположение, что он должен связываться с ДНК, так как он оказался похожим на многие известные связывающие ДНК белки. Это предположение подтвердилось в прямых экспериментах. С помощью антител к продукту антионкогена было показано, что в клетках он локализован в ядре. Кроме того, оказалось, что этот белок способен прочно связываться с очищенной ДНК. Эти результаты позволяют предположить, что продукт антионкогена — это белок-регулятор, контролирующей работу каких-то других генов, которые в дальнейшем будут идентифицированы. Быть может, это позволит понять, почему потеря антионкогена RB приводит к возникновению именно ретинобластомы, а не других опухолей.

Nature. 1987. Vol. 329. P. 642—645 (Великобритания).

Генетика

Одни и те же гены работают по-разному

До сих пор является загадкой — каким образом клетки многоклеточного организма, содержащие одни и те же гены,

могут выполнять различные функции. Чтобы какой-то ген проявил свою активность, необходимо чтобы с ДНК, кодирующей этот ген, была скопирована последовательность нуклеотидов в виде матричной РНК (мРНК). Затем полученная мРНК поступает из ядра в цитоплазму, к рибосомам, где и происходит синтез нужного клетке белка, структура которого зависит от последовательности нуклеотидных оснований мРНК.

Группа биологов во главе с Л. Пауэллом (L. Powell; Медицинский консультативно-исследовательский центр клинических исследований, г. Хэрроу, Великобритания) исследовала ген, кодирующий белок в клетках печени и носящий название апо-B100 (аполипопротеин B100). Было показано, что один и тот же ген, находящийся в клетках печени и кишечника, синтезирует различные мРНК. В последовательность нуклеотидов мРНК клеток кишечника вместо азотистого основания цитозина встроены урацил. Эффект такой замены ярко выражен: где-то посередине нуклеотидной последовательности мРНК возникает стоп-сигнал, что приводит к неполному синтезу белка, известного как апо-B48. Белок полной длины апо-B100 и «урезанный» белок апо-B48 выполняют одинаковые функции в клетках, но различными путями. Таким образом показано, что один и тот же ген в различных клетках может синтезировать разные мРНК и, следовательно, разные белки. Механизм, лежащий в основе данного процесса, пока не известен, но сам факт его существования важен для понимания работы одинаковых генов в различных тканях организма.

Cell. 1987. Vol. 50. № 6. P. 831—840 (США).

Биохимия

Вкус и циклические нуклеотиды

Считается, что все многообразие вкусового восприятия достигается комбинацией таких основных ощущений, как слад-

кое, горькое, кислое и соленое, а наибольшая чувствительность к тому или иному вкусу характерна для различных участков поверхности языка, где сконцентрированы вкусовые почки, состоящие из специализированных вкусовых клеток. Что же лежит в основе вкусового восприятия?

Известно, что вещества, обладающие сладким вкусом (сахара), не проникают внутрь вкусовых клеток, а связываются с особыми белковыми молекулами, находящимися на том участке мембраны клеток, который обращен к ротовой полости. После связывания сахаров с белковой молекулой происходят изменения в электрическом состоянии вкусовых клеток — меняются их потенциалы. За возбуждением вкусовых клеток следует появление импульсных потенциалов в чувствительных нервных волокнах, находящихся в тесном контакте со вкусовыми клетками, далее информация в виде импульсов поступает в мозг.

Не все еще ясно в механизме этих событий, например что происходит между моментом связывания сахаров с мембраной вкусовых клеток и возбуждением чувствительных нервов. Более десяти лет внимание биохимиков привлекают циклические нуклеотиды — циклический аденозинмонофосфат (цАМФ) и циклический гуанозинмонофосфат (цГМФ), обнаруженные во вкусовых клетках. Эти соединения являются универсальными внутриклеточными посредниками в биохимических реакциях. Участвуют ли циклические нуклеотиды вкусовых клеток непосредственно в процессах, приводящих к изменению потенциалов и возбуждению нервных волокон, или их функция вспомогательная, регуляторная?

На этот вопрос попытались ответить японские биохимики К. Тоносаки и М. Фунакоши из Университета г. Асахи¹. Изучая вкусовые клетки языка мыши, они обнаружили, что добавление как сахарозы, так и обоих циклических нуклеотидов приводит к изменению электрического потенциала клеточной

мембраны — ее деполяризации. Когда клетка находится в покое, ее мембрана имеет определенный потенциал покоя. В поддержании потенциала покоя важную роль играет транспорт ионов калия из клетки через специальные мембранные («калиевые») каналы. Оказалось, что «закрытие» именно калиевых каналов и служило причиной деполяризации мембраны вкусовых клеток — цГМФ как бы блокировал эти каналы. Важно, что действие обоих нуклеотидов специфично, так как их нециклические аналоги деполяризующим эффектом не обладали. На основании полученных данных авторы предположили, что действие сладкого на вкусовые клетки приводит к повышению концентраций цАМФ и цГМФ, которые и блокируют калиевые каналы. Однако блокируются ли калиевые каналы непосредственно самими нуклеотидами? Известно, что цАМФ и цГМФ могут активировать протеинкиназы, ферменты, присоединяющие к белкам фосфатные группы.

Протеинкиназы действительно участвуют в деполяризации мембран вкусовых клеток, по мнению исследователей из Гамбургского университета (ФРГ)². Они вводили во вкусовые клетки активируемую цАМФ протеинкиназу А, и мембрана деполяризовалась. При подавлении ферментативной активности протеинкиназы тепловой обработкой и действием ингибитора деполяризации не происходило.

Из обобщения экспериментальных данных следует, что закрытие калиевых каналов, приводящее к деполяризации мембран вкусовых клеток, обеспечивается фосфорилированием канальных белков после активации циклическими нуклеотидами протеинкиназы. Интересно, что такой механизм, действующий во вкусовых клетках, отличен от существующего в зрительных и обонятельных клетках.

А. Е. Калужный,
кандидат биологических наук
Москва

¹ Tonosaki K., Funakoshi M. // *Nature*. 1988. Vol. 331. P. 351—354.

² Avenet P., Hofmann F., Lindemann B. // *Ibid.* P. 354—355.

Тромбоциты — свидетели депрессии

Депрессия — одно из часто встречающихся психических расстройств. Биохимические механизмы, лежащие в основе развития депрессивных состояний, способы их диагностики и предупреждения изучаются сейчас особенно интенсивно. Согласно одной из концепций, депрессия возникает при изменении в нервной ткани количества рецепторов, взаимодействующих с нейромедиатором серотонином. Недавно биохимики из Вейсмановского научного центра в Израиле провели исследование, объектом которого стали не нервные клетки, а тромбоциты, ответственные за свертываемость крови. Количество серотониновых рецепторов (СР) тромбоцитов определяли методом радиоактивной метки и обнаружили, что во время депрессии количество СР возрастало в два раза. Если те же пациенты в течение месяца принимали антидепрессанты, то количество СР уменьшалось до нормального уровня. Механизм, лежащий в основе этого явления, не ясен, но авторы считают, что по количеству серотониновых рецепторов тромбоцитов можно оценивать депрессивные состояния.

Life Sciences. 1987. Vol. 41. P. 2485—2492 (США).

Вирус СПИДа действует иначе

О вирусах, вызывающих СПИД, известно уже довольно много. В частности, показано, что при заболевании поражается иммунная система, в результате чего погибают определенные, восприимчивые к вирусу клетки

иммунной системы — хелперы¹. Считалось, что заражение клеток приводит к их слиянию, образованию особой клеточной ткани — синцития, в которой клеточные границы не полностью отделяют клетки друг от друга. В нем нарушены нормальные процессы клеточного метаболизма, и это приводит клетки к гибели. Следствие этого — ослабление иммунитета, появление разнообразных вторичных инфекций. Однако недавно появилась другая точка зрения на эту проблему: М. Сомасундран и Х. Робинсон (М. Somasundaran, H. L. Robinson; Ворчестерский фонд экспериментальной биологии, Шрусбери, США) решили проверить механизм развития повреждающего действия вируса на восприимчивые клетки разных типов и обнаружили, что зараженные клетки погибали, не образуя синцития.

Сравнение инфекционного процесса у разных линий клеток-хелперов показало, что только одна из них отвечала на заражение образованием синцития, хотя вирус уничтожал клетки всех линий. Поскольку полученные данные противоречили существующей концепции инфекционного процесса, авторы тщательно проверили эффективность заражения. Оказалось, что экспрессия антигена вируса HIV, вызывающего СПИД, определенная с помощью флуоресцирующих антител, коррелирует с развитием патологического процесса и нарастающей гибелью клеток. В культурах клеток, где не происходило слияния, гибель клеток нельзя объяснить каким-либо иным процессом, кроме заражения вирусом HIV. Далее исследователи проверили некоторые свойства клеток, которые «отказывались» сливаться как в опытах по совместному культивированию «сливающихся» и «несливающихся» клеток, так и при увеличении дозы вируса в момент заражения или других воздействиях. Заражение клеток при совместном культивирова-

нии проходило нормально независимо от их способности к образованию синцития, а вирус, полученный из «несливающихся» культур, легко заражал «сливающихся», и наоборот. Итак, вирус способен убивать зараженные клетки независимо от формирования синцития.

Почему же до сих пор гибель клеток связывали с их слиянием? По-видимому, образующие синцитий клетки были первыми, которые удалось приспособить для культивирования вируса; затем эти же клетки широко использовали при исследовании патогенного действия вируса. Это и привело к созданию гипотезы о слиянии зараженных клеток. Из работы американских биологов следует, что процесс гибели клеток при заражении вирусом СПИДа многофакторный и механизм этого процесса еще далеко не ясен.

Journal of Virology. 1987. Vol. 61. No 10. P. 3114—3119 (США).

Нервная ткань стимулирует иммунитет

Ф. А. Ата-Мурадова и В. И. Донцов из Института эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова АН СССР обнаружили эффект повышения активности иммунной системы: старым мышам, у которых иммунитет снижен, трансплантировали в одну из зон мозга — гипоталамус — часть нервной ткани, взятой из гипоталамуса новорожденных мышей.

Через месяц после пересадки ткани выделилась группа мышей, которые выросли, стали более подвижными и упитанными (прирост веса составил 1,5—4 г; роста — 0,2—0,3 см). Особенно важно, что возросла активность их иммунной системы, судя по увеличению количества Т-лимфоцитов тимуса и иммунологически активных клеток селезенки. Исследования мозга этих мышей показали, что трансплантаты попадали точно в гипоталамус и приживались там. У остальных опери-

¹ См., напр.: Успехи трансплантации органов // Природа. 1988. № 5. С. 108.

рованных мышей не проявилось положительных изменений в физическом статусе и состоянии иммунной системы. У них нервная ткань оказалась пересаженной в другой отдел мозга и была отторгнута. Стало ясно, что иммунную систему старых животных стимулирует пересадка нервной ткани только в гипоталамус.

Поиск соединений, стимулирующих иммунную систему, будет перспективным продолжением этой работы (недавно американские ученые из нервной ткани выделили пептид, повышающий защитные свойства иммунной системы у больных СПИДом¹).

Доклады АН СССР. 1987. Т. 297. № 1. С. 237.

Физиология

Новое в изучении нейронов

Нервная система морского моллюска *Aplysia* устроена просто и потому удобна для изучения отдельных нервных клеток — нейронов. Некоторые нейроны достигают 1 мм в диаметре; благодаря такому большому размеру из них можно выделять макромолекулы.

Л. Бак (L. Buck) и другие биологи из Колумбийского университета (Нью-Йорк, США) выделили РНК из такого нейрона R15, входящего в состав брюшного ганглия (нервного узла) и проклонируют в бактериях фрагмент ДНК — ген R15, экспрессирующийся только в этом, но не в других нейронах этого ганглия. Оказалось, что ген R15 кодирует белок, который при расщеплении ферментами образует нейромедиаторы, передающие нервный импульс от клетки к клетке. Показано, что этот же ген R15 экспрессируется и в нейронах головного ганглия, но в

нейроне брюшного ганглия в ходе процесса, называемого сплайсингом, из мРНК вырезаются одни фрагменты, а в нейронах головного — другие. В результате состав нейромедиаторов, образующихся в разных нейронах, оказывается различным. У моллюсков *Aplysia* практически все нейроны выполняют разные функции. Молекулярный механизм такого разнообразия начинает проясняться.

Cell. 1987. Vol. 51. P. 127—133 (США).

Физиология

Фактор роста нервов и старение мозга

Специфическому белку — фактору роста нервов (ФРН) принадлежит важная роль в регуляции роста, развития и в дифференцировке нервных клеток¹. Поскольку по мере старения ослабевают такие психические функции, как память и обучение, специалисты из научных центров США и Канады решили выяснить, не связано ли это с изменением содержания в мозге ФРН? Используя антитела к ФРН, они установили, что в гиппокампе, зоне мозга, управляющей механизмами памяти, у старых (28 мес) крыс ФРН составлял всего 60% от его уровня у молодых (6 мес) животных. Очень важно, что содержание этого фактора в коре мозга, ведающей высшими психическими функциями, оставалось без изменений. Падение уровня ФРН в гиппокампе обусловлено генетически: концентрация кодирующей этот белок РНК у старых животных оказалась вдвое ниже, чем у молодых.

Итак, очевидно, что с возрастом изменяется содержание ФРН, однако пока неясно, зависит ли снижение уровня ФРН от гибели определенных нейронов,

или, наоборот, их гибель является следствием снижения концентрации ФРН.

Molecular Brain Research. 1987. Vol. 3. P. 55—60 (США).

Физиология

Тяжелые металлы нарушают синтез липидов

Установлено, что тяжелые металлы — свинец и ртуть — вызывают гибель нервных клеток, однако молекулярный механизм их токсического действия не известен. В основном изучалось влияние тяжелых металлов на центральную нервную систему, а периферическая оставалась вне поля зрения исследователей. Пробел был восполнен благодаря экспериментам, проведенным в Парижском госпитале на седалищном нерве мышей.

Тяжелые металлы (ртуть, свинец, никель, медь) вводили в нервные клетки и с помощью радиоактивной метки наблюдали, как протекает в них синтез липидов. Оказалось, что свинец почти полностью подавляет синтез всех липидов, а ртуть действовала избирательно, причем на синтез некоторых липидов не влияла совсем. В отличие от ртути и свинца медь и никель вызывали трехкратное усиление липидного синтеза, вероятно, за счет активации металлсодержащих ферментов, регулирующих реакции синтеза.

На какой участок нервного волокна действуют тяжелые металлы? Ответ получили в опытах на мышах особой генетической линии, нервные волокна которых лишь частично покрыты липидной оболочкой. Свинец, обычно полностью подавляющий синтез липидов, в этом случае действовал слабо. Авторы делают вывод, что первичной мишенью действия тяжелых металлов служит липидная оболочка и именно подавление синтеза липидов приводит к гибели нервных клеток.

Toxicology. 1987. Vol. 46. P. 65—71 (США).

¹ Pert C. B., Hill J. M. // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 1986. Vol. 83. P. 9254.

¹ См.: Чувствительность нейронов меняется в онтогенезе // Природа. 1988. № 4. С. 113.

Ишемическая болезнь сердца старит

Современная геронтология изучает соотношение биологического возраста человека с хронологическим; это позволяет определить индивидуальные различия в темпе старения, что особенно важно для диагностики и лечения многих заболеваний — ишемической болезни сердца, атеросклероза, сахарного диабета — которые развиваются, как правило, с возрастом человека.

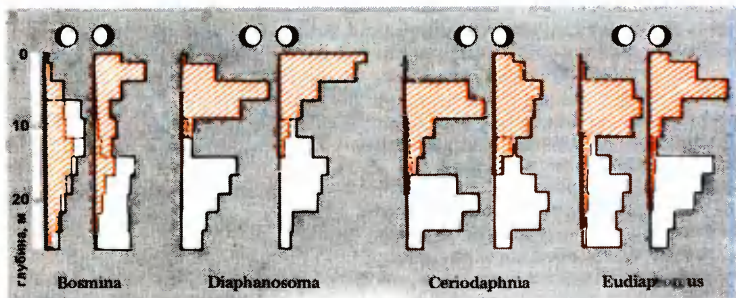
Е. Ф. Конопля и Э. И. Зборовский с группой медиков из сектора геронтологии АН БССР и научно-исследовательского института кардиологии Минздрава БССР обследовали здоровых и больных ишемической болезнью сердца мужчин в возрасте 40—64 лет и обнаружили, что по физиологическим и функциональным показателям биологический возраст больных превышает таковой у здоровых в среднем на 2,5 года. Кроме того, у больных увеличено содержание в крови гормонов (инсулина, альдостерона, кортизона) при одновременном снижении уровня прогестерона, что свидетельствует о нейрогуморальных нарушениях, которые способствуют развитию атеросклероза. Гормональный фон больных в 55 лет выше, чем у здоровых сверстников, и соответствует содержанию гормонов у здоровых мужчин в возрасте 60—64 лет.

Итак, вывод однозначен — ишемическая болезнь сердца вызывает ускорение старения человеческого организма.

Кардиология. 1987. Т. XXVII. № 9. С. 22—24.

Лунные циклы пресноводного зоопланктона

Периодичность в поведении и физиологии животных, совпадающая с лунным циклом,



Вертикальное распределение планктонных ракообразных (процент от суммарной численности) на всех горизонтах в водохранилище во второй половине дня (16 ч — не заштриховано) и поздно вечером (22 ч — заштриховано), за четыре дня до полнолуния (28 октября — левая гистограмма каждой пары) и на четвертый день после полнолуния (5 ноября —

правая гистограмма каждой пары). Видно, что распределение в одно и то же время суток несколько различается в зависимости от фазы луны. Например, за четыре суток до полнолуния смещение максимума плотности зоопланктона вверх поздно вечером не так сильно выражено (а для *Bosmina* совсем не выражено), как четыре суток спустя после полнолуния.

известна главным образом у обитателей морской литорали (прибрежной зоны), что вполне понятно, поскольку с движениями луны связаны приливы и отливы. Есть данные, что в африканских озерах к фазам луны привязан вылет взрослых насекомых (веснянок и хирономид). Но, пожалуй, наиболее интересные результаты получил недавно З. М. Гливич из Варшавского университета¹. Работая на крупном водохранилище Кагора Басса в нижнем течении р. Замбези (Мозамбик), он обнаружил удивительную связь с фазами луны сезонного хода численности массовых видов зоопланктона. Максимумы их численности совпадают с полнолуниями, а у некоторых видов наступают за несколько дней до полнолуния. (Заметим, что подобные тонкости популяционной динамики удалось выявить только благодаря тому, что в течение года пробы брали с интервалами 2—6 дней.)

Выяснилось, что основным фактор, определяющий динамику численности зоопланктона в этом водоеме, — выедание его рыбами *Limnothrissa miodon*. Эти мелкие (до 8 см) пресноводные сардины — эндемики

оз. Танганьика. В начале 70-х годов они были вселены в водохранилище Кагиба на Замбези, а оттуда мигрировали в водохранилище Кагора Басса. Вскрытие рыб показало, что они активно потребляют планктонных ракообразных, причем интенсивность питания тесно связана с лунным циклом и вертикальными миграциями ракообразных.

Как и большинство рыб-планктонофагов, *Limnothrissa* не может ловить добычу в полной темноте. В водоемах, где обитают эти рыбы, зоопланктон в темное время суток поднимается в богатые пищей поверхностные слои, а днем остается на глубине, в слабо освещенной зоне. В Кагора Басса рыбы совершают миграции вслед за зоопланктоном — их максимальная концентрация сопутствует максимальной плотности зоопланктона. Но, как показало экологическое исследование, после заката в безлунные ночи скопление рыб исчезает — они рассредоточиваются по водной толще. После новолуния, по мере нарастания лунной фазы и освещенности, плотные скопления рыб начинают сохраняться на ночь. В полнолуние рыбы концентрируются у самой поверхности. В те даты, когда луна восходит до наступления темноты, основное питание рыб происходит в сумерках. Когда восход лу-

¹ Gliwicz Z. M. // Ecology. 1986. Vol. 67. № 4. P. 883—897.

ны приходится уже на темный период, питание рыб, прекратившееся с наступлением темноты, возобновляется с восходом луны. Зоопланктон, сконцентрировавшийся у самой поверхности, оказывается при этом как бы в «лунной ловушке».

Возникает вопрос: почему максимумы численности зоопланктона приходится на даты, близкие к полнолунию, а не опережают его — ведь выедание планктона хищниками достигает наибольшей интенсивности именно в полнолуние? Для некоторых видов (*Bosmina*, *Ceriodaphnia* и *Diaphanosoma*) опережение на несколько дней действительно отмечено, но главная причина, очевидно, в вертикальном распределении зоопланктона, различном для одного и того же времени суток в разные фазы луны (см. рис.). Итак, максимальный пресс рыб на зоопланктон приходится на полнолуние и начало убывающей луны. Затем, по мере наступления более темных ночей, выедание зоопланктона хищниками ослабевает, смертность по абсолютной величине становится меньше рождаемости и численность снова возрастает.

Регулярность воздействия лунных циклов в водохранилище Кагора Басса объясняется отчасти погодными условиями (ночи, как правило, безоблачные), отчасти — географической широтой (луна стоит выше, чем в умеренной зоне, а следовательно, интенсивность лунного освещения больше).

Следует заметить, что в 1982—1983 гг., когда Гливиц проводил исследования, система отношений хищник-жертва в Кагора Басса еще не сформировалась окончательно: само водохранилище было образовано в 1974—1975 гг., а *Limnothrissa* попала в него в 1976—1980 гг. Не исключено, что в дальнейшем планктонные ракообразные изменят схему своих вертикальных миграций таким образом, чтобы не попадать в лунные ловушки. Во всяком случае, работы Гливица, выполненные недавно на водоемах Польши, показали, что вселение рыб-планктонофагов в те водоемы, где ранее их не было, может

довольно быстро привести к возникновению у ракообразных миграционного поведения².

А. М. Гиляров,
доктор биологических наук
Москва

Биология

Выведение кур в «пробирке»

М. Перри (M. Perry) из Эдинбургского института физиологии животных и генетических исследований (Шотландия) удалось вывести цыплят *in vitro* и завершить первый успешный эксперимент в этой области. В работе учитывали условия, существующие обычно при нормальном развитии оплодотворенного яйца. Использовали три различные культуральные среды, соответствующие трем стадиям роста куриного зародыша. Вначале оплодотворенное яйцо, взятое из яйцевода курицы, помещали на 24 ч во встряхиваемый стеклянный сосуд, содержащий смесь яичного белка, полученного из свежеиспеченных яиц, и солевого раствора. Затем зародыш переносили в пустую яичную скорлупу, которая содержала ту же смесь несколько измененного состава, где он находился в течение трех суток при температуре 38 °C (скорлупу периодически поворачивали). Наконец, зародыш помещали в другую скорлупу, находящуюся внутри сосуда, закрытого с помощью клея из яичного белка с добавлением антибиотиков. В этих условиях зародыш содержался до момента вылупления, что происходило приблизительно на 22-й день от начала опыта и соответствовало сроку развития цыпленка с момента оплодотворения яйца.

Тщательно выполненная работа открывает перспективы для получения «суперцыплят» путем введения в геном куриного зародыша нужной генетической информации. Достаточно

произвести изменения в геноме одного поколения птиц, и оно передаст эти изменения потомкам. Опыты М. Перри открывают пути культивирования *in vitro* эмбрионов других домашних животных.

Nature. 1987. Vol. 331. № 6151. P. 70—72 (Великобритания).

Зоология

Как плавают латимерия

Единственная дожившая до наших дней кистеперая рыба — латимерия, или целакант (*Latimeria chalumnae*), — последний представитель обширного надотряда рыб, существовавших с девона до мела. Это живое ископаемое (отдаленный потомок давно вымершего предка наземных позвоночных) обитает ныне только в западной части Индийского океана у Коморских о-вов на глубине свыше 150 м. Хотя прошло уже полвека со времени сенсационного открытия живой латимерии (1938) и 35 лет, как установлено ее местобитание¹, лишь недавно японским исследователям удалось заснять латимерию в естественной среде автоматической подводной камерой, а западногерманским ученым — непосредственно наблюдать этих огромных серо-синих со светлыми пятнышками рыбин из подводного аппарата «Гео»².

На «Гео» совершенно 40 погружений у берегов о-вов Гран-Комор и Анжуан, во время которых исследователи наблюдали у дна на глубине 117—198 м шесть взрослых латимерий длиной 120—180 см. За одной из них следили 6 ч. Латимерий видели только ночью (в основном от 21 ч до 3 ч 30 мин). Две рыбы лежали на дне, прочие медленно плавали. На аппарат они не реагировали.

¹ Smith J. L. B. Old fourlegs. L., 1958. (В переводе см.: Смит Дж. Л. Б. Старина четверног: Как был открыт целакант. М., 1962.)

² Fricke H. et al. // Nature. 1987. Vol. 329. № 6137. P. 331—333.

² Gliwicz Z. M. // Nature. 1986. Vol. 320. № 6064. P. 746—748.

Удалось детально проследить механику плавания и работу плавников.

Латимерии имеют нейтральную плавучесть (т. е. их удельный вес равен удельному весу воды) и свободно владеют своим телом. Они могут плыть задом наперед и брюхом вверх, стоять на голове и лежать брюхом на дне, но ходить по дну или проползать через расщелины скал, как сообщается, например, в «Жизни животных»³, похоже, неспособны. У латимерии 8 плавников: по паре грудных и брюшных, два спинных, анальный и громадный хвостовой с особой маленькой срединной лопастью. Грудные, брюшные, второй спинной и анальный имеют в основании длинную мясистую лопасть и напоминают скорее ноги, чем плавники. Особенно длинны эти лопасти у второго спинного и анального плавников, потому-то они чрезвычайно гибки и подвижны.

Латимерии — медлительные рыбы. Большую часть времени они «парят», ловко используя течения, идущие вверх и вниз вдоль крутых склонов островов. «Паря» в потоке воды, они высматривают добычу, при этом прекрасно ориентируются и легко огибают препятствия, используя электрорецепцию; плавники остаются неподвижными, за исключением средней лопасти хвостового плавника, которая может отгибаться под прямым углом вправо или влево.

При активном плавании работают парные (особенно грудные), второй спинной и анальный плавники. Парные плавники бьют сверху вниз при разгоне, в остальное же время латимерия движется, как судно на подводных крыльях с изменяемым углом атаки. Чтобы развернуться, рыба может прижать к телу один грудной плавник и расправить противоположный. Мощный удар хвостового плавника используется лишь при быстром рывке, длящемся доли секунды. Ускорение при рывке может достигать 2,4 g (как в реактивном самолете). Второй



Латимерия, или целакант.

спинной и анальный плавники действуют подобно. единственному веслу венецианской гондолы. Обычно они работают чаще, чем парные, но при разгоне, напротив, медленнее. Это позволяет тонко регулировать скорость. Когда латимерия плывет, ударяя парными плавниками, они работают не синхронно, как обычно у рыб, а попеременно, как у наземных четвероногих: левый грудной и правый брюшной, потом правый грудной и левый брюшной. Так же работают плавники у двоякодышащих рыб, родичей латимерии. Такой тип работы плавников лучше стабилизирует толстое и тяжелое тело рыбины. Очевидно, первые наземные позвоночные были уже преадаптированы к «четвероногому» типу передвижения по суше.

К. Н. Несис,
доктор биологических наук
Москва



Охрана природы

Судьба черного грифа

Черный гриф (*Aegypius monachus*) — крупнейшая хищная птица Европы: взрослый самец весит около 12 кг, размах крыльев может достигать 3 м. Согласно подсчетам орнитологов, этих птиц осталось ныне не более 300 пар. Вторая по численности их колония (50—60 пар) обитает в окрестностях испанского городка Кабаньерос (в 100 км к юго-западу от Мадрида), но именно над нею нависла угроза. Военно-воздушные силы НАТО решили создать в прилегающих Толедских горах полигон для учебного бомбометания и стрельбы. К полигону должны отойти 24 тыс. га безлюдной, но уникальной в природном отношении местности. Кроме грифа, здесь встречается

немало иных животных, чья малая численность в Европе и без того внушает опасения: это беркут и другие виды орлиных, дрофа, а также рысь, виверры (хищные млекопитающие, внешне похожие на представителей куньих), для которых горы высотой до 1400 м над ур. м., рассеченные ущельями, и богатые растительностью долины представляют идеальную среду обитания.

Общественность Испании развернула широкую кампанию против создания полигона. Ее поддерживают Международный фонд охраны дикой природы и Всемирная группа защиты хищных птиц: решение в пользу НАТО означало бы нарушение Бернских конвенций об охране животного мира.

New Scientist. 1987. Vol. 116. № 1583.
P. 30 (Великобритания).

Экология

Акулы — угроза подводным кабелям

Американская телефонно-телеграфная компания в 1985 г. проложила по океанскому дну около 120 км экспериментального оптико-волоконного кабеля, имеющего ряд существенных преимуществ перед старыми с медными сердечниками. Однако когда через несколько месяцев на одном из участков кабель подняли из-за повреждения, на нем были обнаружены следы акулиных зубов. Всего один разрыв кабеля нарушает работу трансокеанских линий связи, а устранение такого повреждения обходится более чем в 250 тыс. долл.

Обычно акулы не трогали подводные кабели и другие неподвижно лежащие предметы. Специалисты, выясняющие причины агрессивного поведения акул, полагают, что новый кабель создает необычное магнитное поле, стимулирующее поиск пищи. Возможно, внимание акул просто привлекает легкое движение кабеля.

Environment. 1987. Vol. 29. № 6.
P. 23; National Wildlife. 1987.
December—January. P. 32 (США).

³ Жизнь животных. Рыбы. М., 1971. С. 86.

Геология

116-й рейс «ДЖОЙДЕС Резолюшн»

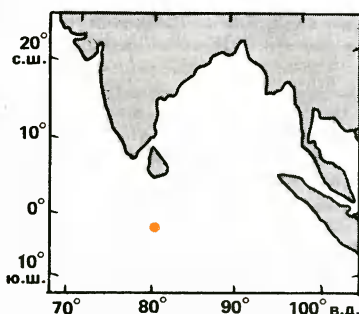
На дне Центральной котловины Индийского океана, к югу от Бенгальского залива, на самой окраине огромного глубоководного конуса выноса рек Ганга и Брахмапутры, сейсмоакустикой были обнаружены молодые деформации сжатия в осадочном чехле океанической земной коры, имеющие вид пологих складок и крутопадающих взбросов. На одном из таких деформированных участков, расположенном к северо-западу от подводных гор Афанасия Никитина, и велось глубоководное бурение в 116-м рейсе «ДЖОЙДЕС Резолюшн». Рейс проходил в июле-августе 1987 г. под научным руководством Дж. Кохрэна (J. R. Cochran; Геологическая обсерватория им. Ламонта и Дозэрти при

Колумбийском университете, США) и Д. Стоу (D. A. V. Stow; Ноттингемский университет, Великобритания)¹.

В районе с координатами около 1° ю. ш., 81° 24' в. д. (глубина океана 4131—4137 м) были пробурены три близко расположенные скважины. Они вскрыли разрез турбидитов (отложений мутьевых потоков) в окраинной части конуса выноса на глубину до 962 м и достигли отложений нижнего миоцена возрастом около 17 млн лет. Две скважины (717 и 719) расположены на северном крыле асимметричной антиклинальной складки, а скважина 718 — непосредственно к югу от оси складки, на срезающем ее опущенном блоке крутопадающего взброса.

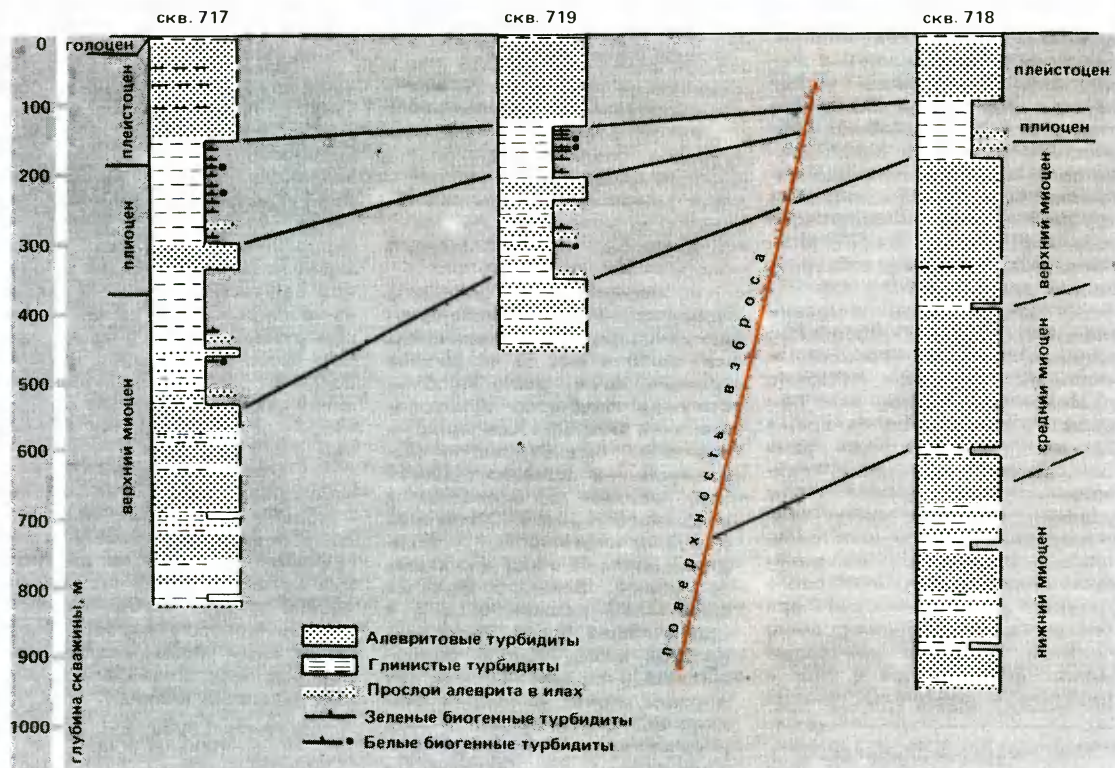
Бурение показало, что сложный вынос Ганга глубоководный конус начал форми-

роваться не в среднем миоцене (11—14 млн лет назад), как предполагалось, а значительно раньше. Во всяком случае, турбидиты накапливались здесь, на расстоянии 2500 км от устья Ганга, с большой скоростью (около 70 м за 1 млн лет) уже в раннем миоцене. Это значит, что Гималаи поднялись в результате столкновения от-



Район расположения скважин 116-го рейса в Индийском океане.

Состав и возраст осадков в скважинах.



¹ Ocean Drilling Program. 1987. Leg 116. 1. P. 1—4; Leg 116. 2. P. 1—7 (США).

коловшегося от Гондваны Индостана с Евразийским континентом не позже начала миоцена и с тех пор служат главным источником сноса терригенного материала речной системой Ганга-Брахмапутры.

Деформация осадочного чехла — рост складки и смещение блоков осадочной толщи по поверхности раскола под действием направленного с юга на север сжатия — началась 7 млн лет назад и продолжается, судя по данным бурения, одновременно с накоплением осадков до настоящего времени. Средняя скорость относительного вертикального смещения блоков по взбросу составляет около 50 м в 1 млн лет. Характер осадконакопления менялся со временем совершенно независимо от деформаций. Три главных его этапа — миоценовый (преобладают относительно крупнозернистые алевритовые турбидиты), плиоценовый (чередование тонкозернистых турбидитов с пелагическими глинными осадками) и плейстоценовый (моложе 1,8 млн лет, когда возобновилось интенсивное накопление алевритовых турбидитов) — отражают известные фазы поднятия Гималаев. Скорость наращивания осадочной толщи в окраинной части конуса достигала на отдельных этапах 350 м/1 млн лет. При этом по дну океана на расстояние 2500 км на глубину более 4000 м выносились кварцевые зерна размером с крупные песчинки, а также многочисленные остатки наземных растений, в том числе обломки древесины длиной до нескольких сантиметров. Установлено, что в среднем раз в тысячелетие мутьевые потоки срывались с дельты Ганга и устремлялись вниз по глубоководным долинам, а катастрофические оползни, сносившие на большие глубины огромные массы темно-серого ила с обильными растительными остатками, повторялись примерно через 10 тыс. лет.

Измерение теплового потока в скважинах выявило ныне действующую гидротермальную циркуляцию в осадочной толще. В скважине 718 вблизи разлома обнаружена инверсия температуры: резко изменяющаяся (4,2—

11,8 °C) в верхнем стометровом слое четвертичных осадков, она заметно падает в нижележащих слоях. Такой обратный ход температуры объясняется подъемом разогретых вод в зоне разлома (по поверхности взброса) и их растеканием по водонепроницаемым песчано-алевритовым слоям турбидитов, в то время как компенсирующие нисходящие потоки холодных вод охлаждают нижние горизонты разреза. Вывод о гидротермальной циркуляции подтверждается результатами химического анализа иловых вод.

И. О. Мурдмаа

доктор геолого-минералогических наук
Москва

Геофизика

Сейсмичность Земли и межпланетная среда

Анализ глобальных характеристик сейсмичности Земли (число катастрофических землетрясений и их суммарная энергия за год) указывает на возможное влияние 11-летнего цикла солнечной активности на сейсмичность планеты.

А. Д. Сытинский (Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт, Ленинград) изучал связь времени возникновения сильных землетрясений с положением активных солнечных областей и корональных дыр, играющих особую важную роль в образовании возмущений межпланетной среды. Выяснено, что землетрясения происходят в среднем на третий день после прохождения активных областей Солнца через центральный (относительно Земли) солнечный меридиан. На моменты землетрясений существенное влияние оказывает положение корональных дыр, с которыми связаны высокоскоростные потоки солнечной плазмы: сильные землетрясения возникают в среднем во время прихода к Земле возмущенного солнечного вет-

ра. События на Солнце и в межпланетной среде воздействуют на сейсмичность Земли через атмосферную циркуляцию.

Сильные землетрясения происходят во время планетарных возмущений циркуляции атмосферы, которые выражаются в смене ее формы или в перестройках термобарических полей и при этом особенно резко проявляются относительно положения эпицентра землетрясения.

Автор изучил региональные атмосферные условия, при которых проходят сильные землетрясения в некоторых сейсмоактивных зонах. Он установил, например, что нормальной глубины землетрясения Курило-Камчатской зоны происходят при резких, в течение 1—2 суток, перераспределениях атмосферной массы, когда быстро и сильно — вплоть до изменения знака — меняется градиент давления в направлении Сибири — Тихий океан. Плавные же перестройки, независимо от их величин, заметного влияния на сейсмичность не оказывают. При сильных землетрясениях в Средней Азии, Казахстане, Западной Туркмении и Иране атмосферное давление растет к северу и падает к югу от эпицентральной зоны, а толчки тоже происходят вблизи места, где меняется знак градиента атмосферного давления. Магнитуда землетрясений зависит от величины перестройки термобарического поля.

Доклады АН СССР. 1987. Т. 295.
№ 2. С. 338—341.

Геофизика

Эль-Ниньо и землетрясения

Сейсмолог Д. Уокер (D. Walker; Гавайский геофизический институт, Гонолулу, США) изложил на конференции Американского геофизического союза в Сан-Франциско результаты проведенного им статистического анализа сейсмичности в восточной части Тихого океана в сопоставлении с явлением Эль-Ниньо.

Известно, что Эль-Ниньо (катастрофическое потепление вод и находящихся над ними атмосферных масс) охватывает экваториальные районы океана с интервалами примерно 5—7 лет. По данным Уокера, пять последних случаев Эль-Ниньо (с 1965 по начало 1988 г.) достаточно точно совпадали с резким возрастанием числа землетрясений в районе Восточно-Тихоокеанского поднятия, вблизи о. Пасхи. Так, в 1965 и в 1976—1977 гг. в двухтысячекилометровой полосе Восточно-Тихоокеанского поднятия каждый раз наблюдалось более 20 землетрясений. В периоды других Эль-Ниньо — в 1972—1973, 1982—1983, 1986—1987 гг. число подземных толчков было несколько меньше, но все равно заметно превышало среднюю многолетнюю величину, составляющую лишь 1,8 в месяц.

Набранная статистика, по мнению самого исследователя, еще недостаточна, чтобы полностью исключить случайное совпадение явлений. Некоторый скептицизм высказал и видный геофизик С. Зебиак (S. Zebiak; Геологическая обсерватория им. Ламонта и Доэрти при Колумбийском университете, США), сам занимавшийся аналогичными работами. Однако изучение возможной корреляции между метеоокеанологическими и сейсмологическими процессами в глобальном масштабе признается целесообразным.

Последние геологические и палеоклиматологические данные, полученные при анализе колонок льда, поднятых при бурении в Андах, указывают, что явление Эль-Ниньо существует на Земле на протяжении по крайней мере последних 100 тыс. лет.

New Scientist, 1988. Vol. 117. № 1594.
Р. 40 (Великобритания).

Океанология

Сверхдлинный океанографический разрез

В 1987 г. на двух научно-исследовательских судах, принадлежащих Национальному уп-

равлению США по изучению океана и атмосферы (НОАА), были проведены океанографические работы на огромном по протяженности (8000 миль) разрезе через Тихий океан — от Австралии до Перу вдоль 15° ю. ш. Такой сверхдлинный разрез выполнен, по-видимому, впервые в океанографической практике. Его цель — сбор данных о влиянии циркуляции вод на глобальный климат.

Научно-исследовательское судно «Океанограф» («Oceographer») начало работы от 150° з. д., несколько севернее о. Таити, и шло на запад, к Австралии, а однотипное судно «Исследователь» («Researcher») из этой же точки направилось на восток, к Перу. Проведение разреза вдоль 15° было обусловлено тем, что эта широта пересекает центр субтропического круговорота вод в системе циркуляции южной части Тихого океана. Кроме того, в этих рейсах можно было получить богатую информацию о движении вод в меридиональной плоскости, поскольку одновременно с выполнением разреза проводились исследования другими научными судами в средних широтах.

Сбор проб воды на станциях разреза велся по стандартным горизонтам от поверхности до дна океана.

В исследованиях по программе этих рейсов участвовали специалисты крупнейших океанографических институтов США и Австралии.

Bulletin of the American Meteorological Society. 1987. Vol. 68. № 9.
Р. 1160—1161 (США).

Океанология

Гидротермальная активность в трого Окинава

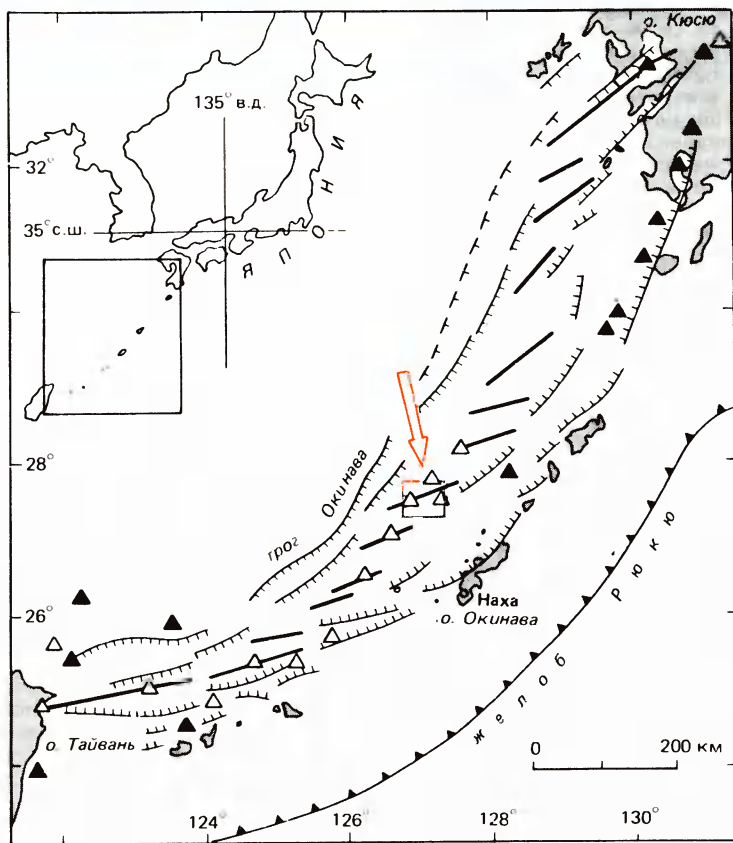
В тыловой части островной дуги Рюкю, отделяющей Восточно-Китайское море от остальной части Тихого океана, между островами Кюсю и Тайвань находится трог Окинава (впадина с корытообразным перечным профилем), привле-

кающий внимание геофизиков своей морфологией, мелкофокусной сейсмической активностью, чрезвычайно высоким тепловым потоком и молодым вулканизмом.

Работы экспедиций на научно-исследовательских судах «Вакасио-Мару» и «Такуйю» (Япония), «Жан Шарко» (Франция), «Зонне» (ФРГ) показали, что трог Окинава, видимо, находится на рифтовой стадии развития, когда земная кора растягивается и утоньшается. В 1986 г. в этом районе совершила 9 погружений на подводном обитаемом аппарате «Синкай-2000» группа ученых из университетов Токио и Рюкю, возглавляемая известным геофизиком С. Уэда (S. Uyeda; Институт изучения землетрясений, Токио). Работы велись в 100 милях к северо-западу от порта Нахи (о. Окинава), при этом впервые непосредственно наблюдалась интенсивная гидротермальная активность в тыловой части островной дуги.

В точке с координатами 27°34,4' с. ш. и 127°08,6' в. д. (глубина моря 1540 м) был обнаружен холм высотой 5—6 м и поперечником 15—25 м, из которого фонтанировал гидротермальный раствор. Холм расположен внутри вершинного кратера небольшого вулкана, возвышающегося примерно на 200 м над дном осевой долины подводного рифа. Склоны холма покрыты многочисленными наростами из желтоватого материала. Эти образования напоминают каминные трубы; именно из них изливается гидротермальный раствор. Остальная часть холма прикрыта тонким слоем коричневатого-зеленых отложений, под которыми, очевидно, лежит тот же желтоватый материал. Температура на глубине 40 см под поверхностью холма составляла 20—50 °С. Никаких живых организмов в районе гидротерм не обнаружено.

Во взятых из гидротермального источника пробах воды метана содержалось примерно 200 мкм³/кг, а отношение ³He/⁴He превышало 1,25, что указывает на ее магматическое происхождение. Желтый материал наростов представляет со-



- Центральный рифт
- Разломные уступы
- Погребенные разломные уступы
- Активные вулканы
- Предположительно активные вулканы (главным образом подводные)

Структурная схема трого Окинава и местонахождение активного гидротермального поля (показано стрелкой). На врезке — положение островной дуги Рюкю.

бой аморфный кремнезем и гидроксид железа (около 30 % Fe). В нем содержатся также мышьяк (300 частей на 1 млн), молибден (96 частей на 1 млн), марганец (менее 0,2 %) и медь, никель, кобальт, цинк (менее 10 частей на 1 млн). Темно-окрашенный материал — это, очевидно, марганцевая корка, состоящая из оксида марганца с необычно высоким содержанием (более 0,2—0,3 %) молибдена. Ранее такие концен-

трации молибдена наблюдались в марганцевых отложениях гидротермальных систем островной дуги Тонга-Кермадек в море Фиджи.

Исследования гидротермальной активности в районе островной дуги Рюкю, в том числе и с подводных аппаратов, продолжатся еще ряд лет.

Eos (Transactions of the American Geophysical Union). 1987. Vol. 68. № 36. P. 737 (США).

Новая подводная лаборатория

Подводный обитаемый аппарат-лаборатория «Аквариус», принадлежащий Национальному управлению США по изучению океана и атмосферы (НОАА), приступил к работе с конца 1987 г. Размеры аппарата $13 \times 3,6 \times 5$ м; в нем имеются помещения для лабораторных исследований, отсек для отдыха и камбуз. Этот подводный «дом» расположен на дне Карибского моря у берегов о. Санта-Крус (Виргинские о-ва), в пределах подводного каньона Солт-Уотер, на глубине 15 м. Сменяющие друг друга через каждые девять часов экипажи численностью по шесть человек проводят здесь исследования в области физической океанографии, морских инженерных наук, ихтиологии, изучают причины заболевания и гибели кораллообразующих организмов.

Подводная лаборатория пригодна для использования в течение 1—2 лет. Ее сооружение обошлось в 5,5 млн долл.

Eos (Transactions of the American Geophysical Union). 1988. Vol. 69. № 2. P. 16 (США).

Луна и разливы Нила

Р. Карри (R. Currie; Университет Стони-Брук, штат Нью-Йорк, США) подверг математико-статистическому анализу все имеющиеся данные о зимних и летних разливах Нила в период между 622 и 1490 гг. Эта работа выполнена в развитие его прежних исследований, охватывавших период с 1690 по 1962 г.

Исследователь применил так называемую методику MESA (maximum entropy spectrum analysis — спектральный анализ максимальной энтропии); рассматривались отрезки историче-

ских хроник длительностью по 200 лет, но при этом каждый последующий отрезок был сдвинут по отношению к предыдущему на 50 лет (например, с 630 по 830, с 680 по 880 гг. и т. д.).

Важнейший результат работы заключается в установлении достаточно отчетливой связи между временем крупных разливов (наводнений, Нила и засух в его регионе, с одной стороны, и положением Луны — с другой. Главным фактором при этом является цикл лунных приливов, имеющий продолжительность 18,6 лет. Несколько более слабая связь наблюдается с 11-летним циклом солнечной активности. Оба фактора наиболее четко прослеживаются в период с 880 по 1469 г.

Ранее Карри проследил аналогичную связь между лунными приливами и осадками в Северной и Южной Америке, отдельных районах Китая, Индии и пришел к выводу, что первопричиной катастрофической нехватки продовольствия в этих странах в 1954 и 1973 гг. могли послужить именно лунные приливы. Он предупреждает о возможности повторения таких событий в 1990-х годах.

Journal of Climatology. 1987. Vol. 7 P. 473 (США).

Климатология

В аляскинской тундре становится теплее

За последние 100 лет вечномерзлая почва арктической тундры на Аляске стала теплее на 4—7 °F (2,5—4 °C). Это обнаружили специалисты Геологической службы США по записям температур, измеряемых в нефтяных скважинах.

По мнению геофизика А. Лахенбруха (A. Lachenbruch), проводившего исследования в полярных районах Аляски, причина такого потепления пока не ясна. Оно может быть связано с процессом глобального потепления; во всяком случае, как он

подчеркивает, «происходит нечто систематическое и драматическое в очень широких масштабах». Пока это потепление не оказывает заметного воздействия на полярные районы Аляски, однако на территории, расположенной южнее, вечная мерзлота может отступить. Оттаивание грунта в конце концов может привести к образованию грязевых потоков, оползней, к эрозии речных берегов.

International Wildlife. 1987. March-April. P. 30 (США).



Экология

Морские суда влияют на климат

Группа сотрудников, возглавляемая Дж. Кокли (J. Coakley; Национальный центр атмосферных исследований США, Боулдер, штат Колорадо), изучала воздействие на состав и свойства атмосферы выбросов судовых двигателей в открытом море.

С искусственных спутников Земли легко прослеживаются длинные полосы выбросов, оставляемых проходящими кораблями. Формирующиеся при этом искусственные облака легко отличимы от незагрязненных облаков естественного происхождения, и их альбедо (отражающая способность) поддается оценке.

Исследователи установили, что поступающие в воздушное пространство продукты сгорания судовых двигателей заметно изменяют характер облачности, которая почти на 45 % интенсивнее препятствует уходу тепла с поверхности океана во внешнее пространство, усиливая тем самым парниковый эффект. Это в серьезной мере меняет существующие представления, будто роль отражающей способности облаков, связанных с транспортно-промышленной деятельностью человека, незначительна.

Science. 1987. Vol. 237. P. 1020 (США).

Биогеохимия

Железо, фитопланктон и глобальные уровни CO₂ в атмосфере

В поверхностных водах субарктической части Тихого океана и Антарктики имеется избыток соединений, необходимых для развития фитопланктона (PO₄, NO₃, SiO₄), однако самого растительного планктона мало. Дж. Мартин и С. Фитццотер (J. H. Martin, S. E. Fitzwater; Морская лаборатория Моусс Лэдинга, штат Калифорния, США) исследовали пробы морской воды из северо-восточной части Тихого океана. При добавлении в них небольших количеств железа в растворе резко увеличивалось содержание хлорофилла и уменьшалась концентрация питательных веществ, что свидетельствует об увеличении продукции фитопланктона. Это доказывает, что содержащегося в океанской воде железа недостаточно для обеспечения возможной продукции фитопланктона.

Железо необходимо для синтеза хлорофилла, некоторых транспортных белков, а также для восстановления ионов SO₄ и NO₃ в процессе фотосинтетического продуцирования органического вещества. Авторы считают, что столь важное значение железа (как необходимого клеточного компонента) может существенно сказываться и на глобальных уровнях содержания CO₂ в атмосфере, а следовательно, и на климате Земли.

Известно, что Южный океан играет главную роль в извлечении CO₂ из атмосферы. Поступление железа с Антарктического континента в настоящее время крайне ограничено, поставка с западными ветрами также невелика из-за отсутствия значительных массивов суши на их пути. В атмосферах прошлого содержание CO₂ существенно колебалось, что установлено при исследовании образцов древнего льда Антарктиды. В ледниковые периоды содержание CO₂ в атмосфере

было минимальным, а в межледниковые — повышенным. Известно также, что в ледниковые периоды количество атмосферной пыли было в 10—20 раз выше, чем в межледниковые. Авторы считают, что соответственно выше было содержание железа в атмосфере, что и обусловило повышенную его поставку на поверхность океана. Именно усиливавшаяся поставка железа из атмосферы стимулировала фотосинтез, а это приводило к снижению уровня содержания CO_2 в атмосфере в периоды ледниковых максимумов.

Nature. 1988. Vol. 331. № 6154. P. 341—343 (Великобритания).

Палеонтология

Лягушка в янтаре

В 1986 г. горняк одной из шахт Доминиканской Республики нашел обломок янтара с заключенной в нем лягушкой. Животное отлично сохранилось: глаза и рот открыты, сквозь прозрачную кожу хорошо просматривается скелет. Находка была продана торговцу янтарем из Ашленда (штат Орегон, США) и вскоре показана специалисту по ископаемым земноводным Дж. Пойнару (G. Poinar; Университет штата Калифорния, Беркли, США). Проведя анализ тканей, он установил, что возраст лягушки 35—40 млн лет.

Случаи, когда в смоле древнего растения «консервируются» насекомые, довольно часты. Что касается позвоночных, то в науке известны лишь две заключенные в янтарь ящерицы. Лягушка в таком виде впервые предстала перед специалистами. На территории Мезоамерики (геологической провинции, включающей Мексику, Центральную Америку и страны бассейна Карибского моря) это вообще древнейший образец ископаемой лягушки.

Находка будет продана с аукциона, ее начальная цена 25 тыс. долл. Объявлено: если покупку совершит лицо, которое подарит ее научному учреждению, этому ископаемому виду

лягушки будет присвоено имя дарителя.

New Scientist. 1987. Vol. 115. № 1577. P. 26 (Великобритания).

Археология

«Сауна» первобытного человека

На поселениях первобытного человека разных европейских стран нередко встречаются характерные возвышения, именуемые «горелыми курганами». Археологи обычно считали, что это остатки примитивных кухонь. К иным выводам пришли специалисты во главе с Л. Барфилдом (L. Barfield; Бирмингемский университет, Англия), проведя раскопки вблизи Бирмингема.

Детально были изучены два «горелых кургана», принадлежавших британцам, которые жили здесь около 3 тыс. лет назад. Найдено большое количество покрытых копотью камней (причем многие — в расколотом состоянии, достигаемом обычно при резком охлаждении после значительного нагрева), обугленные обломки дерева, остатки очагов, а также выложенных камнем, глиной и деревом углублений наподобие мелких бассейнов. Существенно, что никаких остатков кухонной утвари или костей животных здесь не обнаружено.

Участники раскопок предположили, что «горелые курганы» — это все, что сохранилось от «парных бань» или «саун» первобытного человека. В пользу такого мнения свидетельствует и тот факт, что все известные на сегодня в Европе подобные археологические памятники расположены вплотную к воде, что для кухонь вовсе не обязательно. Неглубокий бассейн внутри бани мог служить для образования пара, если туда бросали раскаленные камни, или для охлаждения моющихся после парной.

Не исключено, что такие сооружения использовались не только в санитарно-гигиенических целях, но и в ритуально-

очистительных, культовых. Интересно отметить, что Геродот описывал существовавший у скифов, населявших территорию нынешней Украины в I тысячелетии до н. э., обычай париться с добавлением в горячую воду семян конопли.

Antiquity. 1987. Vol. 61. P. 370; New Scientist. 1987. Vol. 116. № 1589. P. 35 (Великобритания).

Археология

Древнейшие пивовары

Археологическая экспедиция Шотландского королевского музея в Эдинбурге (Шотландия) с 1984 г. ведет раскопки на о. Рам, входящем в состав Гебридских о-вов. В районе Кинлоха было обнаружено большое количество предметов материальной культуры, относящихся к эпохе мезолита. Главным образом это каменные орудия труда, изготовленные в период между 8,5 и 7,5 тыс. лет назад. В местности по соседству с Кинлохом найдены предметы эпохи неолита — их возраст близок к 6 тыс. лет. В обломках глиняных сосудов сохранились органические вещества, которые были подвергнуты анализу. Судя по продуктам брожения, в сосудах некогда содержался напиток, похожий на пиво. Более точную характеристику этого напитка взялись определить химики — сотрудники одной из шотландских пивоваренных компаний.

Для археологов же особенно важно другое: появилось материальное свидетельство, что этот суровый край уже был заселен людьми более 8 тыс. лет назад.

New Scientist. 1987. Vol. 116. № 1582. P. 67 (Великобритания)

СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА РЕФЛЕКСИЮ

А. Л. Тоом,

кандидат физико-математических наук
Москва

ПРОБЛЕМЫ РЕФЛЕКСИИ

Современные
комплексные
исследования

В СОВРЕМЕННЫХ словарях слово «рефлексия» толкуется так: «склонность анализировать свои переживания» (Ожегов С. И. Словарь русского языка. М., 1984); «форма теоретической деятельности общественно-развитого человека, направленная на осмысление своих собствен[ных] действий и их законов» (Философская энциклопедия. М., 1967); «процесс самопознания субъектом внутренних психических актов и состояний» (Краткий психологический словарь. М., 1985).

Термин «рефлексия» происходит от латинской основы, буквально означает «загибание», «закидывание назад» и применяется для обозначения всевозможных многократных психических отражений.

О том, что же такое эти многократные психические отражения и каково их значение, ученые заговорили вне узкого абстрактно-философского контекста сравнительно недавно. Но, как это бывает, если уж заговорили, то сразу на языках многих наук. Теперь такими многократными отражениями — рефлексивными образами — интересуются и философы, и психологи, и математики, и литературоведы, и кибернетики, и историки, и педагоги.

В быту мы, как правило, не требуем от себя и других объяснения смысла слов, обос-

нования суждений, осмысления самих процессов мышления. Мы говорим как говорится и думаем как думается. В науке же осмысление и критика способов работы, смысла терминов — общее дело, подлежащее совместному обсуждению, в результате чего вырабатываются нормы, выполнение которых становится обязательным в данной научной традиции, или парадигме. Иными словами, развитие науки невозможно без рефлексии и значение ее постоянно возрастает.

В течение ряда лет интерес к этим проблемам был

как бы подспудным и не получал формального выражения. Поэтому приятно видеть книгу, на обложке которой значится слово «рефлексия».

Впрочем, слова можно употреблять разные: аналоги рефлексии в средневековой схоластической (томистской) традиции назывались вторыми интенциями, а в американских работах последних лет часто называются словами, начинающимися с «мета»: метакognition, метапамять, метакommunikация и т. п.

Хотя сборник, о котором мы будем говорить, носит специальный характер, он может оказаться интересным многим вдумчивым читателям. Почему? Да хотя бы потому, что мы живем в эпоху гласности. А наша гласность — это, в сущности, рефлексия всего общества над самим собой, над своим настоящим и прошлым.

Итак, ученые заговорили о рефлексии. Это тоже знамение времени. Ведь тридцать лет назад можно было прочитать: «Рефлексия... термин буржуазной идеалистичес[кой] философии... <...> Дialeктический материализм отвергает термин «Рефлексия» как теоретико-познавательное понятие...» (БСЭ. Изд. 2-е. Т. 36. С. 423—424). И такое определение не было, конечно, только личной точкой зрения автора приведенных слов.

В недавно опубликованном романе А. Бека «Новое назначение» есть эпизод, происходящий примерно в те годы, когда готовилась процитированная статья. На заседании Президиума Совета Министров летом 1953 г. Берия обвиняет крупного руководителя промышленности в том, что он «занял позицию критически мыслящей личности», а тот, осмелев после смерти Сталина, смеет возражать: «И никогда в позу критически мыслящей личности я не становился. Это клевета. <...>

Я был, оставался и останусь дисциплинированным, государственно мыслящим работником». Но это возражение в сущности является согласием — согласием в том, что критически мыслить предосудительно.

Всего в сборнике почти три десятка статей, сгруппированных в пять тематических разделов: гносеологические исследования рефлексии, психологические механизмы рефлексии, рефлексия в структуре учебной деятельности, рефлексия в структуре научного познания и рефлексия в развитии культуры. Мы здесь коснемся лишь некоторых, преимущественно философских моментов.

В узко философском плане некоторые статьи, несомненно, представляют собой новое слово, с которым придется считаться специалистам. Так, в статье Г. А. Антипова убедительно показано, что понятие идеального, играющее огромную роль в философии, тесно связано с понятием рефлексии: «... вне отношения к рефлексии категория идеального теряет смысл» (с. 20). Этот взгляд, коль скоро он не будет опровергнут, потребует уточнения самых общих и основных философских формулировок. И это не удивительно, если принять, что «философия ... есть культивируемая, приобретающая вид традиции форма рефлексии», — как говорится в другой статье того же Г. А. Антипова и О. А. Донских (с. 180).

Что отражает рефлексия — конкретное или абстрактное, индивидуальное или общее, личное или безличное? Мне представляется, что рефлексия может отражать и то и другое, что это просто разновидности рефлексии, каждая из которых интересна по-своему. Но исторически сложилось так, что в XVIII—XIX вв. понятие рефлексии развивала по преимуще-

ству объективно-идеалистическая школа классической немецкой философии. Этой традиции посвящена статья А. П. Огурцова. Так, в системе Гегеля есть в сущности только один субъект — единый мировой дух, а все индивидуальное имеет цену и смысл лишь постольку, поскольку вносит вклад в саморазвитие этого единого духа. Отзвуки этого представления и реакции на него можно найти всюду, куда распространила свое влияние философия Гегеля. Например, В. Г. Белинский в одном из писем писал: «Что это за жизнь, где рефлексия отравляет всякую блаженную минуту, вышедшую из полноты жизни, где общее велит смотреть, как на грех, на всякое человеческое наслаждение».

Диалектический материализм признает и учитывает многообразие человеческих личностей и, более того, подчеркивает необходимость социума для становления человеческой индивидуальности: «Так как он рождается без зеркала в руках и не фихтеанским философом: «Я емь я», то человек сначала смотрится, как в зеркало, в другого человека»².

Многие статьи сборника, например Н. И. Кузнецовой и В. М. Розина, поддерживают тенденцию к более внимательному изучению индивидуальной, личностной рефлексии. В статье старинный образ ангела-хранителя, способного видеть человека насквозь, предстает средневековой фигурой рефлексии.

Одной из характернейших черт нашего времени является стремительная компьютеризация самых разных сторон жизни. Есть много свидетельств того, что этот процесс зависит

от человеческой способности к рефлексии и сам, в свою очередь, влияет на нее. Естественно ожидать от сборника, посвященного проблемам рефлексии в широком плане, внимания к проблеме «человек и машина». Хорошо, что в сборнике есть статья на эту тему, хотя жаль, что только одна: М. С. Мириманова и Ю. А. Шрейдер исследуют рефлексивные аспекты взаимодействия людей с информационными средами (например, библиотеками). Кстати, эта статья — единственная еще в одном отношении, а именно: в ней актуализируется возможность многократной рефлексии: «Следующий уровень рефлексии состоит в осознании необходимости получить не только недостающее знание, но и знание о том, кто и где подобным знанием владеет, а также о том, как уровень знания пользователя соотносится с достигнутым в обществе уровнем» (с. 154).

Несколько слов о вводной статье, написанной Н. Г. Алексеевым и И. С. Ладенко. В ней предпринимается интересная науковедческая попытка описать ход развития исследований рефлексии в нашей стране за последние десять — двадцать лет. Только одно в этой статье вызывает возражение: непосредственно от Белинского авторы переходят к 1970-м годам, игнорируя все, что было в промежутке, и утверждая, что «примерно сто лет назад слово «рефлексия» было столь же непонятным, как и слова «абстрактный» и «конкретный»» (с. 9).

Думаю, что главная заслуга авторов и редакторов сборника «Проблемы рефлексии» в том, что они настроены на преодоление инерции шаблонного мышления. Исследование и развитие рефлексии во многих ее видах должно играть в этом деле важную роль.

² Белинский В. Г. Избр. письма. Т. 1. М., 1955. С. 245.

³ Маркс К. Капитал. Т. 1 // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Изд. 2-е. Т. 23. М., 1960. С. 62.

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ В ФОТОГРАФИЯХ И РИСУНКАХ

О. А. Лебедев
Москва



М. Ф. Ивахненко, В. А. Корабельников. ЖИВОЕ ПРОШЛОЕ ЗЕМЛИ. Книга для учащихся. М.: Просвещение, 1987. 255 с.

ТИРАЖ этой книги не маленький — четверть миллиона экземпляров, но она не залежалась на прилавках. Если бы мне удалось купить что-нибудь подобное в 60—70-х годах, когда я был школьником, то посчитал бы себя счастливым. Тогда большой популярностью пользовались красочные книги-альбомы чехословацкого издательства «Артия», написанные палеонтологом И. Аугустой и богато иллюстрированные талантливым художником З. Бурианом: «По путям развития жизни», «Ящеры древних морей», «Книга о мамонтах» и другие, ставшие теперь классикой популярной палеонтологической литературы. Классикой скорее изобразительной — их текст, как мне кажется, суховат и малозанимателен.

Интерес к палеонтологии, резко возросший во всем мире, не обошел и нашу страну, особенно в связи с открытием в Москве нового Палеонтологического музея. Но утоление голода по популярной литературе на эту тему остается проблемой. Книга «Живое прошлое Земли», написанная доктором биологических наук, палеонтологом М. Ф. Ивахненко и фотохудожником и популяризатором естественных наук В. А. Корабельниковым, — несомненный вклад в решение этой проблемы.

Авторы избрали новый, нестандартный путь. Раньше издания такого рода иллюстрировались рисованными реконструкциями животных, растений и ландшафтов, не всегда удачными и точными. Рецензируемая книга построена преимущественно на цветных фотографиях, в которых документально зафиксирована летопись жизни прошлых эпох. Основную часть книги составляют 275 цветных слайдов с изображениями дошедших до нас остатков животных и растений, обитавших на Земле, — от древнейших, возраст которых около 700 млн лет, до орудий и костей древнего человека. В книге есть и штриховые рисунки животных,

выполненные художником-анималистом В. Д. Колгановым, но это маленькие, ненавязчивые и несамодовлеющие иллюстрации, помогающие мысленно «оживить» мертвые окаменелости.

Такие издания становятся настольными для школьных учителей, работников краеведческих музеев и руководителей кружков, для множества любителей-коллекционеров и, конечно, юных натуралистов. Именно потому, читая книгу, обидно встречать в ней, казалось бы, мелкие, но досадные ошибки и недоработки, за которые несут ответственность как авторы, так и издательство.

Начнем с того, что подобная книга не имеет права содержать 17 ошибок (скорее всего, опечаток) только в латинских названиях животных. Ведь неискушенный читатель воспроизведет содержащиеся ошибки в этикеточных подписях к найденным образцам. Немало вреда может принести путаница в подписях к фотографиям и рисункам. В подписи к реконструкции хищного динозавра-тарбозавра читаем совершенно справедливое «клыков нет», а с картинки на нас смотрит чудище с эффектно выставленным вперед клыком (с. 186). На с. 196, прочитав подпись, мы ожидаем увидеть многорогого стиракозавра, но перед нами всего лишь трехрогий динозавр-трицератопс. Особенно удручает эта путаница в последней части книги — «Заключении», где текст, объясняющий картинки и привязанный к ним стрелками, на протяжении четырех страниц (с. 244—247) не совпадает с изображением, так что, например, подпись «суша начала зеленеть» обращена стрелкой на тропический лес каменноугольного периода и т. д.

Неверны подписи и к слайдам на с. 131, 134, 204. Последний, например, — это череп не пеликана, а фламинго. Су-

щественным, на мой взгляд, является тот недостаток, что все образцы представлены без обозначения масштаба, и в результате двухсантиметровая челюсть рыбы тизанолепис оказывается за счет увеличения крупнее показанной на той же странице тридцатисантиметровой челюсти крупной кистеперой рыбы платицефалихта (с. 133). Ну и, конечно, недопустимы выражения типа: «мордочки черепо-пов» (с. 132).

По некоторым вопросам позволю себе не согласиться с авторами и по существу. К счастью, утверждение, что «от древних целакантов мало что осталось; они не имели хорошо окостеневавшего скелета» (с. 129), как раз противоположно истине. Чем древнее целаканты, тем полнее наши знания о строении их скелета; окостенения прогрессивно уменьшаются с течением геологического времени и слабее выражены как раз у современной латимерии, реликтовой кистеперой рыбы, живущей поныне на больших глубинах вблизи Коморских о-вов. Не стоило бы писать без оговорок, что имевшийся

у саркоптеригий орган дыхания развился в настоящие легкие» (с. 120), так как это предположение, кочующее уже десятилетиями по многим учебникам и справочным пособиям, относится только к трем видам современных двоякодышащих рыб, являясь в остальном не более чем зыбкой гипотезой, не имеющей под собой никаких фактических оснований.

Немало ошибок и в схеме филогении рыб (с. 122). Под неудачным, на мой взгляд, неологизмом авторов «лопастеперые» (т. е. мясисто-лопастные — саркоптеригии) объединяются не только кистеперые и двоякодышащие рыбы, но и акантоды. Первые дают не зарегистрированный более нигде всплеск численности в триасовом периоде, кистеперые на схеме появляются только в середине девонского, хотя известны с самого его начала.

Название «третичный период» (с. 12) устарело, оно давно разбито на два — палеогеновый и неогеновый; неверно указание в тексте, что на геологических картах пермские отложения обозначают фиолетовым

цветом (с. 15), хотя на схеме он верно показан светло-коричневым.

Неточно указано время существования разных организмов, например скатов — с силура (в действительности — с юры) (с. 17); для гигантских ракоскорпионов — гигантостраков указаны ордовик, карбон и пермь, хотя на самом деле — это силур — девон (с. 100); совершенно неподходящее прилагательное «девонские» применено для существовавших в каменноугольном периоде цельноголовых рыб — протопират (с. 121).

Такие недостатки снижают качество книги. Это особенно огорчительно, поскольку выход ее — безусловно, нужное, своевременное событие, и многое в этой книге удалось.

Очень бы хотелось, чтобы и авторы, и издательство «Просвещение» учли эти и многие не отмеченные здесь за недостатком места недочеты и выпустили в свет второе, переработанное и исправленное издание этой по замыслам замечательной книги, нужной школьникам, студентам и любителям природы.

НОВЫЕ КНИГИ

Физика

Н. В. Карлов. ЛЕКЦИИ ПО КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ: Учеб. руководство 2-е изд., испр. и доп. М.: Наука, 1988. 335 с. Ц. 2 р. 20 к.

Всего 30 лет насчитывает история лазеров, а сейчас невозможно представить себе физика, незнакомого с принципом действия и устройством лазерных систем. Курс основ квантовой электроники изучают студенты многих физических специальностей. Профессиональный интерес к лазерам про-

являют инженеры, медики, связисты, геологи. Многолетняя работа со студентами Московского физико-технического института привела автора к разработке лекционного курса, в котором в сжатой форме представлены основные физические идеи квантовой электроники и дано описание принципов действия наиболее важных ее приборов.

В первой части изложены физические основы лазеров. Автор знакомит с историей создания оптических квантовых

генераторов. В заключение приводятся основные формулы квантовой электроники.

Вторая часть книги посвящена методам создания активной среды и свойствам наиболее известных лазеров. Заканчивается книга обсуждением тенденций развития квантовой электроники. Большую помощь в практическом освоении материала книги окажут задачи, приводимые в конце каждой лекции. Книга будет полезна студентам и аспирантам физических специальностей, науч-

ным работникам в области квантовой электроники и тем, кто по роду деятельности связан с использованием лазеров.

Биология

И. Вагнер. АФРИКА: РАЙ И АД ДЛЯ ЖИВОТНЫХ / Пер. с чешск. И. Мачульской. Авт. предисл. В. Е. Соколов. М.: Мысль, 1987. 350 с. Ц. 4 р. 70 к.

Эта прекрасно иллюстрированная книга принадлежит перу чехословацкого зоолога Йозефа Вагнера, создателя специализированного зоопарка для африканских животных в г. Двур-Кралоу. Семь длительных экспедиций, десять лет жизни в Африке позволили известному натуралисту собрать богатейший материал о поведении животных в их естественной среде. Книга дает нам сведения о природе континента, знакомит с жизнью животных во всех зоогеографических зонах Африки. Мы узнаем также об истории изучения этой уникальной части планеты. Строгость научного изложения сочетается с увлекательным описанием опасностей и приключений, испытанных автором.

Читатель получает возможность сопоставить современное состояние животного мира континента с прошлым и увидеть грустную перспективу. В книге звучит призыв спасти от вымирания животных Африки.

Экология. Кибернетика

Н. Н. Моисеев. ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА ГЛАЗАМИ МАТЕМАТИКА. (Человек, природа и будущее цивилизации.) М.: Молодая гвардия, сер. «Эврика», 1988. 254 с. Ц. 80 к.

Академик Н. Н. Моисеев известен своими работами по космической динамике, траекторным расчетам, анализу атмосферных процессов и информатике. В серии «Эврика» вышли его книги «Слово о НТР», «Люди и кибернетика». «Экология человечества глазами математика» — третья его книга в

этой серии. Рассчитанная на самые широкие круги читателей, она знакомит с проблемами коэволюции природы и человечества.

Автор рассматривает проблемы, которые могут быть связаны с крайними состояниями биосферы — с понятием «пределной черты», переступить которую нельзя ни при каких условиях. Определять эти предельные состояния помогают широкомасштабные эксперименты, проводимые на вычислительном комплексе, который имитирует функционирование биосферы. Книга знакомит с такими экспериментами, выполненными в Вычислительном центре АН СССР в 1983—1985 гг. Особое место среди них занимает уже получившая известность модель «ядерной зимы» — одного из последствий возможной ядерной войны.

В одной из глав обсуждаются типы механизмов, применимых в сложных экологических ситуациях, например «институты согласия», которые позволяют народам, живущим в разных природных условиях и обладающим различными экологическими, политическими и социальными системами, объединять усилия для преодоления общих экологических трудностей.

Последняя глава «Стратегия природы» — стратегия разума» носит методологический характер. Автор делится в ней своими представлениями о жизни как фрагменте единого процесса самоорганизации материи. На стремление человечества решать экологические проблемы он смотрит как на естественный этап реализации «общей стратегии развития Природы».

Экология

Б. Л. Гусаков, Н. А. Петрова. ПЕРЕД ЛИЦОМ ВЕЛИКИХ ОЗЕР. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 128 с. Ц. 55 к.

Авторы, сотрудники Института озераведения АН СССР, посвятили свою книгу двум величайшим озерным системам мира: озерам Верхнее, Мичиган,

Гурон, Эри и Онтарио — в Северной Америке и Ладожскому с Онежским — в Европе. Особое внимание уделено экологическим проблемам, в частности обсуждению такого тревожного явления, как антропогенное эвтрофирование вод, связанного с накоплением в озерах соединений фосфора, азота и других химических элементов. Сами по себе они не опасны, даже необходимы для жизнедеятельности живых организмов, но перенасыщенность ими вызывает «цветение воды» — бурное развитие планктонных водорослей. В результате происходит серьезная перестройка озерной экосистемы, все живое гибнет из-за недостатка кислорода, озерная котловина заполняется осадками, озеро мелеет и постепенно зарастает.

Этот процесс затронул Великие американские озера еще в 20-х годах нашего века, а уже в 50—60-х годах озеро Эри и его водосборный бассейн были объявлены «проблемной территорией». Ладожское и Онежское долго казались в этом смысле вне опасности. Но быстрый рост концентрации фосфора в озерной воде (в Ладоге его главный источник — Волховский алюминиевый завод) привел к тому, что в последние годы количество планктона в Ладожском озере стало сопоставимо с продукцией озера Онтарио и даже Эри. Обостряется ситуация и в Онежском озере, где неблагоприятные последствия могут наступить даже быстрее, поскольку глубина озера меньше.

Книга знакомит читателя с мерами, принимаемыми против эвтрофирования водоемов. Но для полного успеха, по мнению авторов, требуется новая социально-экономическая и экологическая стратегия.

ГЕРБАРИЙ ЕКАТЕРИНЫ II И АНГЛИЙСКИЙ «ДИПЛОМАТИЧЕСКИЙ БУКЕТ»

М. Н. Караваев,
С. А. Баландин,
кандидаты биологических наук
Москва

Для Екатерины II наступила историческая давность, счеты потомства с Екатериной II уже давно сведены. Для нас она не может быть ни знаменем, ни мишенью, для нас она только предмет изучения...

В. О. Ключевский

В СТАРЫХ фондах травников Московского университета одному из авторов этих строк (М. Н. Караваеву) довелось обнаружить остатки гербарной коллекции, некогда принадлежавшей Екатерине II. До нас дошло из этой коллекции всего лишь пять гербарных листов. Они небольшого размера. На них плотно приклеены фрагменты растений, иногда нескольких видов на одном листе. Бумага российский происхождения, фабрики П. Хлебникова (из окрестностей Санкт-Петербурга), датируется 1793 г. Надписи сделаны по-русски, полууставным шрифтом, характерным для екатерининской эпохи, по-французски, по-английски, иногда вперемешку с латынью. Дата сборов — 1787 г. Место сборов — Виргиния, город Вилиамсбург (прежний административный центр Виргинии), о. Мартиника. Русские названия растений взяты, видимо, из латинско-русского ботанического словаря того времени. Вероятно, эта коллекция была составлена специально

для развлечения великосветского общества, «для дам», как тогда говорили. На листах сообщаются некоторые сведения о растениях. Например, на листе с растением *Schleichera trijuga*: «Цвет пахнет приятно, и колибри (медососки) охотно около его летают»; о растении *Hura crepitans* сообщается: «Лист палидерева, *arboris fructu crepitante folium* (Martinica)»; о растении *Melia* sp.: «Цветки дерева виргинского, называемого Китайская спесь, не от давних лет привезенного в Виргинию из Китая; в столичном граде Вилиамсбурге во многих садах сии деревья составляют аллеи, а цветом своим подобны сиринге и зелеными своими рябиновидными листьями много те сады украшают».

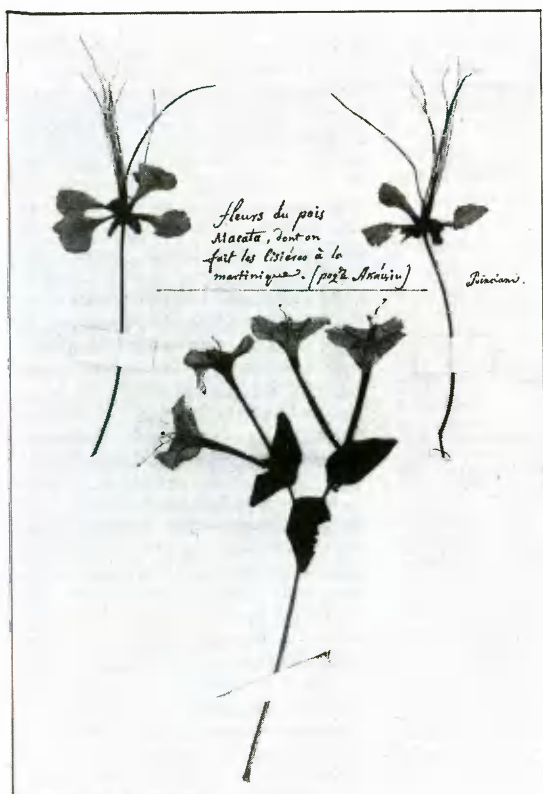
Этот гербарий Екатерина приобрела в 1796 г. (в год своей смерти) у Джона Фрэйзера (John Fraser, 1750—1811), английского ботаника, путешественника по Америке, усердного коллекционера и интродуктора, который посетил Россию, воз-

можно, не без личных коммерческих планов. Во всяком случае, прекрасно оформленный гербарий растений, главным образом американских, был привезен специально для продажи. В знак своей щедрости и одобрения трудов Фрэйзера императрица предложила ему самому установить цену за гербарий и вдобавок пожаловала звание «коллектора Ея Императорского Величества» с поручением снабжать редкими растениями императорские сады в Павловске и Гатчине¹.

По-видимому, Фрэйзер привез с собой в Россию, помимо гербария, и посадочный материал экзотических растений. Легко предположить, что он был наслышан о необычайном успехе у императрицы «дипломатического букета», незадолго перед тем присланного ей из Англии. Небезынтересна история этого необычного презента.

В апреле 1795 г. Россия заключила договор с Англией против Франции. Екатерина считала, что вмешательство в события французской революции является обязанностью всех европейских монархов. Согласно этому договору, Россия должна была направить против Французской республики 60 тыс. солдат под началом А. В. Суворова (в связи со смертью Екатерины в 1796 г. этот договор не был выполнен). Соглашение было весьма перспективным для Англии, и Георг III посчитал необходимым выразить благодарность российской императрице. По его приказу и под руководством Дж. Бэнкса (видного ботаника и президента Лондонского королевского общества) был подготовлен для отправки в Россию своего рода «дипломатический букет» —

¹ Hooker W. Biographical Sketch of John Fraser // Companion to the Botanical Magazine. 1886. Vol. II.



Цветы *Caesalpinia sappou* L. [слева]. Листья и соцветия *Schleicheria trijuga* Willd. [справа]. Собраны Дж. Фрэйзером на о. Мартиника в 1787 г. Из гербария Екатерины II.

большая коллекция живых тропических растений².

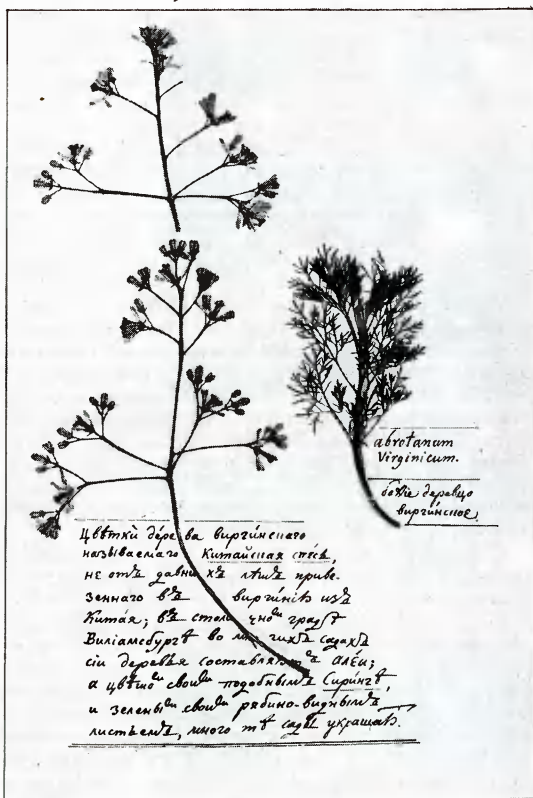
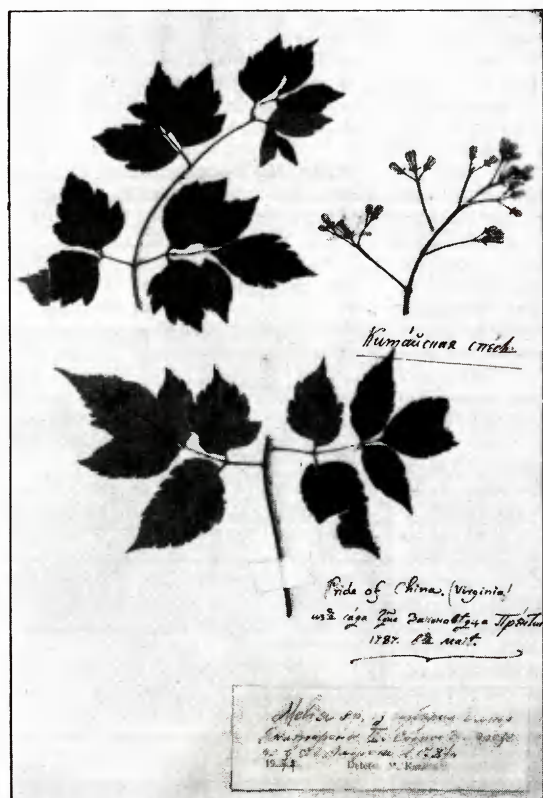
Оранжерейные растения были отправлены в Санкт-Петербург на судне «Вега» под эскортом военных кораблей (на случай нападения со стороны французского флота). Ассортимент коллекции, судя по списку, был весьма богат — она

состояла из 220 видов растений, преимущественно очень редких для европейских оранжерей: африканских (37 видов вересковых, 10 видов протейных, ряд пеларгоний, а также широко известная сейчас стрелиция — *Strelitzia regina*), австралийских, новозеландских (например, новозеландский лен — *Phormium tenax*), китайских и др.

По решению императрицы эта коллекция была размещена в любимом ею саду Павловского дворца. Перед дворцом находился цветочный

партер, а по аллеям к нему прилежали боскеты с крытыми трельажными галереями, в которых хранились теплолюбивые растения. Горшки с присланными из Англии растениями с большой торжественностью перевозились из Санкт-Петербурга в Павловский дворец в 15 больших каретах. Церемония совершалась под неусыпным наблюдением великой княгини Марии Федоровны и наследника престола Павла. После выгрузки растения были водворены на ночь для защиты от

² Carter H. B. Sir Joseph Banks and the Plant Collection from Kew Sent to the Empress Catherine II of Russia 1795 // Bull. Brit. Mus. Nat. Hist. (Hist. Ser.). 1974. Vol. 4. No 5.



Листья и соцветия *Melia* sp., собранные Дж. Фрэйзером в Северной Америке в 1787 г. Из гербария Екатерины II.

прохладного воздуха в обогреваемые помещения, а затем поступили на попечение прибывшего на «Веге» английского садовника Г. Неа.

Когда растения зацвели, императрица специально приезжала из столицы в Павловск. А в дни, когда Неа бывал в Санкт-Петербурге, она под его руководством заучивала их названия.

В знак благодарности Екатерина отправила в Лондон, в Королевские ботанические сады в Кью, большую партию

семян растений российской флоры, в том числе, по просьбе Дж. Бэнкса, ряд редких сибирских растений (панцерию мохнатую — *Panzeria lanata*, дороникум алтайский — *Doronicum altaicum*, пижму сибирскую — *Tanacetum sibiricum*) — всего 217 видов.

С самого начала своего пребывания в России Екатерина, окруженная прекрасными дворцовыми парками и садами, увлеклась цветоводством. Как известно, воспеания французскими энциклопедистами

красоты природы и прелестей сельской жизни способствовали становлению во второй половине XVIII в. нового, «английского» типа парка. Под этим влиянием и Екатерина, став императрицей, занялась реконструкцией дворцовых парков на английский манер. Так, в письме Вольтеру от 25.VI 1772 г. она сообщала: «Я ныне люблю до крайности английские сады, кривые дорожки, отлогие склоны, озерам подобные пруды, архипелаги на твердой земле, а к прямым дорожкам, единообраз-

ным аллеям чувствую великое отвращение».³

Вольтер поддерживал это увлечение. «Вот наступает время, Всемилостивейшая Государыня, — писал он в ответ, — в которое Вы должны будете наслаждаться прекрасными Вашими садами, кои, благодаря изящному Вашему вкусу, расположены не симметрически».⁴

Однако это иногда вызывало недовольство со стороны архитекторов. Так, следуя моде, императрица приказала В. И. Баженову поручить английскому садовнику перестроить и Царицынский парк. Проект привел в ужас великого зодчего. В одном из писем Баженов пишет: «Ныне же я уведомился, что г-н англичанин сделал проект рубить и сады и деревья некоторые, и естли паче чаяния оное опробуется, то к сожалению моему видеть село Царицыно испорченным».⁵

Зная пристрастие императрицы к растениям, датский наследник кронпринц Фредерик (впоследствии король Дании Фредерик VI) поручил мастерам датского фарфора изготовить для Екатерины II сервиз из 750 предметов под названием «Флора Дании». Он изготовлялся с 1790 по 1801 г. Скончавшаяся в 1796 г. императрица не успела его получить, но все же часть предметов этого

сервиза позже попала в Россию через датскую принцессу Дагмару, которая вышла замуж за Александра III и стала императрицей Марией Федоровной. Сейчас в музее фарфора в Кускове находятся три предмета из этого сервиза.

Среди российских ученых той эпохи особым вниманием императрицы пользовался П. С. Паллас. В знак особого доверия он был приглашен в качестве учителя для преподавания ботаники и зоологии будущему российскому императору Александру. В 1771 г. Екатерина получила от Палласа не только письменные отчеты о его научной деятельности в Южной Сибири, но также образцы и семена растений. Среди них были семена сибирской кедровой сосны (*Pinus sibirica*), часть которых она оставила себе для посадок, а часть отослала в Швейцарию Вольтеру. В письме Вольтеру от 6.IX 1771 г. Екатерина сообщает: «Вообще сказать, в Сибири все естественные произведения в необычайном изобилии; доказательством тому служит великое множество находящихся там рудников железных, медных, золотых, серебряных; также каменоломней, агатов, хрусталей, мраморов и проч. и проч. Есть там целые округи, покрытые кедровыми лесами, между коими находится премножество деревьев толщины чрезмерной, столько же хороших, как на горе Ливанской. Там находится также великое число различных дикорастущих плодоносных деревьев».⁶ А через месяц пришел ответ Вольтера Екатерине: «Я приемлю смелость, просить Вас

о присылке семян тех прекрасных кедров, которые малым чем уступают ливанским; ибо ныне на оной горе их почти совсем нет. Сии орехи рассажу я в своей пустыне».⁷

По совету Палласа императрица согласилась выдать большую сумму денег на приобретение гербария К. Линнея после его смерти в 1778 г., но покупка не состоялась — гербарий был увезен в Англию. Тем не менее при содействии Палласа в Россию поступили из Англии ценные сборы Д. Бэнкса и И. Сернандера — участников первого кругосветного путешествия Д. Кука, а также сборы Г. Фостера — участника второго путешествия Д. Кука. Были приобретены, кроме того, гербарии К. Тунберга из Швеции, Н. Жакена из Вены, А. Галле из Геттингена и ряд других. К сожалению, в дальнейшем многие из этих коллекций оказались за границей, другие рассеялись или пропали.

Поэтому листы из коллекции Екатерины, обнаруженные в гербарии Московского университета, с которых мы начали свой рассказ, представляют собой уникальный интерес. Как они попали в Москву? После смерти императрицы ее гербарная коллекция хранилась в Кунсткамере. В начале прошлого века академик К. Триниус включил часть этого гербария в свое собрание, а уже с этим собранием гербарные листы, некогда принадлежавшие Екатерине II, перекочевали в Москву.⁸

³ Философическая и политическая переписка Екатерины Втория с г. Вольтером. Ч. 2. М., 1802. С. 117.

⁴ Там же. С. 125.

⁵ Цит. по: Базилевская Н. А. Из истории декоративного садоводства и цветоводства в России // Тр. Ин-та истории естествозн. и техники. 1958. Т. 24. Вып. 5. С. 135.

⁶ Философическая и политическая переписка... Ч. 2. С. 57.

⁷ Там же. С. 61.

⁸ Караваев М. Н. О гербарии К. Триниуса, хранящемся в Московском университете // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 1976. Т. 81. Вып. 1.



Исключительной красоты Дендрарий, одна из богатейших в СССР коллекций хвойных, плодовые сады и опытные плантации технических растений — таково достояние Никитского ботанического сада, история которого насчитывает 175 лет.

Белянова Л. П. МНОГОЛИКАЯ ЖЕМЧУЖИНА КРЫМА

История возникновения и гибели этрусской цивилизации во многом загадочна до сих пор. Возможные ключи к разгадке дает изучение удивительного для древних экологического опыта этрусков.

Мавлеев Е. В. ГИБЕЛЬ ЭТРУСКОВ



Уже больше ста лет известны два огромных скопления костей на юго-западе Сирии. Авторы пытаются связать их образование с гибелью библейских городов Содомы и Гоморры в результате вулканического извержения.

Трифонов В. Г., Эль-Хаир Ю. БИБЛЕЙСКАЯ ЛЕГЕНДА ГЛАЗАМИ ГЕОЛОГОВ



По воле обстоятельств или случая, а особенно усердием необъективных авторов порой создается и в конце концов канонизируется искаженный образ героя. Так получилось с Г. Я. Седовым.

Каневский З. М. «НЕ СОТВОРИ СЕБЕ КУМИРА»



Черные дыры сегодня кажутся атрибутами скорее фантастики, чем реальной жизни. Но это не помешало известному американскому физiku строго научно описать фантастическое путешествие к этим удивительным объектам.

Торн К. С. ПУТЕШЕСТВИЕ СРЕДИ ЧЕРНЫХ ДЫР



Природа, 1988, № 7, 1—128.

Цена 80 к.
Индекс 70707