

ISSN 0032-0742

1 ПРИРОДА

1986



Ежемесячный
популярный
естественнонаучный
журнал
Академии наук СССР

Основан в 1912 году



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
академик
Н. Г. БАСОВ

Заместитель главного редактора
кандидат физико-математических наук
А. И. АНТИПОВ

Доктор физико-математических наук
Е. В. АРТЮШКОВ

Академик
Д. К. БЕЛЯЕВ

Член-корреспондент АН СССР
Р. Г. БУТЕНКО

Доктор географических наук
А. А. ВЕЛИЧКО

Академик
В. А. ГОВЫРИН

Член-корреспондент АН СССР
И. Р. ГРИГУЛЕВИЧ

Член-корреспондент АН СССР
Г. А. ЗАВАРЗИН

Член-корреспондент АН СССР
В. Т. ИВАНОВ

Доктор физико-математических наук
Н. П. КАЛАШНИКОВ

Доктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦА

Доктор физико-математических наук
И. Ю. КОБЗАРЕВ

Кандидат физико-математических наук
А. А. КОМАР

Академик
Н. К. КОЧЕТКОВ

Доктор геолого-минералогических наук
И. Н. КРЫЛОВ

Доктор философских наук
Н. В. МАРКОВ

Ответственный секретарь
В. М. ПОЛЫНИН

Доктор исторических наук
П. И. ПУЧКОВ

Заместитель главного редактора
академик
Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙ

Доктор философских наук
Ю. В. САЧКОВ

Заместитель главного редактора
доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВ

Академик АН УССР
А. А. СОЗИНОВ

Академик
В. Е. СОКОЛОВ

Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ

Заместитель главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ

Заместитель главного редактора
член-корреспондент АН СССР
Л. П. ФЕОКТИСТОВ

Член-корреспондент АН СССР
В. Е. ХАИН

Доктор физико-математических наук
А. М. ЧЕРЕПАЩУК

Доктор физико-математических наук
В. А. ЧУЯНОВ

На первой странице обложки. Научно-экспедиционное судно «Михаил Сомов» у берегов Антарктиды. См. в номере: Каневский З. М. От «Челюскина» до «Сомова».

Фото М. Б. Дюргерова.

На четвертой странице обложки. Пузырник короткокрылый (*Colutea brachyptera*) в Зааминском народном парке. См. в номере: Алибеков Л. А. Народный парк Узбекистана.

Фото Л. А. Алибекова.

В НОМЕРЕ

- Фролов И. Т.** Научно-технический прогресс: социальные проблемы и альтернативы 3
 Наука как социальный институт становится теоретической основой научно-технической политики при социализме. На первый план выходит целостное развитие человека как цель и один из решающих факторов прогресса.
- Тверской Б. А.** Генерация космических лучей в межпланетном пространстве 11
 При взрывных процессах в плазме большая часть энергии передается ничтожной доле частиц. Суть этого явления удалось разгадать, исследуя космические лучи в межпланетном пространстве.
- Блюгер А. Ф.** Вирусный гепатит В: болезнь, обусловленная иммунитетом 20
 Почему вирусный гепатит В остается одной из самых распространенных инфекций в мире? Предлагаемая автором вирусно-иммунологическая концепция объясняет разнообразие клинических форм этого заболевания.
- Перчук В. Л.** Информатика: новая страница в исследовании Мирового океана 29
 Банк океанографических данных и аппаратура для обработки информации непосредственно на научно-исследовательских судах позволяют значительно повысить эффективность изучения Мирового океана.
- Алибеков Л. А.** Народный парк Узбекистана 41
 В Зааминских горах — одном из интереснейших районов Средней Азии — охрана природы будет совмещена с развитием туризма и спорта.
- «РЕДКИЕ СОБЫТИЯ В ГЕОЛОГИИ»** 53
 В последние годы накапливаются новые данные о том, что явления массового вымирания органических форм связаны с падением на Землю крупных космических тел или катастрофическими извержениями вулканов. Свои доводы за и против приводят советские исследователи, работающие в рамках международного проекта «Редкие события в геологии»
- Назаров М. А.** Геохимические свидетельства катастрофы 53
- Алексеев А. С.** Вымирание на рубеже мезозоя и кайнозоя 57
- Масайтис В. Л.** Ударные события и развитие биосферы 60
- Колесников Е. М.** Новое о природе Тунгусского события 63
- Мелекесцев И. В.** Вулканизм как альтернатива космической катастрофы 65
- Юнгутов Г. Н., Минибаева О. Н.** Первые шаги в изучении белухи 67
 Белухи, обитающие в арктических морях, еще не стали обычными в окенариях, где можно изучать их биологию. Разрабатываются способы отлова белух и доставки их к вольерам.
- Миневский З. М.** От «Челюскина» до «Сомова» 72
 Всего полвека миновало со времен челюскинской эпопеи. У советских полярных исследователей появилась новейшая техника: мощные ледоколы, вертолеты и даже искусственные спутники Земли. Это помогло успешно завершить операцию по спасению «Михаила Сомова», попавшего в ледовую ловушку у берегов Антарктиды.
- Ротенберг В. С.** Норадреналин против стресса 86
 Сегодня ни у кого не вызывает сомнения, что эмоциональное состояние человека и его поведение тесно связаны с биохимической активностью мозга. Гипотеза поисковой активности объясняет, как и почему обмен мозговых аминов обуславливает различные формы поведения.

ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ 1985 ГОДА

- Долгополов В. Т. По физике — К. фон Клитцинг 94
 Тищенко Г. Н., Симонов В. И. По химии — Дж. Карл и Г. А. Хауптман 96
 Преображенский С. Н. По медицине — М. Браун и Дж. Голдстейн 98

НОВОСТИ НАУКИ

101

«Союз Т-14» (101) • Внегалактический источник γ -квантов сверхвысоких энергий (102) • Новый класс рентгеновских источников (102) • Внегалактическое торнадо (103) • Часто ли астероиды сталкиваются с планетами? (104) • Магнитное поле разрушает и ... восстанавливает сверхпроводимость (104) • Мощный квазинепрерывный лазер в видимой области спектра (105) • Конкуренция между синхротронами и рентгеновскими трубками (105) • Лазерное усиление рентгеновского излучения (106) • Гормоны вызывают только ограниченное число мутаций (106) • Предупреждение повышенной чувствительности к аллергену (107) • Новые белки из иммуноглобулинового суперсемейства (108) • Клонирована ДНК из мумии (108) • Механизм действия нитроглицерина (108) • Выделен гемсодержащий белок (109) • Пластмасса из сахара (109) • Жизнеспособные микробы из вечной мерзлоты (109) • Новый способ создания антибиотиков (110) • Вирусы и возникновение атеросклероза (110) • Исследуются онкогены (111) • Поиски новых препаратов инсулина (111) • Новые перспективы лечения бруцеллеза (112) • Еще раз о вреде курения... (112) • Примитивные прямокрылые (112) • Безвредный репеллент (113) • Свинца в организме древних людей было меньше (113) • Галантамин из листьев нарцисса (113) • Первые итоги Европейского геотраверса (113) • Повышенное содержание ^{235}U в вулканических породах (114) • Подтверждение гипотезы космической катастрофы (114) • Сребродольскит — новый минерал (115) • Разлом оказался активным (116) • Извержение вулкана на о. Херд (116) • Ископаемые черви из гидротерм возрастом 350 млн. лет (116) • Фауна на границе мезозоя и кайнозоя (117) • Сумчатые обитали в Азии! (117) • Древнейшие четвероногие Шотландии (118) • Чем питался австралопитек (118)

РЕЦЕНЗИИ

- Полянский Ю. И. История и анализ антидарвинистических направлений (на кн.: В. И. Назаров. Финализм в современном эволюционном учении) 119
 Аскарьян Г. А. О. Хевисайд: трагедия или победа личности? (на кн.: Б. М. Болотовский. Оливер Хевисайд. 1850—1925.) 121

НОВЫЕ КНИГИ

123

Симоненко А. Н. Астероиды (или тернистые пути исследований) (123) • Томпсон Дж. М. Т. Неустойчивости и катастрофы в науке и технике (123) • Тимофеев Ю. П., Фридман С. А., Фок М. В. Преобразование света (124) • Бреслав И. С. Как управляется дыхание человека (124) • Минералогическая энциклопедия (124) • Красная книга РСФСР. Животные (125) • Русская Америка в «Записках» Кирилла Хлебникова (125) • Росина Н. Я. Михаил Александрович Мензбир. 1855—1935 (125)

В КОНЦЕ НОМЕРА

- Раутиан С. Г. Распределение Пуассона и футбол 126

НАВСТРЕЧУ XXVII СЪЕЗДУ КПСС

Научно-технический прогресс: социальные проблемы и альтернативы

И. Т. Фролов



Иван Тимофеевич Фролов, член-корреспондент АН СССР, председатель Научного совета при Президиуме АН СССР по философским и социальным проблемам науки и техники, профессор Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Работает над проблемами методологии, теории познания, социологии и этики науки, над философскими вопросами биологии и наук о человеке, глобальными проблемами современности. Монографии: Очерки методологии биологического исследования. М., 1965; Генетика и диалектика. М., 1968; Современная наука и гуманизм. М., 1974; Прогресс науки и будущее человека. М., 1975; Диалектика и этика в науке о жизни. М., 1978; Жизнь и познание. М., 1981; Глобальные проблемы и будущее человечества. М., 1982; Перспективы человека. М., 1979 (2-е изд. 1983); О смысле жизни, о смерти и бессмертии человека. М., 1985 и др. Неоднократно печатался в «Природе».

В преддверии XXVII съезда КПСС наша партия и ее теоретические кадры, ученые разных специальностей, инженерно-технические работники, представители творческой интеллигенции, рабочего класса и крестьянства широко и заинтересованно обсуждают сложный комплекс актуальных и перспективных проблем и задач, поставленных в проектах новой редакции Программы КПСС, Основных направлений экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года. Дело касается кардинального вопроса: каким будет реальный социализм на пороге XXI в., как он вступит в III тысячелетие новой эры и какое влияние окажет на развитие человеческой цивилизации.

Апрельский (1985 г.) Пленум ЦК КПСС, совещание в ЦК КПСС по вопросам научно-технического прогресса выдвинули и обосновали научную концепцию ускорения социально-экономического развития нашей страны, достижения на этой основе нового качественного состояния советского общества. В докладе на октябрьском (1985 г.) Пленуме ЦК КПСС, обсудившем и одобравшем проекты новой редакции Программы КПСС, Основных направлений экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года, а также изменений в Уставе КПСС, Генеральный секретарь ЦК КПСС М. С. Горбачев

подчеркнул, что стержнем всех трех документов, имеющих огромную политическую значимость, является именно концепция ускорения социально-экономического развития страны. В этом корень дела, вся суть наших проблем на современном, исключительно сложном и ответственном отрезке истории, который во многом — как во внутреннем, так и международном плане — имеет переломный характер¹.

Время решающих перемен — так можно было бы охарактеризовать историческое пространство, охватывающее рубеж III тысячелетия, на котором социализм должен привести в действие все свои ресурсы и возможности, все преимущества, чтобы достичь качественно нового состояния по пути к коммунизму.

В проекте новой редакции Программы КПСС об этом говорится следующим образом:

«КПСС считает, что в современных внутренних и международных условиях всесторонний прогресс советского общества, его поступательное движение к коммунизму могут и должны быть обеспечены на путях ускорения социально-экономического развития страны. Это — стратегический курс партии, нацеленный на качествен-

¹ См.: Правда, 1985, 16 октября, с. 1

ное преобразование всех сторон жизни советского общества: коренное обновление его материально-технической базы на основе достижений научно-технической революции; совершенствование общественных отношений и в первую очередь экономических; глубокие перемены в содержании и характере труда, материальных и духовных условиях жизни людей; активизацию всей системы политических, общественных и идеологических институтов².

Особое значение придается при этом развитию науки и техники, научно-техническому прогрессу, оказывающему сегодня глубокое преобразующее воздействие на жизнь современного человечества вообще и на судьбы социализма в частности. Более того, всякие проекции в будущее, игнорирующие или даже недостаточно учитывающие факторы научно-технического прогресса, не могут считаться объективно обоснованными, а, следовательно, не могут стать руководством к целенаправленной общественной деятельности.

В проекте новой редакции Программы КПСС роли и значению науки, научно-технического прогресса уделяется большое внимание.

«Партия будет всемерно содействовать дальнейшему наращиванию и эффективному использованию научно-технического потенциала страны, развертыванию научных исследований, открывающих новые возможности крупных, революционных сдвигов в интенсификации экономики. Должно быть обеспечено повсеместное внедрение новейших достижений науки и техники в производство, управление, сферу обслуживания и быта. Наука в полной мере станет непосредственной производительной силой»³.

Эти концептуальные установки конкретизируются в проекте Основных направлений экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года.

«Обеспечивать всемерное ускорение научно-технического прогресса, повсеместное применение его результатов в производстве и управлении, сфере обслуживания и в быту.

Вывести народное хозяйство на передовые рубежи науки, техники и технологии. Эффективнее использовать присущие социализму формы и методы осуществления научно-технического прогресса. Уси-

лить интеграцию науки и производства, улучшить организацию и сократить сроки разработки и освоения в народном хозяйстве научных открытий, технических новинок и изобретений»⁴.

Перед нами стоит задача — глубже и объемнее осмыслить значение современной науки в широком социальном контексте, показать ее человеческое измерение и вытекающие отсюда новые проблемы, требующие новых решений, не имеющих порой аналогов в истории научно-технического развития. Это позволит более целенаправленно решать и общую задачу ускорения научно-технического прогресса.

К сожалению, наука используется сегодня не только для блага человека, мира, в котором он живет и развивается, природной среды, окружающей его, но и во вред ему, угрожая миру и природе. Наука стала не только мощной производительной, но и социальной силой. Однако направления развития научно-технического прогресса не являются однозначными, как это представлялось ранее в его «классических» моделях. Дialeктическая противоречивость, дихотомичность процессов научно-технического развития заставляет поэтому видеть не только огромные возможности науки и техники в решении актуальных и перспективных социальных проблем, но и их пределы, обусловленные как раз теми же социальными обстоятельствами, которые они призваны изменить. Последнее порождает не только проблемы, но и **альтернативы** в протекании научно-технического прогресса в разных общественных системах.

В наибольшей степени эта противоречивость и во многих случаях альтернативность социального смысла и значения научно-технического прогресса проявляются сегодня в отношении «глобальной триады»: мир — человек — природа.

Будучи в принципе силой, способствующей развитию самого человека, его творческих задатков и дарований, современная наука во многих случаях не только не сокращает, но, напротив, углубляет «человеческий разрыв». Способствуя росту знаний, она приводит к еще большему отчуждению человека, которое и без того достигло угрожающих форм при капитализме. В результате применения достижений современной науки в традиционных технологиях обостряется весь комплекс глобальных проблем современности, прежде всего во взаимодействии общества и природы.

² Правда, 1985, 26 октября, с. 3.

³ Там же.

⁴ Правда, 1985, 9 ноября, с. 1.

Но самое главное — это то, что наука, будучи поставленной на службу милитаризму, способствует убийственной гонке вооружений, ведущей мир к бездне ядерной катастрофы. Поэтому невозможно всерьез рассуждать о роли и значении современной науки в жизни общества, не учитывая, в частности, что сегодня в мире в военной сфере занята значительная часть общего числа научных работников. Она поглощает до 40 % расходов на все научные исследования и конструкторские разработки. Так, например, в США общие ассигнования на научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки (НИОКР) составили в 1984 финансовом году 43,199 млрд долл. (из них 26,4 млрд долл. — на военные НИОКР); в 1985 финансовом году — 50,958 млрд долл. (32,318 млрд долл. — на военные НИОКР); на 1986 финансовый год запрошено 57,598 млрд долл. (39,426 млрд долл. — на военные НИОКР). При администрации Рейгана (с 1980 по 1985 гг.) ассигнования на военные НИОКР увеличились на 250 %, в то время как на науку в целом — на 75 %⁵.

Особенно дорогостоящие и опасные для человечества формы приняла гонка вооружений в космосе, начатая США. Готовясь к «звездным войнам», военно-промышленный комплекс США рассчитывает уже в ближайшие годы выколотить из налогоплательщиков около 70 млрд долл. По мнению экспертов, совокупные расходы на создание первого пояса космического вооружения к 2000 г. составят 100 млрд долл., более эшелонированная система будет стоить уже 500 млрд долл., а может быть и в 2,5 раза больше! Выход здесь один — не допустить гонку вооружений в космосе, начать процесс общего сокращения ядерных вооружений и прекращение всяких научно-технических разработок в этой области, развитие международного сотрудничества в мирном освоении космического пространства в условиях его немилитаризации, чему служит, в частности, соответствующее предложение нашей страны в ООН.

Все это ставит новые и острейшие проблемы, связанные с социальной ролью науки и ее воздействием на будущее человечества, которое должно оцениваться во всей своей противоречивости. Обнажая эти проблемы и противоречия, марксистско-ленинское учение о науке как социальном институте весьма далеко как от

сциентистских, технократических подходов, так и от односторонней антисциентистской «критики науки», распространенных сегодня на Западе. Оно становится поэтому теоретической основой научно-технической политики при социализме, в которой воедино связывается действие факторов экономического, социально-политического и духовного характера, причем на первый план выходит целостное развитие самого человека как цель и один из решающих факторов прогресса. Разработанная нашей партией концепция ускорения социально-экономического развития страны тесно связывается поэтому с ускорением научно-технического прогресса, выходящего на новые рубежи, в особенности в сфере технологии, что обусловлено в первую очередь успехами в микроэлектронике, информатике, робототехнике и биотехнологии, интенсификацией социального гуманистического потенциала науки, развитием социальных исследований и наук о человеке, включая его экологию. Без этого научно-технический прогресс не сможет получить «высокого соприкосновения» с обществом и человеком в их взаимодействии с природой.

Ускорение нашего развития, учитывающее как неотложные внутренние задачи по улучшению продовольственного снабжения, увеличению производства товаров и услуг для народа, широкому развитию жилищного строительства, совершенствованию здравоохранения, развитию образования, науки и культуры, так и внешние обстоятельства, связанные с обороной страны, приобретает сегодня, как подчеркивает партия, первостепенное политическое, экономическое и социальное значение. Именно поэтому в проектах всех программных документов к XXVII съезду КПСС закладываются новые подходы, обеспечивающие крутой поворот к интенсификации социально-экономического и научно-технического прогресса. Речь идет, следовательно, не о каких-то частных, количественных изменениях, а о качественном скачке в нашем общем развитии по пути к коммунизму.

На июньском (1985 г.) совещании в ЦК КПСС по вопросам ускорения научно-технического прогресса подчеркивалось, что передовая линия в этой области пролегла сегодня через развитие фундаментальных наук, которые являются генераторами новых идей, дают выходы на новые уровни эффективности — прежде всего в результате прогресса новой техники и технологии, которые определяют новый этап

⁵ Chemical and Engineering News, 1985, February 18, p. 13.

научно-технической революции и являются прямым результатом революционных преобразований, которые произошли в фундаментальных науках за последние десятилетия и годы. По словам А. П. Александрова, «затраты на фундаментальные науки, являющиеся источником революционных сдвигов в технике, многократно окупаются»⁶. К сожалению, у нас наблюдается недооценка, а в ряде случаев даже противопоставление фундаментальных и прикладных наук в зависимости от их отношения к практике. В еще большей мере это касается исследования социально-философских и эτικο-гуманистических проблем науки, комплексного изучения человека, глобальных проблем, в том числе экологических.

Между тем, как считают многие ученые, сфера действия научно-технического прогресса будет все более расширяться не только за счет внутринаучных факторов, но также и тех, которые обнаруживаются при взаимодействии науки и общества, человека и общества, человека и природы.

Внутринаучные факторы наиболее ярко проявляются в фундаментальных науках, в интенсивно происходящих сегодня процессах взаимодействия и интеграции отдельных дисциплин и их методов, в развитии междисциплинарных, комплексных исследований на «стыках» разных наук. Это — наиболее характерная черта развития современной науки, и ей она обязана яркими и крупными достижениями в ядерной физике, химии, биологии, информатике и др. Необходимость междисциплинарных исследований отчетливо проявляется сегодня и в разработке комплекса глобальных проблем — энергетических, ресурсных, продовольственных, экологических, демографических и т. п.

Структурно-организационное взаимодействие и интеграция наук, междисциплинарные исследования развиваются путем разработки комплексных проектов и программ, объединяющих не только сферу «чистого» исследования, но и производство, развитие техники и технологии. Поэтому КПСС ставит общую задачу усилить взаимодействие не только естественных и технических, но и общественных наук в их связи с практикой, развитием новой техники и технологии.

Главные вопросы, стоящие сейчас на повестке дня, по которым принимаются конкретные решения, лежат в сфере

взаимодействия научно-технического прогресса с производством. Однако это не означает, что наиболее эффективный путь интенсификации социально-экономического развития пролегает только и исключительно здесь. Это было бы слишком узким подходом, не соответствующим широкому видению общественных связей науки, ее социокультурного и гуманитарного «измерения». Поэтому-то такое большое значение приобретают сейчас не только методологические, философские основания науки, но и **новый синтез науки и культуры, науки и гуманизма.**

Эти вопросы во все большей степени привлекают внимание наших обществоведов, в частности философов, которые в содружестве с естествоиспытателями, представителями технических наук пытаются по-новому ставить и решать их, в особенности когда речь идет о развитии новой технологии — микроэлектроники, информатики, робототехники, биотехнологии и др. Такая работа ведется в последние годы и Научным советом при Президиуме АН СССР по философским и социальным проблемам науки и техники. В ноябре 1984 г. была проведена Всесоюзная конференция на тему: «Социальные и методологические проблемы научно-технического прогресса», в которой участвовали крупные специалисты по новейшей технике и технологии, а также философы и психологи. Конференция приняла практические рекомендации, которые, как мы надеемся, будут способствовать развитию исследований социальных и человеческих проблем новой техники и технологии. В Научном совете по философским и социальным проблемам науки и техники создается специальная секция по координации исследований в академических учреждениях и вузах страны социальных и методологических проблем новой и новейшей техники и технологии (председатель — академик Г. С. Поспелов). Стимулирующую роль здесь должны сыграть постановка и обсуждение этих проблем на Всесоюзном совещании по философским и социальным проблемам науки и техники (1986 г.), а также на VIII Международном конгрессе по логике, методологии и философии науки (август, 1987 г.), где предусмотрены специальные секции и симпозиумы по обсуждаемым здесь проблемам.

Анализ мировоззренческих и эτικο-гуманистических проблем научно-технического прогресса должен включать в себя также критику технократизма, выражающегося в концепциях «информационного об-

⁶ Правда, 1985, 13 июня, с. 2.

щества» XXI в., идущего якобы на смену как капитализму, так и социализму, сциентизма, нравственно-этического нигилизма и манипуляторства, распространенных на Западе и проникающих порой в нашу литературу. Такая критика должна базироваться на марксистско-ленинском тезисе о примате социальных факторов по отношению к технологическим, о единстве науки и гуманизма. Она призвана поддерживать прогрессивные движения ученых капиталистических стран, выступающих с позиций социально-этической ответственности науки в борьбе за мир и разоружение, за решение других глобальных проблем современности, против антигуманного использования достижений научно-технического прогресса в военных целях, особенно в связи с перенесением гонки вооружений в космос, что угрожает будущему человека и человечества. Возникает и опасность так называемого научно-технологического терроризма, которую также нельзя недооценивать.

Могут сказать, что все это хорошо известно, и вряд ли имеет смысл доказывать все возрастающее значение, которое приобретает гуманистическая проблематика в современной науке. Однако это верно лишь на уровне **теоретического утверждения некоего принципа, идеала. Реальность** жизни науки (если даже брать ее существенные фрагменты не только в прикладных, но и в фундаментальных направлениях) бывает порой весьма далекой от безоговорочного признания этого принципа или идеала, и тем более следования им на практике. Поэтому имеет значение, как я думаю, постоянное возвращение к этой проблематике: так, как будто бы все начинается сначала. И надо сказать, что для новых поколений ученых именно такой во многих случаях и представляется проблематика гуманизма науки, ее «человеческое измерение».

Возникает в связи с этим и другой вопрос: почему мы говорим теперь о новом синтезе науки и гуманизма? Да потому, что все существовавшие до сих пор формы соединения науки с человеком, ценностных подходов с исследовательскими оказались либо несостоятельными, либо недостаточными на новом этапе научно-технической революции, не только обостряющем эту проблематику, но и делающем такое соединение необходимым условием прогресса как науки, так и общества, самого человека, которых она призвана обслуживать.

Если обратиться к обширной литературе, посвященной теме «человек — нау-

ка — гуманизм», то может показаться, что сегодня все больше уходят в прошлое попытки разорвать и противопоставить науку и человека, исследовательские и ценностные, гуманистические подходы. Во все большей степени обнаруживается тенденция найти «человеческое измерение» науке, научно-техническому прогрессу. Осознание необходимости этого все шире и глубже проникает и в мировое научное сообщество.

Однако попытки как-то соединить человека и науку в их гуманистическом синтезе имеют порой весьма неоднозначный характер. Они не обосновываются зачастую научно-философски и не опираются на прочный фундамент практики. Поэтому задача **нового синтеза** человека, науки и гуманизма остается актуальной. И, решая ее, мы обращаемся к обосновываемой марксизмом концепции научного, реального гуманизма, так как именно на этом пути возможен, как я думаю, тот новый синтез, о котором теперь так много пишут представители разных мировоззрений, «отказывая», правда, марксизму в гуманистическом видении науки, в его обращенности к человеку.

Научный, реальный гуманизм может быть концептуальной основой для ученых, осознающих свою социально-этическую ответственность перед обществом. Особенно сегодня, когда перед ними встают вопросы о социальных последствиях исследований в рамках программы «звездных войн», античеловеческого использования последних достижений микроэлектроники, робототехники, информатики, генной инженерии и др. Не случайно поэтому многие ведущие ученые Запада отказываются участвовать в такого рода программах, не имеющих ничего общего с фундаментальной наукой, ведущей вперед человеческое познание.

Надо учитывать вместе с тем, что зачастую эτικο-гуманистическая проблематика науки трактуется как оценка последней в рамках культуры. Говорится при этом о **культурной ценности** науки. Вряд ли здесь есть предмет для серьезных теоретических разногласий. Но следует заметить, что, говоря о **культурных аспектах** научно-технического развития, нельзя тем самым противопоставлять культуру науке и технике и исходить из концепции «двух культур» (Ч. Сноу). Наука и техника в принципе органически соединяются для нас в единой культуре человечества в широком смысле этого слова, совпадающем с понятием **цивилизации**. Однако в узком своем значении культура может представлять как система

гуманистических ценностей, отличных от научного знания, а потому и по-своему характеризующих его в определенных аспектах.

Культурные аспекты всякого развития, включая научно-техническое, означают, следовательно, его **оценку**, соотнесение с высокими гуманистическими ценностями. Но это означает также, что «точкой отсчета» всякого развития является человек. «Развитие богатства человеческой природы как самоцель» — вот та гуманистическая ориентация, которая еще в прошлом веке была выдвинута К. Марксом и которая в наши дни может быть принята и как основа единства науки и гуманизма, и как источник ускорения научно-технического прогресса.

На апрельском (1985 г.) Пленуме ЦК КПСС подчеркивалось, что все, что касается человека, для нас — ключевой вопрос политики⁷. Проблема человека, его профессионального и общекультурного развития, творческого труда и инициативности, сознательной дисциплины и нравственности поставлена сегодня в широкий социальный контекст — и как **цель** социалистического общества, и как **условие** его выхода на новый этап, связанный с ускорением научно-технического прогресса. Более того, человеческий фактор наша партия рассматривает как **решающий фактор** всех перемен⁸. Дело теперь за тем, чтобы в тесной связи с объективным действием социальных условий, широкой и разветвленной воспитательной деятельностью, осуществляемой в системе образования, культуры и т. п., наладить подлинно научные, комплексные исследования этой проблемы, которые могли бы стать основой новых форм и методов формирования нового человека с учетом новых требований общественного развития и ускорения научно-технического прогресса.

Необходимость интенсификации «человеческого фактора» остро ощущается, в частности, в процессе развития и применения новых технологий, которые нуждаются в широком культурном, ценностном обеспечении. Это наглядно проявляется в развитии эргономики, поведенческих наук, связанных с внедрением новой технологии. Разумеется, эти процессы протекают весьма специфично в условиях социализма и в условиях капитализма, где на первый план выходят проблемы массо-

вой безработицы, социального отчуждения человека и др. В связи с этим буржуазно-реформистская мысль и обращается к концепции «информационного общества», в котором с помощью новой техники и технологий и частичных социальных реформ якобы разрешаются все антагонизмы капитализма, включая безработицу и отчуждение человека. Вместе с тем идут поиски реальных путей **приспособления** капитализма к новым условиям, создаваемым во многом последними достижениями научно-технического прогресса. Достаточно сказать, что, например, в Японии около 1/3 всех капиталовложений, идущих на внедрение новой технологии, предназначается на обеспечение общекультурного развития человека, организацию его досуга и пр. В связи с этим на Западе высказывается беспокойство по поводу того, что науки о человеке (в особенности так называемая социальная антропология) не занимают подобающего им места в системе других наук об обществе и природе, и намечаются определенные меры, чтобы исправить это положение⁹. Сегодня все большее число ученых, даже не являющихся марксистами, отмечает, что, например, распространение роботов порождает для трудящихся еще одну фундаментальную гуманитарную проблему — воспроизводства человеческих функций вне процесса производства. Но это уже — социальная, а не технологическая проблема, требующая социальных решений, исходящих из нового гуманистического видения науки, общества и самого человека.

Гуманистическая природа социализма, марксистско-ленинское мировоззрение и методология позволяют нам занять лидирующие позиции не только в практике формирования нового человека, но и в комплексных научных исследованиях его, интегрирующих сложную систему специальных — общественных и естественных — наук. Для этого, однако, необходимы не только определенные научно-организационные меры, но и преодоление многих стереотипов мышления, новое видение науки в ее социальных и человеческих измерениях¹⁰.

Это в существенной мере относится также к тому, что называют **экологическим мышлением**, которое является необходимым элементом, цементирующей основой

⁷ Материалы Пленума ЦК КПСС, 23 апреля 1985 г. М., 1985, с. 15.

⁸ Горбачев М. С. Коренной вопрос экономической политики партии. М., 1985, с. 29.

⁹ Les sciences de l'homme et de la société en France. Analyse et proposition pour une politique nouvelle. P., 1982.

¹⁰ См. об этом: Фролов И. Т. На пути к единой науке о человеке. — Природа, 1985, № 8, с. 65.

человеческой деятельности в природе, включая позитивные и негативные технологические воздействия на нее на основе научно-технического прогресса. Цифры и факты, относящиеся сюда, хорошо известны: за последние 100 лет энергетические ресурсы человечества увеличились в 1000 раз, но в то же время наблюдается истощение природы, ее загрязнение, достигающее угрожающих размеров. За последние 500 лет на земном шаре истреблено до 2/3 лесов! И можно теперь сказать словами В. В. Маяковского: «Земля, дай поцелую твою лысеющую голову...» Между тем, по К. Марксу, «человек живет природой. Это значит, что природа есть его тело, с которым человек должен оставаться в процессе постоянного общения, чтобы не умереть»¹¹. Так что теперь речь идет о спасении самого человека как части природы, а это предполагает гармонизацию взаимоотношений между ними.

Это замыкает «глобальную триаду» мир — человек — природа, о которой я говорил в самом начале, обозначая **социальные проблемы и альтернативы** научно-технического прогресса.

По оценкам экономистов, в последние десятилетия XX в. государства планеты будут выделять на природоохранные мероприятия 3—5 % валового национального продукта, или не менее 150 млрд долл. в год. Только в США, по официальным данным, чтобы не допустить дальнейшего ухудшения качества окружающей среды, в 80-е годы необходимо расходовать не менее 75 млрд долл. ежегодно. Между тем уже сейчас общемировые военные расходы достигают 800 млрд долл. ежегодно, а к 2000 г. они достигнут 1 триллиона долл. Выше уже приводились данные о материальной стоимости и античеловеческой цене космического вооружения, и это наглядно показывает, куда отвлекаются материальные ресурсы человечества по вине империалистического военно-промышленного комплекса.

Сейчас предпринимается многое в научно-технологическом решении экологической проблемы, но все усилия здесь могут сводиться на нет в результате угрозы термоядерной катастрофы, способной привести к гибели не только человечества, но и всего живого на Земле. Поэтому сегодня все очевиднее становится взаимосвязь экологии и политики не только в национальных, но и глобальных масштабах, социальный смысл и значение борьбы за

чистую биосферу на Земле. Все более ощутимым оказывается влияние различного рода экологических общественных движений на мировую политику. Среди них все большее значение приобретает новое движение экологов в борьбе за мир, в котором участвуют ученые и общественные деятели многих стран (США, ФРГ, Франции, Индии, Англии, ГДР, Болгарии, СССР и др.)

Это движение формируется вокруг журнала «Охрана природы» (София). В 1984 г. в Варне состоялась встреча международного и болгарского руководства экофорумом, на которой были обсуждены наиболее актуальные вопросы перспективных исследований социально-экологического характера: экономика и экология; наука, образование и экология; охрана окружающей среды и политика; охрана окружающей среды и сохранение мира во всем мире и др. Участники встречи приняли Воззвание к экологам мира и всем деятелям в области охраны природы, которое было опубликовано во многих странах мира (в том числе и в нашей стране)¹².

В августе 1986 г. в Народной Республике Болгарии состоится международная конференция нового экологического движения «Охрана окружающей среды и защита мира», на которой будут рассмотрены экологические императивы мира и вопросы, связанные с ответственностью ученых за охрану природы и мира на Земле.

Экологические проблемы и альтернативы могут быть разрешены в условиях международного научно-технического сотрудничества, хотя основные усилия предпринимаются в национальных и региональных масштабах. И здесь проявляются принципиальные преимущества социалистического природопользования, которые следующим образом сформулированы в Постановлении Верховного Совета СССР от 3 июля 1985 г.: «При решении проблем развития народного хозяйства исходить из приоритета охраны здоровья настоящего и будущих поколений советских людей, создания наилучших условий для их жизни, нацелить на это научно-технический прогресс, обеспечить переход на ресурсосберегающие технологии, наиболее полно и бережно использовать природные богатства, полученные из них сырье, материалы и продукцию»¹³. Последовательная реализация этой задачи — программа действий на будущее. И хотя уже многое здесь сделано, экологическая ситуация в стране и ведущаяся практическая и научно-техни-

¹¹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 42, с. 92.

¹² См.: Новое время, 1984, № 47, с. 33.

¹³ Правда, 1985, 4 июля.

ческая работа, к сожалению, еще далеко не соответствуют поставленной цели.

Поэтому в проекте новой редакции Программы КПСС, Основных направлений экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года этой острой проблеме уделяется огромное внимание.

Экологическая проблема в своем решении тесно связывается с другими глобальными проблемами человечества, причем не только с предотвращением термоядерной катастрофы, и не только с созданием благоприятных условий для социального и экономического роста в мире, преодолением экономической отсталости, ликвидацией на Земле голода и нищеты, проведением активной демографической политики. Она связана также с усилением международного сотрудничества в области научных исследований и использования достижений научно-технического прогресса на благо человечества (ликвидация наиболее опасных и распространенных заболеваний, освоение космоса и Мирового океана и др.), прогрессом в области образования и культуры, здравоохранения, наконец, с решением проблемы будущего человека, его адаптации и развития.

Во всем мире разворачивается исследование глобальных проблем настоящего и будущего, причем в него активно включаются ученые социалистических стран, в частности нашей страны. Опубликованы многие работы, в том числе к XXVII съезду КПСС, в которых в широкой разверстке исследуются глобальные проблемы настоящего и будущего¹⁴. Особенностью этих трудов является то, что в них совместно участвуют представители общественных, естественных и технических наук, объединяющиеся в большие коллективы. Известные итоги этой работы подвела международная конференция «Социализм и глобальные проблемы современности» (Прага, июнь 1985 г.). В ней приняли участие ведущие ученые и специалисты стран социалистического содружества (СССР, ГДР, ВНР, НРБ, ПНР, СРВ, ЧССР), представители ряда международных организаций и научных центров. Участники конференции выразили свое желание сотрудничать с учеными других стран в исследовании глобальных проблем человеческого цивилизации и ее будущего. Они приняли Обращение

к ученым и общественности, содержащее призыв объединить усилия в решении глобальных проблем человечества, в борьбе за мир и международное сотрудничество. В нем говорится, в частности: «30 лет назад был опубликован знаменитый Манифест Рассела — Эйнштейна, в котором содержался призыв научиться мыслить по-новому в ядерный век. В связи с этой годовщиной мы обращаемся к ученым и общественности с новым призывом усилить борьбу за мир и разоружение, научиться мыслить и действовать по-новому перед лицом угрозы термоядерной катастрофы и опасности обострения всей системы основных глобальных проблем.

Наш хрупкий мир нуждается в защите. Время не ждет!»¹⁵.

Таковы лишь некоторые социальные проблемы и альтернативы научно-технического прогресса, остро проявляющиеся сегодня в «глобальной триаде»: мир — человек — природа. Конечно, рассматривая ее, еще и еще раз убеждаешься, что, как говорил Гегель, «всемирная история — не арена для счастья». И можно согласиться с максимой Ларошфуко: «Философия торжествует над горестями прошлого и будущего, но горести настоящего торжествуют над философией». Но философия оставляет надежду на спасение и утверждает реальную возможность его, если следовать при этом разуму и гуманности и стараться соединять их во всепоглощающем действии, вдохновляемом мудростью, добрым разумом, встающим на жестоком пути злой неразумности. Поэтому-то глобальной угрозе человечеству и должна быть противопоставлена глобальная мирная стратегия. С такими мыслями и чувствами обращаются к общечеловеческим заботам сегодняшнего дня и дню грядущему все, кто служит человеку и человечеству независимо от того, в какой части света он живет, к какой социально-экономической системе принадлежит его страна, какими мировоззренческими или философскими идеями он вдохновляется.

Новые программные документы нашей партии, с которыми она идет к очередному XXVII съезду КПСС, дают научную основу не только надеждам и возможности существования и развития человечества в условиях мира и прогресса, но и, главное, — актуальным и перспективным действиям с позиций разума и на благо человека и человечества.

¹⁴ См.: Земля и человечество. Глобальные проблемы. М., 1985; Марксистско-ленинская концепция глобальных проблем современности. М., 1985.

¹⁵ См.: Новое время, 1985, № 27.

Генерация космических лучей в межпланетном пространстве

Б. А. Тверской

В феврале 1946 г. при Московском государственном университете им. М. В. Ломоносова был организован Научно-исследовательский институт ядерной физики (НИИЯФ МГУ). За 40 лет от стал крупной научной организацией. Основные направления проводимых в институте исследований — взаимодействие частиц высоких энергий, космические лучи и физика космоса, физика атомного ядра, плазмы, квантовая электроника. Сотрудники института трижды удостоивались Ленинской премии, восемь раз — Государственной премии СССР. В Государственный реестр открытий СССР внесены шесть открытий, сделанных учеными НИИЯФ.

Первым директором института был академик Д. В. Скобельцын, его заместителем, а с 1960 г. преемником, академик С. Н. Вернов. Под руководством Д. В. Скобельцына и С. Н. Вернова в институте сформировалась авторитетная научная школа по изучению космических лучей и физики космоса. Ее трудами были решены многие фундаментальные проблемы теории взаимодействия частиц при сверхвысоких энергиях и физики космической плазмы. К их числу относятся и выяснение механизма генерации космических лучей в межпланетном пространстве, когда при взрывных процессах в плазме заметная часть выделенной энергии передается ничтожной доле частиц. Как было разгадано это удивительное и в то же время универсальное явление, рассказывается в предлагаемой статье.



Борис Аркадьевич Тверской, доктор физико-математических наук, профессор, начальник отдела теоретической и прикладной космофизики Научно-исследовательского института ядерной физики при Московском государственном университете им. М. В. Ломоносова. Автор многих работ по теории радиационных поясов Земли, генерации космических лучей, физике магнитосферы, в том числе монографии: Динамика радиационных поясов Земли. М., 1968. Лауреат Государственной премии СССР, награжден медалью им. академика С. П. Королева Федерации космонавтики СССР.

В самом названии космических лучей подчеркнуто ихвнеземное происхождение. Из мирового пространства к Земле приходит поток первичных космических лучей — протонов, α -частиц и других ядер, электронов высоких энергий. Чтобы прорваться к поверхности Земли, они должны преодолеть двойной барьер — земное магнитное поле и атмосферу.

Магнитное поле отражает заряженные частицы. Этот барьер наиболее силен в районе экватора. Второй барьер — ат-

мосфера — защищает всю поверхность Земли. При прохождении атмосферы первичные частицы сталкиваются с ядрами элементов, составляющих воздух. При этом рождается множество вторичных частиц, каждая из которых также способна при столкновении с ядрами элементов атмосферы породить следующее поколение вторичных частиц и т. д. В результате на поверхности Земли обрушивается целый ливень вторичных частиц.

Максимальные энергии первичных

частиц поистине поражают воображение. Площади создаваемых ими ливней измеряются многими квадратными километрами, количество вторичных частиц — сотнями миллиардов, а энергии каждой из них соответствуют энергиям, достигаемым в земных условиях на крупных ускорителях. Изучение вторичной компоненты космических лучей сыграло выдающуюся роль в познании закономерностей физики элементарных частиц и до сих пор сохраняет свое значение.

Здесь пойдет речь о другом аспекте физики космических лучей — поисках ответа на вопрос, где и как происходит ускорение частиц до гигантских энергий. Оказалось, что при любых взрывных процессах в плазме — будь то космические или лабораторные взрывы — заметная доля энергии передается ничтожной доле частиц. Ученые НИИЯФ МГУ, используя различные экспериментальные и теоретические методы исследований физических процессов в межпланетной среде, смогли найти правильный путь к решению этой загадки.

ВЗРЫВЫ В ПЛАЗМЕ

К середине 50-х годов было твердо установлено, что космические лучи генерируются при взрывах сверхновых звезд и вспышках на Солнце. Первое из этих открытий связано с развитием радиоастрономии. За последнее тысячелетие в нашей Галактике трижды (в 1054, 1572 и 1604 гг.) внезапно появлялись звезды, которые в течение нескольких суток казались наиболее яркими на небосводе и были видны даже днем, а затем постепенно угасали. Положение этих звезд на небе было зафиксировано: в 1054 г. китайскими астрономами, в 1572 г. Тихо Браге, в 1604 г. Иоганном Кеплером. На месте вспышки 1054 г. до сих пор видна давно привлекающая интерес астрономов Крабовидная туманность. Оказалось, что места вспышек сверхновых и в наше время являются мощными источниками радиоизлучения. Совокупность свойств этого радиоизлучения, и особенно его сильную поляризацию, можно объяснить, лишь предположив, что его источником являются электроны гигантских энергий, вращающиеся в магнитном поле. В случае Крабовидной туманности это так называемое синхротронное излучение существует не только в радиодиапазоне частот, но и в оптическом диапазоне. При этом электроны должны иметь энергии, типичные для космических лучей — вплоть до 10^{11} эВ.

Глубокий анализ многочисленных астрофизических и радиоастрономических данных, выполненный В. Л. Гинзбургом, С. И. Сыроватским и И. С. Шкловским, привел к удивительному выводу: на ускорение космических лучей идет весьма значительная доля энергии взрыва сверхновой звезды. Ничтожная доля частиц, ускоряясь до гигантских энергий, поглощает энергию, сравнимую с работой, затраченной на разгон основной массы звезды до скорости около $10\,000$ км/с!

Факт генерации космических лучей при вспышках на Солнце был установлен простым сопоставлением кратковременных (длительностью примерно в одни сутки) возрастных потоков энергичных частиц с другими явлениями природы. Четкая корреляция была обнаружена лишь с внезапными повышениями яркости отдельных участков атмосферы Солнца над большими группами пятен — солнечными вспышками. Эти вспышки не видны невооруженным глазом и почти не влияют на общее выделение энергии Солнцем.

Самая знаменитая вспышка произошла 23 февраля 1956 г. В космических лучах это явление было поистине грандиозным: заметное возрастание потока космических лучей наблюдалось даже над экватором Земли. Оно было замечено не только на специальных станциях, но и в учебных лабораториях физического факультета МГУ. Обилие данных позволило, в частности, оценить полную энергию ускоренных частиц. Энергия самой вспышки (включающаяся в основном в повышении светимости и выбросе вещества) была измерена астрономическими и радиоастрономическими методами. Сопоставление этих оценок показало, что и в данном случае энергии вспышки и космических лучей близки. Суммарное выделение энергии во время вспышки на Солнце в миллиарды миллиардов раз меньше, чем при взрывах сверхновых звезд. Однако, несмотря на такое различие масштабов, в обоих случаях имеет место явление передачи заметной доли энергии взрыва ничтожной доле частиц.

В те же 50-е годы, вне всякой связи с исследованиями космоса, в Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова велись эксперименты по осуществлению управляемых термоядерных реакций при мощных импульсных электрических разрядах в дейтерии. Были получены нейтроны, и казалось, что цель близка: реакция идет. Выяснилось, однако, что и здесь происходит нечто похожее на генерацию

космических лучей: энергия разряда передается малой доле дейтронов. Энергия каждой из этих частиц гораздо больше, чем нужно для вступления в реакцию синтеза. Реакции происходят, нейтроны выделяются, однако львиная доля энергии бесполезно расходуется на нагрев электронов плазмы. Основная же масса дейтронов оказывается обделенной энергией и не может вступить в реакцию синтеза.

Общими чертами, характерными и для вспышек сверхновых звезд, и для солнечных вспышек, и для мощных импульсных разрядов, является быстрое выделение энергии в плазме, возбуждение интенсивных хаотических турбулентных движений в ней, а также ударных волн. Вероятно, важную роль во всех этих трех случаях играет наличие магнитного поля.

Одно из направлений, на котором велись поиски путей осуществления управляемых термоядерных реакций, — это использование принципа **турбулентного нагрева** плазмы. Надо возбудить в плазме такие турбулентные движения, которые быстро затухнут, а их энергия более или менее равномерно распределится между всеми ионами. Это не простая задача, и решить ее не удалось. Вместо этого происходило другое явление — передача энергии турбулентности небольшой доле частиц, приобретающих гигантские энергии. Этот эффект естественно назвать **турбулентным ускорением**.

Турбулентное ускорение — явление универсальное и фундаментальное, и это привело к изменению самой постановки проблемы происхождения космических лучей. Если раньше основной упор делался на поиски механизма ускорения, то теперь главной задачей стало выяснить причины, по которым энергия передается малой доле частиц. Ответ на этот вопрос автоматически объяснит и большие значения приобретаемых энергий.

В настоящее время принцип турбулентного ускорения ясен. Решению этого вопроса способствовали фундаментальные теоретические исследования по физике плазмы, стимулированные термоядерными исследованиями. Однако решающую роль сыграли исследования, проведенные на искусственных спутниках Земли и автоматических межпланетных станциях. Именно здесь удалось непосредственно изучить во многих деталях процессы генерации космических лучей в межпланетном пространстве. Столь детальные исследования немыслимы ни при изучении взрывов сверхновых звезд (в наше время такие взры-

вы наблюдались лишь в других галактиках), ни вспышек на Солнце.

КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ В МЕЖПЛАНЕТНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

История открытия эффекта генерации космических лучей в межпланетной среде довольно любопытна. Сам эффект был обнаружен еще в 1960 г., однако вследствие несовершенства теоретических представлений об ускорении частиц в плазме многие годы возможность межпланетного ускорения категорически отрицалась. Было выдвинуто множество остроумных гипотез о том, как без больших потерь энергии донести ускоренные частицы с Солнца на орбиту Земли. Однако ни одна из них не выдержала экспериментальной проверки.

История этих исследований уходит в 30-е годы. Ученые стремились преодолеть барьеры, о которых говорилось в начале статьи, и подобраться непосредственно к первичной компоненте космических лучей. Для этого нужно было выйти за пределы атмосферы или, во всяком случае, подняться как можно выше, чтобы уменьшить до предела толщину слоя атмосферы, отделяющую приборы от космического пространства. Ученые-космики стали альпинистами и стратонавтами, и никакие опасности и трудности не могли остановить их в стремлении подняться как можно выше. Символом бескорыстной преданности науке и верности ей является замечательная жизнь и героическая гибель советского исследователя космических лучей И. Д. Усыскина, одного из членов экипажа стратостата «Осоавиахим 1».

Однако никакой самый совершенный стратостат с экипажем не может подняться до таких высот, куда долетают маленькие непилотируемые шары-зонды, для которых вполне доступна высота в 40 км (атмосферный барьер для космических лучей снижается при этом в 1000 раз). В 1933 г. молодой аспирант Радиового института АН СССР С. Н. Вернов впервые начал использовать для изучения космических лучей шар-зонд с радиопередатчиком, созданный незадолго до этого П. А. Молчановым для метеорологических целей. Совершенство эту методику, С. Н. Вернов к концу 40-х годов смог измерить отклонение первичных космических лучей магнитным полем Земли и выяснить их природу. Знак отклонения соответствовал положительно заряженным частицам — протонам и ядрам.

Попутно, в процессе исследований С. Н. Вернова и других ученых в СССР,

США и Великобритании, выяснилось, что космические лучи чутко реагируют на комплекс явлений, связанных с солнечными пятнами и вызывающих магнитные бури и полярные сияния.

К середине 50-х годов С. Н. Вернов и его сотрудники уже вели интенсивные исследования с помощью высотных геофизических ракет и готовились к работе на искусственных спутниках Земли. Однако испытанную методику радиозондов решено было не отбрасывать, а наоборот развивать. А. Н. Чарахчян создал исключительно простую, надежную и дешевую аппаратуру для радиозондов. Она состояла из двух счетчиков Гейгера и барометра (барометр нужен, чтобы знать, сколько вещества атмосферы расположено над прибором). Затратив средства, совершенно ничтожные по объемным масштабам расходов на научные исследования, С. Н. Вернов, А. Н. Чарахчян и их сотрудники смогли организовать регулярные систематические запуски аппаратуры в ряде пунктов (Москва, Мурманске, Алма-Ате, а затем и в Антарктиде). Магнитный барьер из врага исследователей превратился в их союзника: сопоставляя данные, полученные в Мурманске, где магнитное поле почти не играет роли, в Москве, где магнитное «обрезание» уже существенно, и Алма-Ате, куда попадают лишь частицы больших энергий, можно анализировать распределение космических лучей по энергиям. Благодаря использованию барометра, союзником стал и атмосферный барьер. По мере подъема шара поглощающий слой атмосферы становится все более тонким и проникаемым для частиц все меньших энергий. В верхних слоях атмосферы в Мурманске и Антарктиде регистрируются протоны с энергиями до 100 млн эВ (МэВ).

Стратосферные исследования космических лучей обогатили науку многими новыми результатами. В 1976 г. А. Н. Чарахчян и трое его сотрудников за эти работы были удостоены Ленинской премии (С. Н. Вернов был награжден Ленинской премией ранее за исследования на искусственных спутниках Земли).

Наиболее энергичная компонента космических лучей приходит на Землю из Галактики и межгалактического пространства. Суммарный поток этих частиц невелик — каждую секунду на каждый квадратный сантиметр падает меньше 10 протонов и ядер. Зато средняя энергия частиц составляет примерно 1 млрд эВ (ГэВ). Оказалось, что поток этих частиц, особенно в области меньше 1 ГэВ, существенно из-

меняется по мере изменения числа солнечных пятен. Когда пятен много, поток космических лучей убывает, а при уменьшении числа пятен — возрастает.

Число пятен достигает максимума каждые 11 лет — соответственно каждые 11 лет достигают минимума потоки космических лучей. Для объяснения данного эффекта американский физик Ю. Паркер выдвинул гипотезу, согласно которой Солнце непрерывно излучает в мировое пространство поток плазмы, несущей магнитные поля. Этот поток, названный солнечным ветром, более активен в годы максимума числа солнечных пятен. При этом происходит «выдувание» космических лучей из Солнечной системы. При полетах первых советских космических аппаратов к Луне было подтверждено существование солнечного ветра и измерены его скорость и плотность.

Стратосферные исследования показали, что генерация космических лучей при вспышках на Солнце происходит гораздо чаще, чем это удавалось наблюдать по наземным данным. Просто солнечные космические лучи редко приобретают энергии, необходимые для их регистрации у поверхности Земли (1 ГэВ и выше). Зато потоки менее энергичных солнечных космических лучей, наблюдаемые в стратосфере, в сотни и тысячи раз больше, чем потоки космических лучей галактического происхождения.

По оптическим наблюдениям, вспышка на Солнце разгорается за время порядка одной минуты. Частицы солнечных космических лучей, наблюдаемые в стратосфере, имеют скорости в полтора-два раза меньшие скорости света. Свет, как известно, доходит от Солнца до Земли за 8 мин. Уже через 10—15 мин после начала наблюдения вспышки в стратосфере регистрируются первые частицы, ускоренные на Солнце. Однако потоки этих предвестников малы. Еще долгое время после вспышки продолжается возрастание потока. Лишь спустя несколько часов достигается максимум и начинается медленный спад. Чем меньше скорость частиц, тем медленнее нарастает их поток у Земли и тем позже достигается максимум.

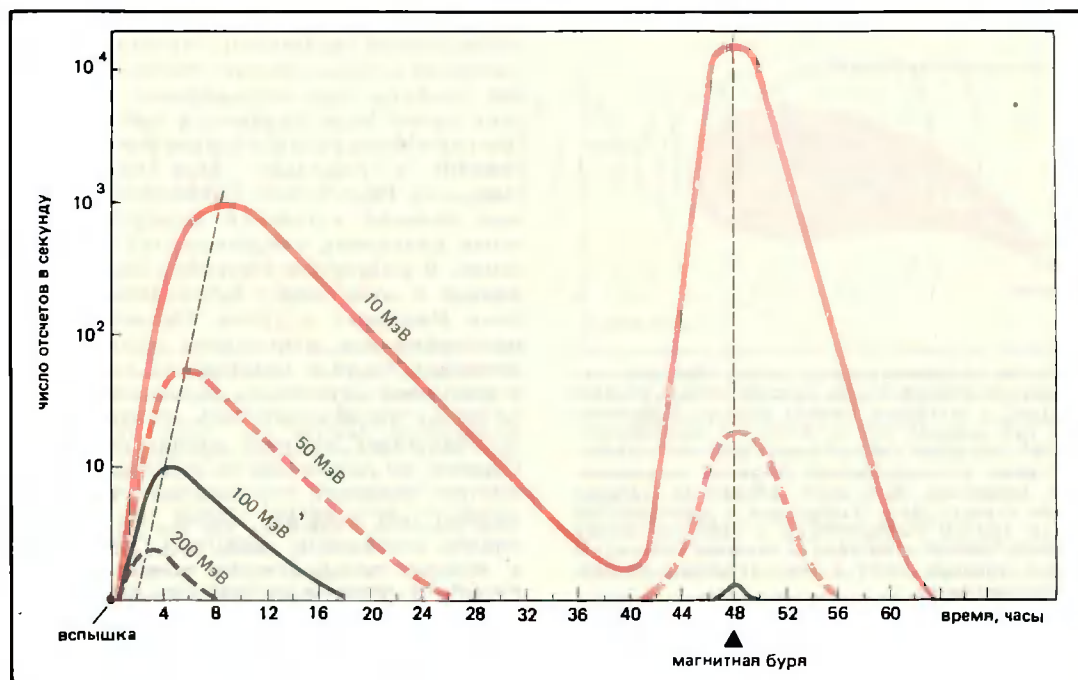
Раздельное изучение развития всплесков солнечных космических лучей по энергиям стало возможным благодаря использованию магнитного и атмосферного барьеров для анализа энергетического состава. Магнитный барьер позволяет выделить еще одну важную характеристику — преимущественное направление распрост-

ранения космических лучей. Оказалось, что, когда поток космических лучей от вспышки появляется впервые, большинство частиц идет от Солнца. Однако по мере приближения величины потока к максимальному значению это преимущественное направление исчезает: со всех направлений на Землю падает почти одинаковое число частиц, и в частности от Солнца их идет столько же, что и к Солнцу.

Эти закономерности распространения солнечных космических лучей в межпланетной среде означают, что имеет место диф-

Если разделить эту длину на скорость частицы v , то мы получим время свободного пробега t .

Допустим, что в какой-то момент времени в малой области пространства родились быстрые частицы. За время t они заполняют сферу радиуса λ . Что будет дальше? Среднее смещение частиц равно нулю, однако очевидно, что занятая ими область будет расширяться. За время t частица рассеется (сильно изменит направление скорости) $N=t/\tau$ раз. По законам теории вероятности большинство частиц



Развитие во времени всплесков интенсивности космических лучей различных энергий после вспышки на Солнце по наблюдениям, проведенным вблизи орбиты Земли. Пунктирные линии проведены через точки максимальных значений интенсивности. Первый всплеск соответствует диффузии частиц, ускоренных на Солнце, второй — приходу ускоренных в межпланетной среде частиц.

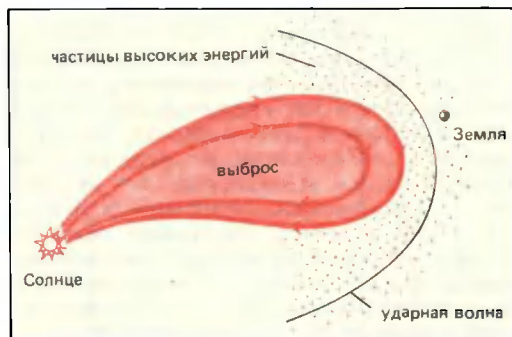
фузия. В случайных магнитных полях солнечного ветра частицы солнечных космических лучей испытывают случайные отклонения. Пройдя расстояние, величина которого определяется величиной случайных магнитных полей, частица полностью «забывает» начальное направление скорости и с равной вероятностью может двигаться в любом направлении. Это расстояние называется длиной свободного пробега λ .

окажется при этом в сфере радиуса $R=\lambda\sqrt{N}$, или, если выразить время t через λ и скорость частицы v , $R=\sqrt{\lambda vt}$. Внутри этой сферы все направления скоростей почти равноправны. Как принято говорить, поток частиц изотропен. За пределами сферы число частиц быстро убывает с расстоянием от Солнца, а их скорости ориентированы в основном в направлении от Солнца.

При наблюдениях с Земли радиус сферы R всегда один и тот же — это расстояние от Земли до Солнца R_0 (около 150 млн км). В зависимости от величины t Земля находится либо вне сферы R , либо внутри нее. В первом случае будет наблюдаться нарастающий во времени поток частиц, направленных от Солнца, а во

втором — убывающий с течением времени изотропный поток. Многочисленные анализы вспышек показывают, что длина свободного пробега для частиц с энергиями в десятки — сотни миллионов электрон-вольт почти одинакова и составляет одну десятую расстояния от Солнца до Земли. Согласно нашей формуле, максимум потока солнечных космических лучей будет при этом наблюдаться тем позже, чем меньше скорость, а значит, и энергия частицы.

В 1960 г. во время двух мощных вспышек на Солнце при стратосферных



Взаимное положение выброса частиц, образовавшихся при солнечной вспышке, ударной волны и области плазмы с частицами высоких энергий. Выброшенный при вспышке сгусток плазмы с замороженной петлей магнитных силовых линий (указаны стрелками) летит в межпланетной среде со сверхзвуковой скоростью. При этом образуется ударная волна и конус Маха. Ускоренные в межпланетной среде частицы сосредоточены в основном между ударной волной и сгустком и частично излучаются сквозь ударную волну в невозмущенную область солнечного ветра.

исследованиях космических лучей было зарегистрировано необычное возрастание потоков. В пределах точности наблюдений потоки всех частиц с энергиями свыше 100 МэВ появились, достигли максимумов и затухли одновременно. Запаздывание по отношению к вспышке составило около двух суток, что гораздо больше диффузионного запаздывания. Характерно, что такое возрастание проходило на фоне магнитной бури. Наконец, число частиц с энергиями, превышающими 200 МэВ, было очень мало, в то время как в обычных случаях оно лишь в 3—4 раза меньше, чем число частиц с энергиями свыше 100 МэВ. Эти явления впервые были обнаружены и описаны А. Н. Чарахчяном с сотрудниками¹.

Выход в космос снял все ограничения на доступные для исследования энергии. На советских автоматических станциях «Луна», «Марс», «Венера» и искусственных спутниках Земли серии «Прогноз» установлены сделанные в НИИЯФ полупроводниковые приборы для регистрации космических лучей различных энергий. Эти приборы позволяют также анализировать направление прихода частиц, измерять их заряд и массу. Аналогичная аппаратура устанавливается на американских и западноевропейских космических аппаратах. Одновременно измеряются параметры межпланетной среды. Для таких исследований характерно широкое международное сотрудничество. Например, многие приборы для исследования космических лучей были созданы в рамках программы «Интеркосмос» совместно учеными НИИЯФ и Академии наук Венгерской Народной Республики. Наиболее интересные явления изучаются совместно учеными различных специальностей из ряда стран. В результате получены подробные данные о космических лучах между орбитами Меркурия и Урана. Оказалось, что одновременное возрастание потоков космических лучей с различными энергиями в диапазоне нескольких миллионов электрон-вольт происходит весьма часто: оно сопровождает каждую магнитную бурю. Однако по мере роста энергии потоки быстро убывают, и поэтому заметный эффект при энергиях свыше 100 МэВ является уникальным событием, связанным с весьма грандиозными вспышками на Солнце и гигантскими магнитными бурями на Земле.

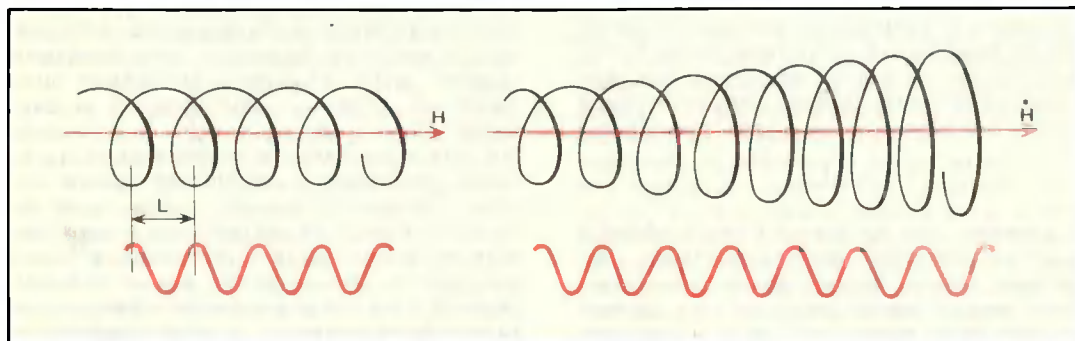
МЕХАНИЗМЫ ГЕНЕРАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В МЕЖПЛАНЕТНОЙ СРЕДЕ

Первые попытки объяснения природы данного явления были основаны на идее магнитной ловушки. Предполагалось, что после вспышки на Солнце выбрасывается сгусток плазмы, уносящий с собой магнитное поле с петлеобразными силовыми линиями. Часть ускоренных при вспышке частиц захватывается этой петлей и переносится вместе с нею. Когда ловушка достигает Земли, сгусток плазмы встряхивает геомагнитное поле. Поэтому всплеск потока энергичных протонов должен сопровождаться магнитной бурей. Однако эта гипотеза не подтвердилась. Дело в том, что сгусток плазмы, выброшенный при вспышке, распространяется не в пустоте, а в потоке солнечного ветра, существовав-

¹ Чарахчян А. Н., Тулинов В. Ф., Чарахчян Т. Н. — ЖЭТФ, 1961, т. 41, № 9, с. 735.

шем до вспышки. Несмотря на то что плазма солнечного ветра весьма разрежена, она тем не менее подчиняется многим законам, справедливым для обычного газа. В частности, при быстром движении сгустка в окружающей его плазме возникает ударная волна и так называемый конус Маха, как и при сверхзвуковых полетах самолетов в воздухе. Ударная волна отделяет область солнечного ветра, до которой еще не дошли возмущения от выброса, от области возмущенного движения в прилегающем к сгустку районе. Магнитные силовые линии вне сгустка пересекают удар-

по сравнению с обычным, невозмущенным значением (равным, напомним, одной десятой расстояния от Земли до Солнца), то частицы, ускоренные на Солнце, «завязли» бы в такой турбулентной области. При этом, правда, пик интенсивности все равно лежал бы за ударной волной. Однако главное возражение состоит не в этом. При движении от Солнца к Земле турбулентное облако расширяется, и должно произойти сильное, как говорят, адиабатическое, уменьшение энергии каждой частицы. Между тем, как и в рассмотренных ранее случаях, наблюдаемые у Земли



Взаимодействие заряженной частицы, движущейся в магнитном поле H , с магнитогидродинамической волной (цветная синусоида). Частица движется по винтовой линии, шаг которой определяется величиной компоненты скорости частицы вдоль магнитного поля H . Если длина волны L совпадает с шагом винтовой траектории частицы, то наступает резонанс: на орбите частицы поле постоянно (слева). Однако под действием магнитного поля волны соотношение между продольной и поперечной компонентами скорости частицы меняется, и шаг винтовой траектории со временем все больше отличается от длины волны — происходит расстройка резонанса между волной и частицей (справа).

ную волну и уходят на бесконечность. Никакой ловушки здесь нет. Между тем максимальные значения потоков космических лучей рассматриваемого типа расположены вблизи ударной волны. Более того, в последние годы было установлено, что на границе сгустка потоки энергичных протонов убывают до нуля.

За ударной волной резко возрастают амплитуды случайных колебаний межпланетного магнитного поля — усиливается уровень турбулентности. При этом должна сильно уменьшаться длина свободного пробега протонов. Можно показать, что если бы она упала в несколько десятков раз

суммарные энергии космических лучей данного типа очень велики. При пересчете по адиабатическому закону к области солнечной короны мы получили бы такие исходные значения совокупной энергии ускоренных частиц, которые во много раз больше энергии сильной вспышки.

Выполненные автором данной статьи исследования показали, что вполне возможно турбулентное ускорение протонов и ядер до энергий в несколько миллионов электронвольт непосредственно в межпланетной среде². Мы уже не раз говорили о случайных магнитных полях солнечного ветра. Эти колебания существуют на фоне довольно сильного регулярного магнитного поля, вытягиваемого из атмосферы Солнца потоками солнечного ветра. Колебания поля связаны с определенными типами волн в плазме — так называемыми магнитогидродинамическими волнами. Как и любые волны, они характеризуются скоростью распространения, длиной волны и частотой. Рассматриваемое турбулентное возмущение можно представить себе как сумму большого числа таких волн с различными частотами.

² Тверской Б. А. — ЖЭТФ, 1967, т. 53, № 10, с. 1417.

Заряженная частица движется в регулярном магнитном поле по спирали. В перпендикулярной к силовой линии плоскости частица вращается по окружности с частотой ν_H , зависящей только от заряда и массы частицы и напряженности магнитного поля (в общем случае массой надо считать эйнштейновскую «массу движения»). Центр окружности движется с постоянной скоростью вдоль силовой линии. Если, помимо регулярного поля, имеется еще и волна, то движение частицы будет испытывать возмущение. Оказывается, что наиболее сильные возмущения вызывают волны, длины которых L связаны определенным соотношением со скоростью частицы и частотой ее вращения в магнитном поле. В случае, когда скорость движения частицы вдоль поля много больше скорости самой волны, это соотношение имеет простой вид

$$v = L\nu_H$$

и означает, что за время одного оборота в магнитном поле частица проходит расстояние, равное полной длине волны. При этом имеет место резонанс: на орбите частицы поле волны постоянно. При резонансе возможны различные положения частицы относительно гребня волны, при которых скорость частицы будет либо увеличиваться, либо уменьшаться. И в том, и в другом случае через некоторое время скорость v изменится настолько, что условия резонанса нарушатся. Если, однако, одновременно существует много волн с разными длинами, то частица попадет в резонанс с другой волной. В случае турбулентности фазы волны с разными длинами не связаны друг с другом и поэтому при переходе от одного резонанса к другому направление изменения скорости v будет иметь случайный характер. При движении в магнитном поле полная энергия частицы не меняется, и поэтому увеличение продольной скорости будет сопровождаться уменьшением поперечной к магнитному полю компоненты, и наоборот. В итоге будет изменяться направление скорости и возникнут рассмотренные ранее случайные блуждания частицы. Теория позволяет вычислить длину свободного пробега λ , если известно распределение энергии волн по их частотам или длинам.

Физический смысл условия резонанса состоит в том, что частицы наиболее эффективно взаимодействуют с волнами, длина которых порядка радиуса окружности, по которой происходит вращение в магнитном поле.

Резонансный характер взаимодействия частиц и волн в плазме является одним из наиболее фундаментальных законов динамики ионизованного газа. Впервые это явление было открыто Л. Д. Ландау еще в 1946 г. С тех пор на основе этой идеи построена теория поглощения различных волн и многих неустойчивостей неравновесной плазмы.

Возвращаясь к нашему случаю магнитогидродинамических волн, отметим, что возмущения магнитного поля сопровождаются в них случайными электрическими полями. Эти поля вызывают в среднем ускорение частиц. Расчеты показали, что при тех уровнях турбулентности, которые имеют место за фронтами межпланетных ударных волн, возможно ускорение протонов до энергий, наблюдаемых в рассматриваемых нами случаях. Выяснилось, что при этом энергия турбулентных пульсаций переходит к небольшой группе частиц. Причина оказалась очень простой. Турбулентность, существующая в межпланетном пространстве и усиливаемая ударной волной, часто имеет вид отдельных «зубцов»: на очень маленьком расстоянии возмущение магнитного поля изменяется скачками, а затем плавно меняется на расстояниях порядка 1 млн км. Если такие возмущения разложить на сумму синусоидальных волн, то мы бы получили широкий набор волн различной длины. Однако основная энергия турбулентности оказывается сосредоточенной в области самых длинных волн. Частиц, попадающих в резонанс с этими волнами, мало, и поэтому на каждую из них приходится огромная энергия.

Резонансный характер взаимодействия частиц с волнами в сочетании с указанной выше особенностью спектра волн и составляет в совокупности принцип турбулентного ускорения: если турбулентность обладает широким спектром, а максимум энергии волн соответствует резонансу с малой группой наиболее энергичных частиц, то энергия турбулентности перейдет к этой группе, а частицы сильно ускорятся.

Возможно, что вначале частиц, соответствующих резонансу с наиболее длинными волнами, практически нет. Расчет показывает, что они с течением времени появятся в нужном количестве за счет ускорения частиц меньших энергий при взаимодействии с более короткими волнами.

Турбулентное ускорение продолжается вплоть до полного поглощения энергии волн частицами. Поэтому за удар-

ными волнами, по мере удаления от фронта, должно возрастет число наиболее энергичных частиц. Такие явления, в согласии с теорией, наблюдались при измерениях на космических аппаратах. Однако часто оказывалось, что распределение ускоренных частиц по энергиям за ударной волной оставалось неизменным.

Такой эффект был предсказан в 1977 г. Г. Ф. Крымским³. Изучая взаимодействие энергичных частиц с фронтом волны, он показал, что при многократных пересечениях фронта некоторые частицы могут заметно ускоряться. Чем больше будет таких пересечений, тем большую энергию наберет частица. Но поскольку вероятность многократных пересечений мала, число ускоренных частиц будет убывать с ростом энергии. Оказалось, что закон такого убывания определяется только изменением плотности плазмы на ударной волне. Этот замечательный результат был недавно экспериментально подтвержден при исследовании ряда прохождений ударных волн мимо Земли. В этих случаях, несмотря на высокий уровень возмущенности межпланетного магнитного поля, турбулентное ускорение за фронтом отсутствовало. Такая ситуация возможна, если ударная волна бежит по очень слабо возмущенной межпланетной среде. Турбулентность при этом возбуждается самими быстрыми частицами за счет плазменной неустойчивости. Все возбужденные таким способом волны бегут в одном направлении с одинаковой скоростью. В системе координат, движущейся с волнами, электрическое поле отсутствует. Естественно, что, если в некоторой системе координат ускорения нет, оно не может появиться и в других системах, движущихся относительно исходной с постоянной скоростью.

ИЕРАХИЯ ВЗРЫВОВ

Ускорение частиц в межпланетной среде в настоящее время может быть исследовано весьма детально. Иногда эти эффекты удается изучать одновременно на двух и даже трех космических аппаратах. На каждом из них, как правило, имеется аппаратура, позволяющая изучать распределение заряженных частиц по энергиям, начиная от электронов и протонов солнечного ветра (их энергия составляет десятки

и сотни электронвольт) вплоть до сотен миллионов электронвольт. Другие приборы регистрируют плотность плазмы, колебания ее скорости, три компоненты магнитного поля. Эти исследования, проводимые практически по всей Солнечной системе, позволили детально проверить изложенные выше теоретические представления о турбулентном ускорении и ускорении вблизи фронтов ударных волн. Генерация космических лучей с энергиями до 100 МэВ в межпланетной среде стала твердо установленным фактом.

Взрывными процессами являются также вспышки на Солнце. На многих звездах происходят и более мощные вспышки, а некоторые звезды (так называемые новые) вспыхивают целиком. Сверхновые звезды — это, фактически, термоядерные взрывы масс, превышающих массу Солнца. Вероятно, во Вселенной могут быть взрывные процессы значительно большей мощности. После каждого взрыва в Галактике формируется волна в виде описанного выше зубца (только гораздо больших размеров, чем в солнечном ветре). Уже по этой причине Галактика является турбулентной областью. Представляется вероятным, что благодаря взрывным процессам в межзвездную среду инжектируются частицы, ускоренные вплоть до энергий порядка 10^{15} эВ, а галактическая турбулентность, так сказать, приводит спектр к «общему показателю» (известно, что в диапазоне энергий от 10^9 до 10^{16} эВ интенсивность потока космических лучей убывает с ростом энергии по степенному закону). При этом волны, порожденные взрывами новых звезд, более эффективны, хотя суммарная энергия этих взрывов гораздо меньше, чем энерговыделение от сверхновых. Дело в том, что волны от новых звезд короче, чем от сверхновых. Радиусы вращения частиц галактических космических лучей в межзвездном магнитном поле соответствуют резонансу с волнами от новых звезд, а большая часть энергии волн от сверхновых с точки зрения генерации космических лучей в Галактике пропадает зря.

Механизмы ускорения частиц в космосе многообразны. Например, особым типом ускорения определяется формирование радиационных поясов планет. Однако турбулентное ускорение и связанное с ним ускорение на ударных волнах, безусловно, относятся к числу наиболее универсальных и распространенных механизмов. Поэтому экспериментальные и теоретические исследования в данной области бурно развиваются.

³ Крымский Г. Ф. — Доклады АН СССР, 1977, т. 234, № 4, с. 1306.

Вирусный гепатит В: болезнь, обусловленная иммунитетом

А. Ф. Блюгер



Анатолий Федорович Блюгер, академик АН Латвийской ССР, профессор, заведующий кафедрой инфекционных болезней Рижского медицинского института, научный руководитель Латвийского гепатологического центра Министерства здравоохранения Латвийской ССР. Область научных интересов — клиника, биохимия, морфология и иммунология инфекционных болезней и заболеваний печени. Автор монографий: Вирусный гепатит. Рига, 1978; Клиническая иммунология кишечных инфекций (совместно с Х. М. Векслером и И. Н. Новицким). Рига, 1980; Практическая гепатология (совместно с И. Н. Новицким). Рига, 1984 и др.

Вирусные воспалительные заболевания печени, или вирусные гепатиты, известны медицине с давних времен. Тем не менее они оказались наиболее поздно расшифрованной инфекционной болезнью. Первоначально эту болезнь описывали по наиболее примечательному признаку — желтухе, полагая, что она обусловлена воспалением желчных путей. В конце XIX в. С. П. Боткин впервые высказал правильный взгляд на природу болезни, определив ее как инфекционное воспаление печени. Болезнь называли болезнью Боткина. Однако еще долгие годы, до выделения возбудителей, не знали, что за болезнью Боткина скрывается несколько самостоятельных заболеваний, имеющих лишь некоторые сходные внешние, клинические черты. Только в 60-е годы нашего столетия был выделен возбудитель так называемого вирусного гепатита В (сывороточного), а в начале 70-х годов — вирусного гепатита А. Однако и после обнаружения этих двух основных форм инфекции осталось нераспознанное «белое пятно» — сборная группа вирусных гепатитов, получивших довольно странное, так сказать, «негативное» название: поскольку тут возбудителем инфекции были не А и не В, а некие третьи, до сих пор не выделенные возбудители,

эту группу гепатитов так и окрестили «не А — не В».

О гепатите А много говорить не приходится. Эта классическая кишечная инфекционная болезнь человека, «паспорт» которой достаточно ясен: она вызывается РНК-содержащим вирусом, передающимся через грязные руки, пищу и воду; поражает в основном людей в раннем детском или юношеском возрасте; протекает в острой форме, как правило, без осложнений; оставляет после себя стойкий, а часто и пожизненный иммунитет.

Иначе обстоит дело с гепатитом В. Тут странно и необычно все: и история открытия возбудителя, и его выделения как самостоятельной инфекции, и преобладание искусственных путей передачи инфекции над естественными, и обусловленность поражения печени иммунной системой организма, и исключительная многоликость инфекционного процесса и т. п. С вирусным гепатитом В связаны самые разнообразные формы поражения печени — от легких до тяжелых, от бессимптомных до активного хронического гепатита, до неизлечимых цирроза и первичного рака печени.

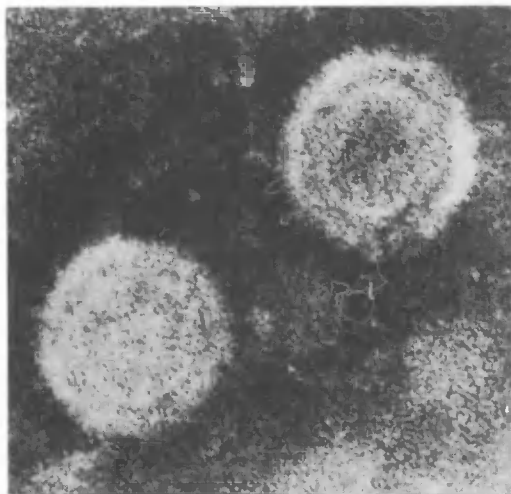
Вирусный гепатит В относится к числу самых распространенных инфекций в мире:

по данным Всемирной организации здравоохранения, насчитывается более 200 млн так называемых носителей вируса гепатита В (в действительности — это люди с хронической клинически бессимптомной формой инфекции), ежегодно на планете регистрируется 1—2 млн случаев острого гепатита В, во многих регионах это заболевание служит основным (до 80—90 %) причинным фактором хронического гепатита, цирроза и первичного рака печени.

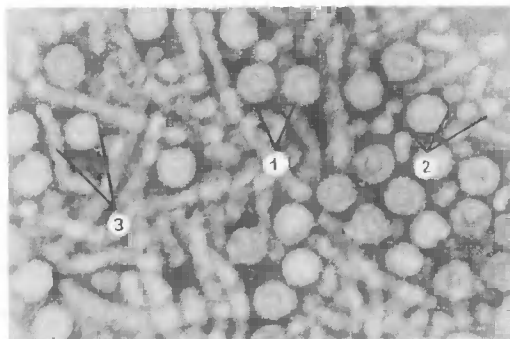
История изучения вирусного гепатита В как самостоятельного заболевания началась в конце 30-х годов, когда была открыта необычная форма передачи инфекции давно и хорошо известной врачам болезни Боткина — форма, при которой заражение происходит в процессе переливания крови больного. В связи с особенностью механизма передачи инфекции и локализацией возбудителя гепатита В в сыворотке крови эта болезнь и получила на долгие годы название сывороточного гепатита. Последующие 30 лет были временем разочаровывающих поисков, обманутых надежд и несостоявшихся открытий возбудителя болезни. Парадоксально, но первым шагом на пути к открытию истинного возбудителя сывороточного гепатита стало событие, произошедшее в стороне от многочисленных путей его поисков. В 1965 г. американец Б. Бламберг, изучая белки крови у представителей различных этнических групп, обнаружил в сыворотке австралийского аборигена неизвестный ранее белок со специфическими антигенными свойствами. Этот белок, названный австралийским антигеном, оказался одним из антигенов, а именно поверхностным антигеном вируса В. Появление этой легко определяемой метки возбудителя резко ускорило его изучение, и уже в 1970 г. была подробно описана полная вирусная ДНК-содержащая частица, или частица Дейна.

Частица Дейна имеет размеры 42 нм и внешне напоминает другие ДНК-вирусы. Наряду с этими частицами в крови и ткани печени присутствуют и частицы меньших размеров диаметром 22 нм — сферической и трубчатой формы. Из этих частиц образуется оболочка вируса. Они имеют липопротеидную природу, отличаются от полной вирусной частицы Дейна отсутствием ДНК, но содержат поверхностный антиген вируса.

Открытие возбудителя ускорило изучение инфекции и выдвинуло немало новых задач, и прежде всего необходимость выращивания вируса в культуре.



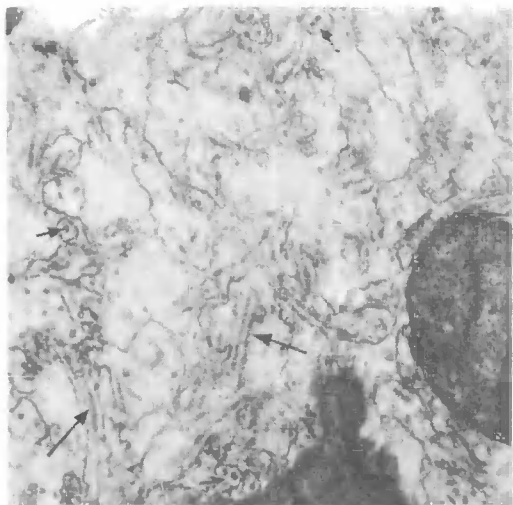
Вирус гепатита В, или частица Дейна. Электронная микрофотография [увел. в 720 тыс. раз].



Полиморфные вирусные частицы в сыворотке крови больного вирусным гепатитом В. 1 — частица Дейна, 2 — сферические частицы, 3 — трубчатые частицы. Электронная микрофотография [увел. в 150 тыс. раз].

Предстояло найти чувствительные к вирусу клетки, обеспечивающие его размножение *in vitro*. Это дало бы возможность получать в необходимом количестве вирусные белки для диагностических вирусных препаратов и изготовления вакцины.

Во многих научных центрах, в том числе и в Латвийском гепатологическом центре Министерства здравоохранения ЛатвССР в Риге, в этом направлении ведутся успешные поиски. Используются эксплантаты печени человека, а также методы пропускания крови через сосуды здоровой печени, извлеченной из трупов людей, погибших от травмы. И хотя пока «нежелание» вируса размножаться вне



Участок цитоплазмы клетки печени больного гепатитом В. Стрелками показаны различные формы вируса гепатита В. Электронная микрофотография (увел. в 37,5 тыс. раз).

организма до конца не сломлено, задача получения вирусных белков была решена благодаря методам генной инженерии: генетический материал вируса встраивают в ДНК живых бактерий, грибов и даже клеток животных, которые становятся продуцентами вирус-специфических белков.

Но эти успехи, увы, не решают всей проблемы. Если несколько десятилетий назад самым важным было выделение возбудителя, то сейчас главное — понять основные механизмы патологического процесса при этой инфекции.

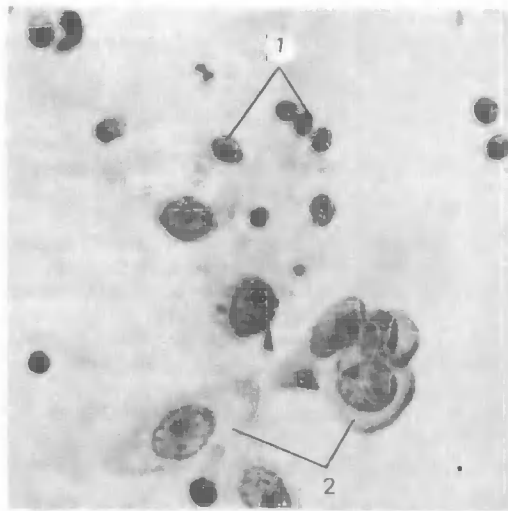
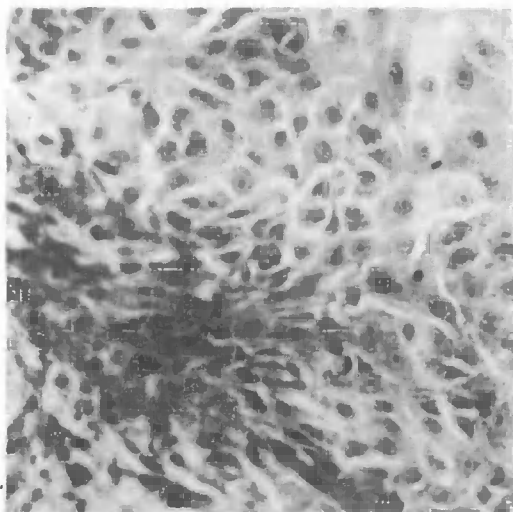
Мы, как и другие исследователи, столкнулись с такими формами гепатита В, когда вирус мирно пребывает в организме и размножается, не повреждая клеток печени, т. е. не обладает так называемыми цитопатическими свойствами. В случае хронического носительства вируса В, которое может длиться годами, десятилетиями и даже пожизненно, отсутствуют не только внешние, клинические признаки болезни, но повреждение клеток печени не выявляется и специальными лабораторными исследованиями — морфологическим, биохимическим и другими чувствительными методами анализа. В то же время огромное количество одного из вирусных белков — поверхностного антигена — в сыворотке крови доказывает присутствие активного вируса.

Взаимодействие вируса и клетки хомяка, изученное на одной из моделей инфекции — на инфицированных культурах ткани печени, также подтвердило отсутствие цитопатических свойств у возбудителя гепатита В. Мы использовали оригинальный метод длительного культивирования ткани печени, взятой у больных различными формами заболевания, на миллипоровых фильтрах¹. В этом случае вирус не разрушал клеток печени. Более того, сыворотка крови, содержащая вирус или сами вирусные частицы, добавленные в питательную среду, даже усиливали рост тканевой культуры (такое действие называют цитопротрофическим). В дальнейшем это свойство вируса гепатита В было показано и на других моделях инфекции.

Но что же тогда вызывает гибель клеток печени при явном заболевании?

Хорошо известно, что состояние иммунной системы организма, так называемая иммунореактивность, определяет тяжесть любого инфекционного процесса. В отличие от многих известных «классических» инфекций, и в первую очередь вирусного гепатита А, при котором препараты, угнетающие иммунную систему в клинике и эксперименте утяжеляют (и уж во всяком случае не смягчают) вызванные возбудителем повреждения тканей, при гепатите В такое состояние иммунной системы ведет к легкой или даже бессимптомной форме инфекции. Это было показано в эксперименте на обезьянах, которым вводили преднизолон, подавляющий иммунную систему, а затем заражали вирусами — возбудителями гепатитов. В этих условиях при заражении вирусом гепатита В воспаление печени не развивалось. В то же время преднизолон не влиял на тяжесть инфекции, вызываемой вирусом гепатита А, которая протекала с выраженным поражением печени. Мы обратили внимание, что вирусный гепатит В протекает клинически более благоприятно и при наличии сопутствующих болезней, подавляющих иммунореактивность организма. Это наблюдается в случаях заболеваний крови, паразитарных инвазий (например, аскаридоза) и др. В стационарах, где лечатся больные лейкозами или пациенты, постоянно принимающие иммунодепрессанты, оказалось, что гепатит В у больных протекает значительно легче, чем у зара-

¹ Bluger A., Wechsler H., Timoshenko J., Treijka I. — Acta hepatogastroenterol., 1975, v. 20, № 5, p. 387.



Культура ткани печени. Нормальная ткань печени (слева) и ткань печени больного вирусным гепатитом В, разрушенная собственными лимфоцитами. 1 — лимфоциты, 2 — единичные сохранившиеся клетки печени. Микрофотография (увел. в 630 раз).

жившегося случайно обслуживающего персонала.

Мы также обнаружили, что максимальная активность лимфоцитов — основных клеток, ответственных за иммунитет, наступает в разные сроки при гепатитах А и В. При вирусном гепатите В максимальная активность наблюдается в ранние сроки, т. е. при максимальном поражении клеток печени. При гепатите А максимальная активность клеточных факторов иммунитета определяется в поздние сроки, когда воспалительный процесс в печени уже заканчивается, т. е. на стадии выздоровления.

Все эти наблюдения привели нас к парадоксальному, казалось бы, предположению, а именно: в развитии вирусного гепатита В активное участие принимает иммунная система организма, более того, именно она, а не вирус ответственна за повреждение клеток печени².

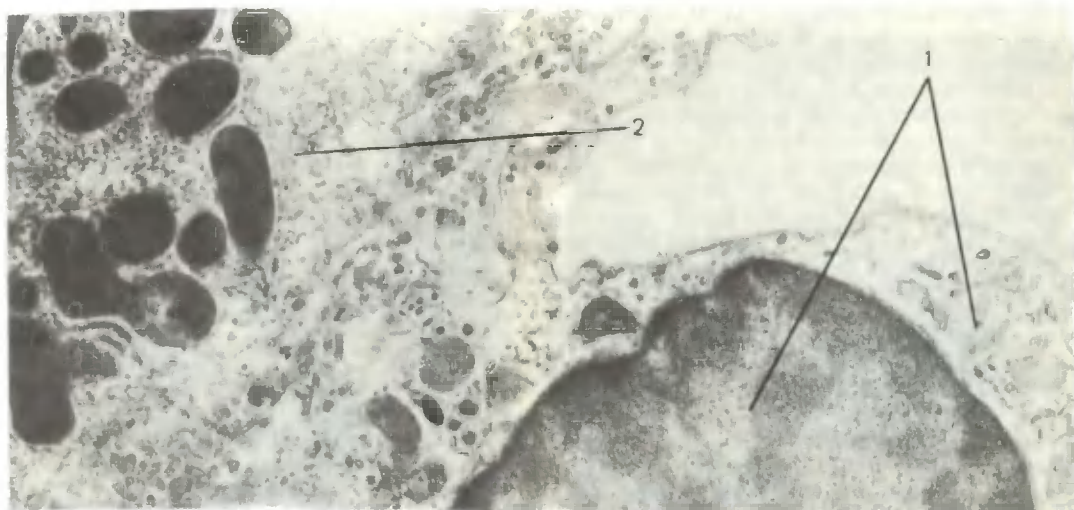
Прямые доказательства были получены нами на экспериментальных моделях инфекции. Так, на культивируемой ткани печени было показано, что непосредствен-

ное повреждающее действие на клетки органа при гепатите В оказывают Т-лимфоциты, т. е. — еще раз подчеркнем — основные эффекторные клетки иммунной системы организма. Клоны этих клеток, получившие название Т-лимфоцитов-киллеров (убийц), при формах гепатита В с наибольшим поражением печени были чрезвычайно агрессивны в отношении клеток печени (гепатоцитов) в культуре ткани. Мы установили, что таким действием обладают лимфоциты, присутствующие в ткани печени больных гепатитом В.

Итак, первоначальная гипотеза получила экспериментальное подтверждение и дала основание утверждать, что воспаление печени при этой инфекции обусловлено не патогенным действием возбудителя, как это известно для большинства инфекционных болезней, а эффектами иммунной системы организма. Важно подчеркнуть, что развивается и прогрессирует гепатит не с момента инфицирования клеток вирусом, а с определенной стадии развития иммунного ответа, точнее, с распознавания лимфоцитом антигенных маркеров вируса. Мишенью иммунной реакции при этом служат прежде всего инфицированные вирусом клетки печени или, точнее, сидящие на их мембранах антигены возбудителя. Но не только они. На определенных этапах процесса жертвой иммунной агрессии становятся и неповрежденные вирусом клетки, т. е. болезнь переходит на аутоиммунные рельсы, когда иммунная агрессия направлена не против чужого агента, а против собственных клеток.

Таким образом, вирусный гепатит

² Блюгер А. Ф., Векслер Х. М., Тимошенко Ж. П., Гичев Ю. П. и др. Изучение компетентности и типов клеточных коопераций в культурах клеток крови и биопсийной ткани печени больных вирусным гепатитом и другими заболеваниями печени. — В сб.: Успехи гепатологии. Вып. 6. Рига, 1977, с. 153.



Взаимодействие лимфоцита с клеткой печени. Лимфоцит [1] проникает в цитоплазму гепатоцита [2], вызывая дезорганизацию его структур. Электронная микрофотография (увел. в 12 тыс. раз).

представляет собой особую, не имеющую пока аналогов в мире инфекций, болезнь с совершенно необычной, извращенной ролью иммунной системы: если при классических инфекциях иммунная система выполняет защитную функцию, очищая организм от возбудителя и разрушенных им клеток, то здесь она становится союзником вирусной агрессии. Необычная, парадоксальная роль иммунитета при вирусном гепатите В почти одновременно с нами была описана и зарубежными исследователями³.

Новый взгляд на природу вирусного гепатита В позволил по-новому объяснить исключительное клиническое разнообразие этой инфекции. Но прежде чем перейти к изложению этого вопроса, напомним, в каких же ипостасях предстает перед врачом вирусный гепатит В.

В подавляющем большинстве случаев (около 85 %) инфекция протекает в острой (циклической) форме, которая заканчивается полным выздоровлением в сроки от одного до нескольких месяцев. Это и есть хорошо известная болезнь Боткина, т. е. острое воспаление печени (гепатит) с внешними проявлениями — желтухой и интоксикацией.

В исключительных случаях (менее 1 %) острая форма инфекции проходит крайне бурно, драматически, сопровождается массивной гибелью ткани печени и полной потерей функций этого органа (печеночная кома), что ведет часто к смерти больного на протяжении нескольких дней болезни. Эту форму называют еще молниеносной.

Хронические формы гепатита В могут быть бессимптомными (тогда говорят о носительстве), истинная частота их неизвестна, но она, несомненно, в десятки раз превышает частоту всех прочих форм (это — основной резервуар вируса гепатита В в природе). Клинически выраженные хронические формы могут протекать легко и обычно не прогрессируют (около 10 % от всех форм гепатита В) или более тяжело, развиваясь в сторону цирроза печени (около 5 %). Если при хронических гепатитах обнаруживают вирусные антигены, их называют антиген-положительным гепатитом, а если нет, то — антигенотрицательным. В этих случаях речь идет обычно о переходе инфекционного процесса в аутоиммунный.

Самые тяжелые, но, к счастью, наиболее редкие в нашей стране формы вирусного гепатита — цирроз печени (1 %)⁴ и первичный рак этого органа (менее 0,1 %). Обе эти формы — результат естественной (но не всегда реализуемой)

³ Dudley F., Fox R. — Lancet, 1972, v. 1, p. 723.

⁴ При циррозе ткань печени разрушается, замещается соединительной тканью, перегородки которой грубо нарушают структуру печени, причем особенно страдает кровоснабжение органа.

эволюции перечисленных ранее форм инфекции, т. е. их исход.

Из признания первостепенного значения иммунной системы для развития патологического процесса при вирусном гепатите В напрашивался логический вывод — причины огромного клинического разнообразия этой инфекции следует искать именно в особенностях иммунной системы индивида. Уже накопленные к началу 70-х годов данные давали возможность очертить круг тех факторов, которые могли бы объяснить подобную многоликость вирусного гепатита В. В настоящее время к числу «переменных величин», взаимодействие которых формирует совершенно определенный тип взаимоотношения вирус — хозяин (и, естественно, соответствующую ему форму ин-

из антигенов (например, поверхностного) вируса.

Во-вторых, это мимикрия вируса. В оболочке вируса гепатита В наряду с собственно вирусными белками присутствуют и белки клеток организма-хозяина, которые захватываются вирусом в процессе его сборки. Скорее всего, количество клеточных белков в составе полностью собранных вирусных частиц непостоянно. Это значит, что белки клеток хозяина в разной степени маскируют чужеродные для организма собственно вирусные антигены. Тогда становится понятной различная антигенная чужеродность вируса для организма, а отсюда — и различная сила иммунного ответа на возбудитель, которая определяется именно степенью его чужеродности.

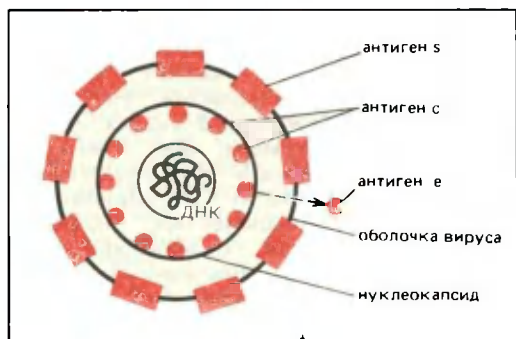


Схема строения вируса гепатита В.

фекционного процесса), относят целый ряд факторов, характеризующих как возбудителя, так и реактивность иммунной системы.

Вот эти факторы. Во-первых, полиантигенность вируса. Вирус гепатита В имеет по меньшей мере три самостоятельных антигена: поверхностный, или s-антиген, сидящий на оболочке вируса; сердцевинный, или c-антиген, локализованный в центральной части вирусной частицы, являющийся одной из меток размножения вируса в клетках печени, и, наконец, e-антиген, который, по современным представлениям, есть не что иное, как фрагмент c-антигена, остающийся после его прохождения через мембрану клетки. Этот антиген — наиболее надежный маркер активности вируса, а следовательно, его обнаружение в крови — признак ее инфицированности. Более того, известно несколько подтипов даже у каждого

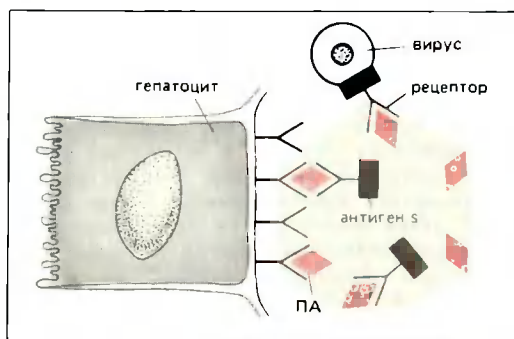


Схема взаимодействия полимеризованного альбумина (ПА) с гепатоцитом и вирусом гепатита В. ПА связывается одновременно с рецепторами гепатоцита, и вирусной частицы, обеспечивая таким образом взаимодействие и проникновение вируса гепатита В в клетку печени.

В-третьих, наличие у вируса антигенных детерминант, общих с клетками человека. Этот факт был обнаружен после открытия и изучения рецепторов вируса к полимеризованному альбумину, представляющему собой, вероятно, продукт трансформации альбумина — основного белка сыворотки крови. Оказалось, что аналогичные рецепторы к полимеризованному альбумину имеются и на поверхности клеток печени. Это обстоятельство, между прочим, проливает свет на разгаданную теперь одну из загадок вируса гепатита В — избирательную локализацию этого вируса в клетках печени. Полимеризованный альбумин в этом случае выполняет, по всей видимости, роль «связки» между гепато-

цитом и вирусной частицей⁵. Присутствие общего антигена одновременно на поверхности клетки печени и в составе вирусной частицы наводит на мысль о возможности их перекрестного участия в иммунных реакциях. Очевидно, в составе полимеризованного альбумина есть общая антигенная фракция с липопротеидом ткани печени — известным сейчас как ауто-антиген.

Липопротеид печени человека, и в частности его белковая часть, впервые привлек к себе внимание в качестве основной мишени аутоиммунных процессов в печени в 1972 г.⁶ В Латвийском гепатологическом центре разработан метод выделения и очистки этого компонента мембраны гепатоцитов, позволяющий получить чистый препарат для иммунологических исследований. Липопротеид печени представляет двойной интерес: во-первых, как маркер аутоиммунного процесса в печени и, во-вторых (в связи с наличием общих антигенных детерминант с полиальбумином), как антиген, объясняющий перекрестное участие в иммунных реакциях вирусных антигенов и собственных компонентов клеток печени. Таким образом, стала понятной та трансформация, которую претерпевает патологический процесс при некоторых формах вирусного гепатита В — переход его с инфекционных на аутоиммунные рельсы.

И, наконец, в-четвертых, — это свойство вируса гепатита В образовывать дефектные частицы, лишенные генетического материала (ДНК) и потому не способные к делению. Оказалось, что такие неполные вирусы обладают определенным иммуномодулирующим действием. Например, инфицированные ими клетки менее чувствительны к разрушающему действию лимфоцитов в сравнении с клетками, зараженными стандартными вирусами.

В принципе индивидуально различный иммунный ответ на один и тот же антиген (в том числе, естественно, и на антигены вируса гепатита В) в настоящее время не вызывает сомнения, и причин здесь может быть несколько. Прежде всего, как уже говорилось, это генетическая предопределенность иммунного ответа. Известно, что сила иммунного ответа

на каждый конкретный антиген определяется специальными Ig (immune response)-генами. Индивидуальный анализ Ig-генов — дело будущего, однако уже сейчас можно косвенно прогнозировать силу иммунного ответа на антигенное раздражение. Основаны эти оценки на сцепленности Ig-генов с некоторыми другими генами, фенотипические проявления которых легко установить в клинике. К числу подобных генов относятся прежде всего HLA (human leukocyte antigene) — гены, кодирующие групповую принадлежность лейкоцитов. Уже получены многочисленные доказательства существования корреляции между отдельными HLA-группами и теми или иными клиническими формами вирусного гепатита.

О генетической предопределенности иммунного ответа на антигены вируса гепатита В (и печеночно-специфические антигены) говорят и определенные половые и этнические различия в частоте отдельных клинических форм гепатита. Например, хроническое носительство вируса наблюдается чаще у мужчин, чем у женщин. Молниеносная форма, а также хронический аутоиммунный гепатит с выраженным аутоиммунным компонентом, напротив, свойствен женщинам. Хроническое носительство широко распространено в некоторых странах Юго-Восточной Азии и Африки — до 5—20 % среди населения, тогда как в Европе таких случаев не более 0,5—3 %.

Усиление или ослабление иммунного ответа определяется также приобретенным изменением иммунной реактивности. Наблюдаемая нередко гипореактивность иммунной системы в отношении антигенов вируса гепатита В может иметь различные причины. Наиболее частая из них — привыкание к этим антигенам иммунной системы плода при его развитии в организме матери — носительницы вируса. Известно, что при контакте лимфоцитов плода с каким-либо материнским антигеном в дальнейшем (в течение всей жизни) этот антиген не воспринимается как чужеродный материал — такова ситуация, формирующая существенную долю хронического носительства вируса. Почему это происходит, пока неясно, но ясно, что это так. Иммунная реакция на антигены вируса может понижаться и по другим причинам, например при заболеваниях, угнетающих иммунную систему, под действием иммунодепрессивных средств и пр.

Несколько слов об иммуномодулирующем действии вируса гепатита В. Речь

⁵ Блюгер А. Ф., Елигулашвили Р. К., Сергеева С. М. — Известия АН ЛатССР, 1985, № 6, с. 54.

⁶ Meyer K. zum Büschenfelde, Kössling F., Miescher P. — Clin. exp. Immunol., 1972, № 11, p. 99.

идет о непосредственном участии в развитии гепатита В клеток иммунной системы — лимфоцитов. Мы установили, что в сыворотке крови больных гепатитом В имеются антитела, разрушающие лимфоциты (лимфоцитотоксические). Активность этих антител нейтрализуют антигены вируса (поверхностные и др.) и антитела к ним⁷. Такая же лимфоцитотоксическая реакция именно против этих антигенов, сидящих на лимфоцитах, была экспериментально доказана в 1984 г. рядом зарубежных авторов. С помощью метода молекулярной гибридизации в лимфоцитах больных также была обнаружена ДНК вируса. Размножение возбудителя в лимфоцитах, по-видимому, служит одной из причин подавления активности иммунной системы организма при вирусном гепатите В.

В последнее время показано иммуномодулирующее и прямое цитолитическое действие некоторых известных соучастников патологического процесса при вирусном гепатите В, имеющих вирусную или токсическую природу. Речь идет прежде всего о так называемой дельта-инфекции и алкогольной интоксикации. Возбудитель дельта-инфекции — дельта-агент, открытый в 1977 г. итальянскими учеными М. Рицетто и др.⁸, представляет собой дефектный вирус, состоящий лишь из РНК. Репликация его возможна только в присутствии белковой оболочки (поверхностного антигена) вируса гепатита, что сопровождается массивными некрозами печени. Присутствие дельта-агента резко утяжеляет течение острых форм гепатита, нередко приводит к фатальному исходу. При хронических формах, включая бессимптомные, с присоединением дельта-агента болезнь ускоренно прогрессирует в сторону цирроза и рака печени.

Переменность всех этих многочисленных факторов, относящихся как к вирусу-возбудителю, так и к иммунной системе организма, и определяет многообразие форм инфекционного вирусного гепатита В и хорошо объясняется с позиций вирусно-иммуногенетической концепции патогенеза этого заболевания⁹.

Основное положение концепции заключается в том, что тяжесть и длительность острого гепатита В, а также его исход определяются сложной мозаикой отношений, которые складываются в каждом конкретном случае между различными компонентами вируса и антигенными детерминантами клеток хозяина, с одной стороны, и силы иммунного ответа организма на эти антигены — с другой.

При сильном иммунном ответе на антигены вируса формируется острая циклическая форма гепатита. Ключевую роль эффекторных иммунных реакций при этой форме процесса играют Т-лимфоциты. Они атакуют зараженные вирусом клетки печени, разрушают их, в результате чего вирус удаляется из печени. Исчезновение маркеров инфекции останавливает иммунную реакцию против клеток печени. Затем наступает полное выздоровление и формирование стойкого иммунитета.

Сверхинтенсивная реакция иммунной системы на антигены вируса обуславливают молниеносную форму болезни, при которой образуется избыточное количество противовирусных антител. Поскольку эти антитела быстро связываются с антигенами вируса, обнаружить их в крови таких больных невозможно. Иммунные комплексы антиген-антитело, оседая на мембранах клеток, адсорбируют и активируют цитолитические факторы иммунной системы, в частности комплемент, что и обуславливает повреждение ткани печени. Необычная интенсивность этих процессов, по-видимому, объясняется прежде всего генетическими факторами (сильный генотип иммунного ответа). Усилить патологический процесс, обусловленный этой генетической особенностью, может также и дельта-инфекция, которая вызывает повреждение клеток печени, а затем и их гибель.

Антипод молниеносной формы инфекции — ее хроническая форма, или носительство вируса. Здесь патогенетическую основу патологии составляет гипоактивность иммунной системы (слабый иммунный ответ или его отсутствие) в отношении антигенов вируса. Причинами ее могут быть низкая антигенная чужеродность возбудителя, преобладание дефектных вирусных частиц, слабый генотип иммунного ответа (маркируемый, например, антигеном HLA-B-5) или приобретенный иммунодефицит, связанный, например, с сопутствующими заболеваниями (лейкозы и т. п.); отсутствие иммунного ответа на вирус может быть обусловлено и «привыканием» к его присутствию в

⁷ Блюгер А. Ф., Плетнева Т. П., Векслер Х. М. и др. — Известия АН ЛатвССР, 1985, № 6, с. 85.

⁸ Rizzetto M., Canese M., Orivelli A. et al. — Gut, 1977, № 18, p. 977.

⁹ Блюгер А. Ф., Векслер Х. М. — Сов. медицина, 1973, № 8, с. 79.

организме во внутриутробном периоде развития (как это происходит при передаче вируса от матери плоду во время беременности).

Интересно, что существует несколько типов хронического носительства. В одном случае это может быть классическая инфекция, при которой идет репликация вируса, причем и в клетках печени, и в сыворотке крови присутствуют различные антигенные маркеры его. Это тип — более благоприятный, так как в этом случае формируется иммунитет и организм освобождается от возбудителя. Другой тип носительства, который называют интегративным, принципиально отличается от инфекционного встраиванием ДНК вируса или ее частей в геном клетки хозяина. Этот тип носительства, как правило, бывает очень длительным или пожизненным, причем именно здесь при стечении определенных обстоятельств (действие различных мутагенных факторов) существует опасность онкогенного перерождения инфицированных гепатоцитов¹⁰. Такая форма носительства часто встречается среди жителей внутренних регионов Африки и Азии (Тайвань).

Известно, что реакция иммунной системы на различные антигены различная. Иными словами, при поступлении в организм некоторых антигенов (одновременно или последовательно) сила иммунного ответа на каждый из них может существенно меняться. Подобная «диссоциация» иммунного ответа лежит в основе ряда клинических форм гепатита. Например, при слабом иммунном ответе на антигены вируса и сильном — на антигены клеток печени (липопротеид и др.) возникает хроническая вирусная инфекция с резко выраженным поражением печеночной ткани — хронический активный гепатит. Если при этом в дальнейшем иммунная система в отношении вируса активизируется, организм освобождается от возбудителя. Однако, когда при этом сохраняются высокий уровень сенсибилизации лимфоцитов и высокие титры антител к липопротеиду печени, патологический процесс в печени не прекращается и приобретает автономный, аутоиммунный характер.

Вирусно-иммунологическая концепция патогенеза вирусного гепатита, объясняющая механизмы формирования отдельных

клинических форм этой инфекции, имеет большое практическое значение: она дает врачу ключ к решению ряда важнейших задач.

Во-первых, она позволяет предсказать реальную возможность заболевания вирусным гепатитом В и форму инфекционного процесса. Если сегодня прогностический эффект относительно скромный, ограниченный лишь тестированием по системе HLA, то в будущем, с появлением доступных методов индивидуального анализа Ig-генов, можно будет выделить среди населения группу повышенного риска, состоящую из индивидуумов, склонных к формированию наиболее «злокачественных» форм гепатита В.

Во-вторых, эта концепция позволяет предсказывать исход заболевания в его остром периоде. Это направление интенсивно разрабатывается в нашем Центре. Уже известны некоторые иммунологические критерии (степень функциональной активности лимфоцитов, определенные отношения между их субпопуляциями, выраженность и стабильность сенсибилизации лимфоцитов к липопротеиду печени и др.), учет которых позволяет предсказывать затяжное или хроническое течение инфекции еще в период ее разгара.

В-третьих, вирусно-иммуногенетическая природа гепатита определяет целесообразность иммунной терапии. В этом направлении клиника делает в наши дни лишь первые шаги, но уже сейчас иммунотропные препараты занимают центральное место среди средств лечения некоторых форм вирусного гепатита — прежде всего хронического активного гепатита с выраженным аутоиммунным компонентом.

Наконец, в-четвертых, вирусно-иммуногенетическая концепция показывает пути индивидуальной специфической профилактики вирусного гепатита В, основу которой составляют специфические вакцины и гамма-глобулин. Уже накоплен положительный опыт профилактики заболевания у групп высокого риска заражения: у детей, родившихся от больных матерей, и некоторых других контингентов.

Таким образом, история построения и практика использования вирусно-иммуногенетической концепции патогенеза вирусного гепатита В — еще одно свидетельство — на сей раз на примере учения о вирусных гепатитах — известного в науке факта: широкое теоретическое обобщение служит плодотворной основой для разработки и решения самых насущных практических задач.

¹⁰ Howard C. R. — Immunol. today, 1984, № 5, p. 189.

Информатика: новая страница в исследовании Мирового океана

В. Л. Перчук



Виктор Львович Перчук, доктор технических наук, член Президиума Дальневосточного научного центра АН СССР, директор Института автоматизации и процессов управления ДВНЦ АН СССР, профессор Московского физико-технического института. Основные научные интересы связаны с изучением процессов управления в сложных системах и системным программированием как базой для автоматизации научных исследований.

Прежде чем автор приступит к изложению столь дорогого его уму и сердцу материала, а читатель задумается над тем, стоит ли ему читать статью дальше, или он благополучно проживет и без этого, попробуем сразу внести ясность и определить...

О ЧЕМ ПОЙДЕТ РЕЧЬ

Чтобы понять это, обратимся снова к названию статьи. Итак, статья, во-первых, об информатике — столь популярной ныне науке о современных методах и средствах управления с помощью ЭВМ, о способах сбора, хранения, обработки и воспроизведения информации (поскольку без информации любое управление немислимо). В информатике сегодня используется огромный арсенал, накопленный в прикладной математике: от математической логики до «машинных экспериментов» с привлечением столь сложных математических моделей, что едва под силу мощнейшим суперкомпьютерам с быстродействием, достигающим сотен миллионов операций в секунду. Правда, этой актуальной и интересной теме уже посвящен ряд публикаций в «Природе», поэтому здесь мы почти не затронем ее¹.

Во-вторых, об исследовании океана (который, думается, не нуждается в спе-

циальном представлении) как о сфере применения некоторых достижений информатики, причем, конечно, океана не во всех аспектах, а преимущественно в тех, что интересуют не столько поэтов, сколько океанографов, иными словами, океана как физической системы. Впрочем, стоит нам упомянуть об этом, как сразу же возникает вопрос:

МНОГО ЛИ МЫ ЗНАЕМ ОБ ОКЕАНЕ?

Ответить на этот вопрос не так-то просто. На протяжении всей человеческой истории океан неизменно оставался предметом пристального изучения. Иначе и не могло быть, ведь он служил источником пищи, по нему пролегли пути сообщения между странами. Так что люди, естественно, стремились узнать о нем как можно больше, и в первую очередь об особен-

¹ Полный перечень этих статей занял бы слишком много места, поэтому упомянем лишь некоторые, опубликованные за последний год: Мазин И. И., Максимов Е. Г. Вычислительная физика — новая область науки? — Природа, 1985, № 1, с. 80; Дороницын А. А. Информатика: предмет и задачи (№ 2, с. 26); Стенчиков Г. Л. Математическое моделирование климата (№ 6, с. 39); Марчук Г. И. Математическое моделирование и охрана природы (№ 7, с. 6).

ностях мореплавания в тех или иных его районах, о погодных условиях и их влиянии на лов рыбы. Теплые и холодные течения, а также муссоны отчетливо сказывались на урожае в прибрежных зонах, да и сама погода в этих местах явно зависела от состояния океана. Так постепенно накапливались различные сведения об этом уникальном объекте.

Но, пожалуй, до последнего времени наши знания об океане находились на весьма поверхностном (как в прямом, так и в переносном смыслах слова) уровне. Огромная толща океанских глубин была исследована не более, чем, например, обращенная к нам сторона поверхности Луны. Во всяком случае, рельеф этой части лунной поверхности уже давно не составлял секрета, а гигантские горные хребты и впадины на океаническом дне все еще скрывались от глаз ученых. И лишь когда специалисты получили возможность начать планомерное изучение глубин океана, толщи воды, слагающей его, сложнейших процессов, протекающих в различных его слоях, они поняли, какими отрывочными и недостоверными выглядят все прежние знания об этой грандиозной системе нашей планеты.

Выяснилось, что океан играет определяющую роль в формировании погоды и климата не только в прибрежных районах, но и на всей Земле в целом. Никакие прогнозы погоды или изменений климата невозможны без учета процессов, связывающих между собой океан и атмосферу, без обработки колоссального количества данных о состоянии океана в разных географических точках и на различных глубинах. А для этого необходимо, с одной стороны, иметь множество источников сведений об океане, постоянно следить за изменением параметров, характеризующих его состояние в различных районах, а с другой — уметь собирать и своевременно обрабатывать всю эту массу информации. Иначе говоря, нужна специальная служба слежения за океаном и обработки данных о нем. Эта служба фактически создается на наших глазах.

У нас в стране основным источником информации об океане сегодня служат океанологические экспедиции. Десятки научно-исследовательских судов (НИС) ежегодно бороздят его просторы. Собранные ими материалы обрабатываются и накапливаются в хранилищах информации. Кроме того, специально оборудованные самолеты и искусственные спутники Земли (ИСЗ) постоянно исследуют состояние

его поверхности и передают результаты измерений наземным службам обработки.

Вся эта информация поступает в особые банки данных, откуда она может беспрепятственно заимствоваться специалистами, использующими нужные им сведения в своей работе. Впрочем, надо признаться, что последняя фраза не совсем точно отражает истинное положение вещей. Пока еще такой единой для всего земного шара системы нет. Но она уже зарождается. И в этой статье кратко описаны первые этапы ее становления.

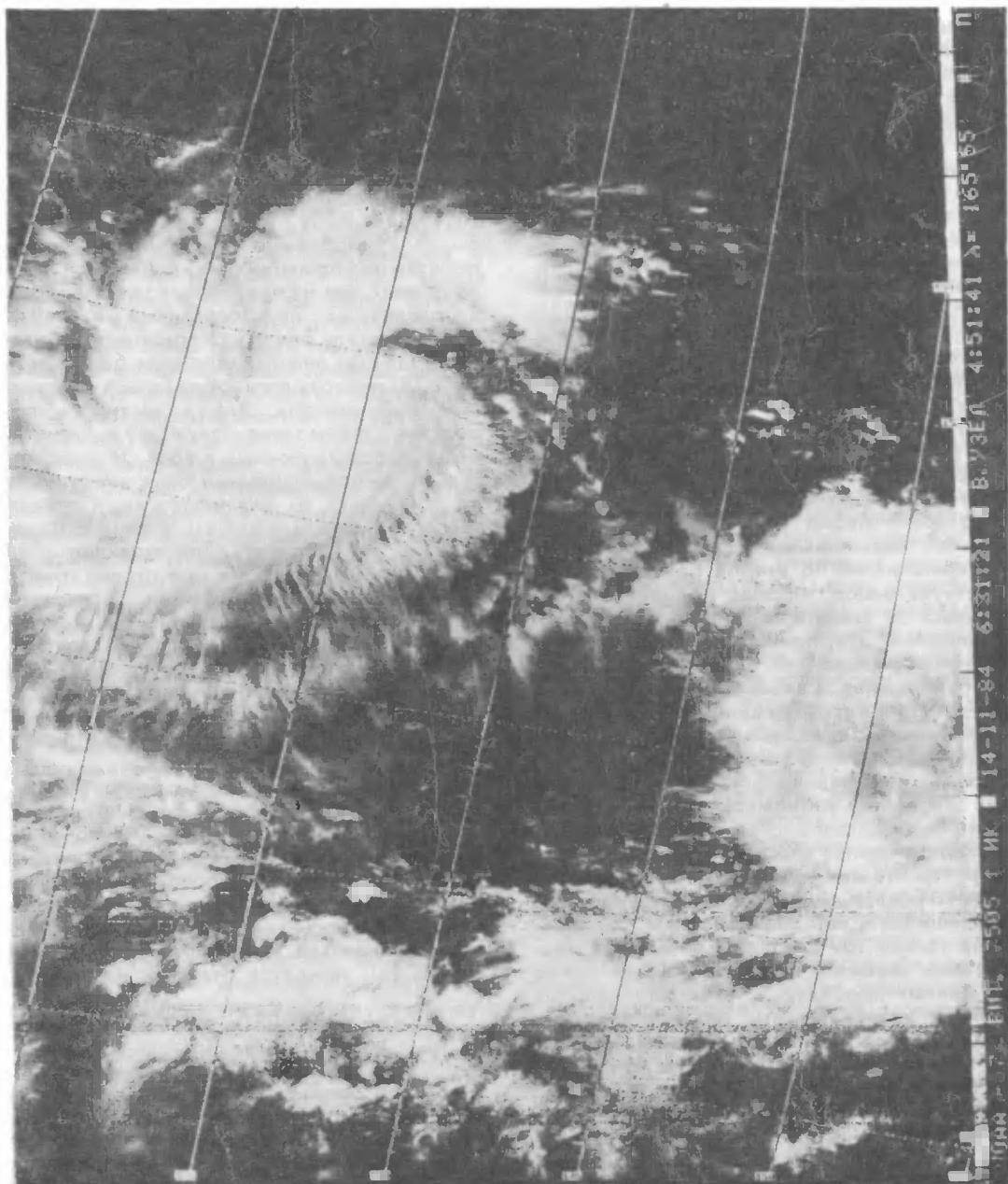
Правда, прежде чем добаться до сути, необходимо уяснить...

ЧТО ТАКОЕ ИНФОРМАЦИОННЫЙ БАНК

Слово «банк» обычно вызывает ассоциации со старинным особняком или зданием в стиле модерн с тяжелыми дверями и неприменной строгой охраной. В недрах его незримо протекают какие-то сложные процессы, плохо понятные не посвященным в таинства финансистов. Поэтому, чтобы создать у читателя нужные представления, обратимся к более доступному учреждению того же типа — сберегательной кассе. Взглянем на нее с несколько непривычной точки зрения.

Какова основная функция сберегательной кассы? Ну, конечно же, хранить деньги — скажет большинство из тех, кто когда-либо пользовался ее услугами. Да и те, кому не довелось испытать этого, наверняка вспомнят бросающийся в глаза плакат с призывом хранить деньги в сберегательной кассе. Так вот, как говорится, весь фокус в том, что деньги в сберегательной кассе, по существу, не хранятся. А что же хранится?

Прежде всего, огромное количество информации. Каждый клиент имеет в сберегательной кассе счет — специальный документ, в котором фиксируется определенная информация. Она меняется, когда вкладчик берет деньги или когда на его счет поступают дополнительные деньги, когда сумма вклада возрастает вследствие начисленных за год процентов и т. д. Периодически сведения о состоянии этого хранилища информации выдаются работникам финансовой службы. Такие сведения подчас заметно отличаются от тех, что доступны клиентам. Ведь специалистов могут интересовать самые различные вещи: какова сумма всех вкладов на данный момент времени, сколько денег в среднем берется клиентами за сутки и т. п.



Снимок с американского спутника NOAA-7 после автоматической обработки аппаратурой, установленной на борту НИС «Академик Королев». В результате такой обработки значительно улучшается качество переданного изображения (устраняются искажения, связанные с облачностью и различными атмосферными помехами), на снимок наносятся координатная сетка (по вертикали откладываются значения широты, по горизонтали — долготы) с требуемым шагом (в данном случае 5°) и точное положение судна (метка в центре), что, в свою очередь, позволяет оценить динамику атмосферных

образований и другие важные океанографические характеристики. Кроме того, указываются наименование спутника и номер витка [7505], на котором производилась съемка, характеристика канала (инфракрасный диапазон спектра), дата (14 ноября 1984 г.) и время (6 ч 31 мин 21 с) съемки, а также другие сведения, необходимые для систематизации данных. Приведенный снимок относится к северо-западной части Тихого океана и интересен тем, что рядом с судном видна зона развитого тайфуна (вихреобразное светлое пятно), размеры которой превышают 1000 км.

В этом примере, несмотря на его специфику, в значительной мере отражены все характерные черты тех систем, которые получили названием информационных банков и чье появление на свет тесно связано с развитием ЭВМ².

Каковы же эти черты? Во-первых, в системе типа сберегательной кассы явно присутствуют три подсистемы: одна — для хранения информации, другая — для управления ею (скажем, выборки нужных данных) и, наконец, третья — для целенаправленной переработки этой информации (например, для ответа на приведенные выше вопросы работников финансовых органов). В первой подсистеме можно выделить основную информационную единицу, имеющую собственную организационную структуру. В рассмотренном случае это счет клиента и еще ряд документов, необходимых самим служащим для учета поступлений и выдачи денег, а также для отчетности перед различными организациями, наделенными соответствующими полномочиями. Во второй подсистеме существует набор типовых процедур, относящихся к работе с информационными единицами. Это, прежде всего, поиск нужной информационной единицы, изменение ее содержания и возвращение ее на свое место. Процедуры изменения содержания информации классифицируются по типу изменения, а также по виду данных, в которых эти изменения производятся. Но для нас это не так уж важно, поскольку такие изменения связаны с характером данных, а сберегательная касса — всего лишь пример, так что нет необходимости подробно анализировать выполняемые операции с хранящейся в ней информацией. Отметим пока только тот факт, что во второй подсистеме имеется конечный набор точно описанных процедур, с помощью которых можно воздействовать на информацию, хранящуюся в первой подсистеме. Примерно таким же образом характеризуется и третья подсистема, в которой осуществляется зависящая от конкретной задачи обработка данных из первой подсистемы после их преобразования второй подсистемой. Наконец, немаловажно, что есть пользователи, заинтересованные во всей этой информации и, стало быть, в деятельности по ее организации. Помимо клиентов, для которых сберегательная касса выполняет ряд нужных функций, бесспорно создавая

определенные удобства, в нашем примере это и сами работники сберегательной кассы, а также представители различных финансовых органов.

Рассмотренный пример позволяет определить понятие информационного банка как совокупности из трех составных частей: системы хранения информации, называемой обычно базой данных (БД); системы управления базой данных (СУБД); системы проблемно-ориентированной обработки информации (как хранящейся в базе данных, так и содержащейся в запросах, направляемых пользователями в банк).

Читатель без труда припомнит и другие примеры информационных банков, куда ему приходилось обращаться в качестве пользователя. Это, в частности, городская справочная служба и другие виды информационных служб. И действительно, информационный банк, по существу, отличается от них немногим. Отличие касается главным образом уровня автоматизации при обработке поступающего на вход системы запроса и подготовке ответа на него на выходе, времени, уходящего на подготовку ответа, его полноты, формы его представления и т. д. Иными словами, степенью использования достижений информатики и эффективностью. Значимость этого отличия для всех сфер человеческой деятельности, думается, трудно переоценить.

Нас же в дальнейшем будет интересовать информационный банк несколько иного типа. Он рассчитан не на обычных пользователей, а на специалистов-океанографов и содержит нужную им информацию, которая выдается в наиболее удобном (например, графическом) виде³. Но чтобы убедиться в необходимости такого банка, нам придется ответить на вопрос:

КАК УПРАВЛЯТЬ ЭКСПЕДИЦИЯМИ?

Уже отмечалось, что новую информацию об океане сегодня в основном поставляют экспедиции на специально оборудованных НИС. Каждая такая экспедиция — довольно дорогое мероприятие. Как же им управлять, чтобы добиться максимальной его эффективности? Парадоксально, но до самого последнего времени об этом даже не задумывались. Правда, экспедиции планируют. Планируют заранее, обычно года за два до выхода.

² Подробнее об этом см.: Борщев В. Б. Банки и базы данных. — Природа, 1982, № 3, с. 64.

³ Воронов А. А., Иванов М. Ф., Перчук В. Л. — Доклады АН СССР, 1984, т. 275, № 3, с. 562.

В процессе планирования задается все: от маршрута экспедиции до координат каждого места остановки судна для выполнения измерений. Планируются глубины, на которые следует опускать измерительные приборы, число ракет и шаров-зондов, запускаемых в стратосферу, количество снимков, которые должны быть получены со спутников. При этом ученые-океанологи, планирующие экспедиции, как правило, располагают некоторой информацией о том, какие экспедиции и в какое время изучали интересующий их район океана. Однако для эффективного планирования экспедиций этого сегодня уже недостаточно. В самом деле, только прямые затраты на каждую океанографическую экспедицию составляют около миллиона рублей, а ежегодно таких экспедиций, организуемых различными ведомствами, — десятки, если не сотни. Поэтому для повышения эффективности экспедиций при их планировании совершенно необходимо располагать полной исторической информацией о данном конкретном участке океана.

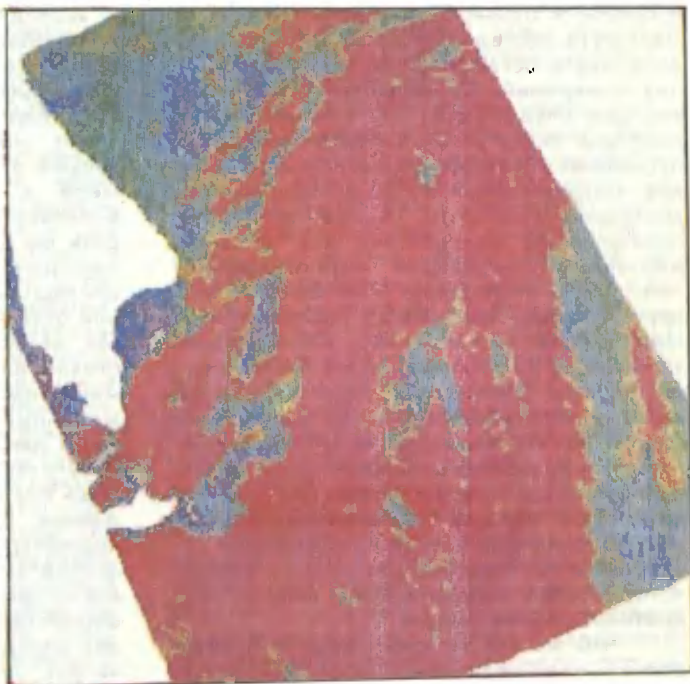
Что же это за информация? Прежде всего — так называемая «освещенность», т. е. набор результатов всех измерений, выполненных предшествующими экспедициями в этом районе на разных глубинах. Эти данные должны сопровождаться датами измерений (что позволит делать выводы о динамике состояния выбранной части океана). Желательно также иметь в распоряжении среднеквадратичные значения параметров, характеризующих состояние океана на данных глубинах и в определенных географических точках (скажем, на обычной географической сетке с шагом от одного до пяти градусов). Еще лучше, если эти данные за период 20—30 лет представлены по месяцам, описывая то, что принято называть «климатом океана». И уж совсем хорошо, когда при планировании экспедиции удастся воспользоваться результатами районирования различных физических полей (распределений тех или иных физических величин, например температуры, плотности, скорости течений и т. д.) для данного участка океана и их классификации по определенным признакам. Могут понадобиться и полученные расчетным путем векторные поля скорости течений на разных глубинах океана, скорости распространения звука и другие параметры, большинство из которых заметно меняется со временем. Этот перечень далеко не исчерпывает все те сведения, которые так или иначе приходится учитывать, если стремиться «как следует» подготовиться

к экспедиции, но дает представление о масштабах необходимых приготовлений вообще и о грандиозности переработки информации в частности.

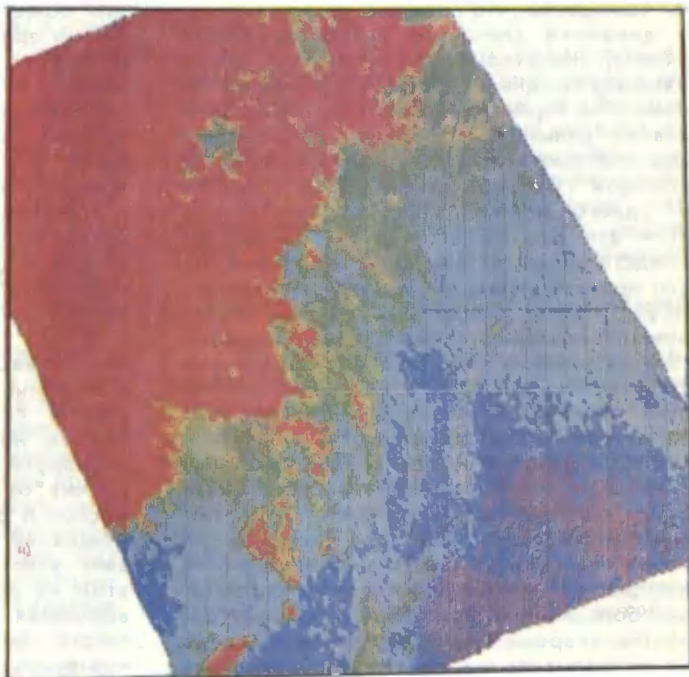
Впрочем, изложенная схема планирования на сегодняшний день выглядит весьма оторванной от жизни, по крайней мере в представлении большей части океанологов. Разве можно всерьез говорить об учете всей этой огромной массы информации, если в распоряжении специалистов находятся только архивы данных или отчеты отдельных экспедиций? Еще не так давно эти архивы действительно состояли из отчетов и представляли собой многотомные фолианты, заполненные измеренными и в какой-то мере обработанными данными. Такая частичная обработка результатов измерений производилась лишь после завершения экспедиций. Затем данные из отчетов стали пробивать на перфокартах и записывать в определенных форматах (способах представления) на магнитные ленты с целью их машинной обработки. Сегодня в мире существуют два международных центра океанографических данных (один — в Вашингтоне, другой — в Обнинске, под Москвой), где скопилось огромное количество информации о Мировом океане. Данные в этих центрах хранятся в форматах, удобных для обмена информацией между центрами, но практически непригодных для океанографической обработки. Для решения задач, связанных с исследованием океана, которое сегодня невозможно без использования современных ЭВМ, нужны именно банки информации. Они одновременно представляют собой информационную базу и мощный инструмент обработки информации, которые должны обеспечить эффективное и целенаправленное планирование океанографических и океанологических экспедиций.

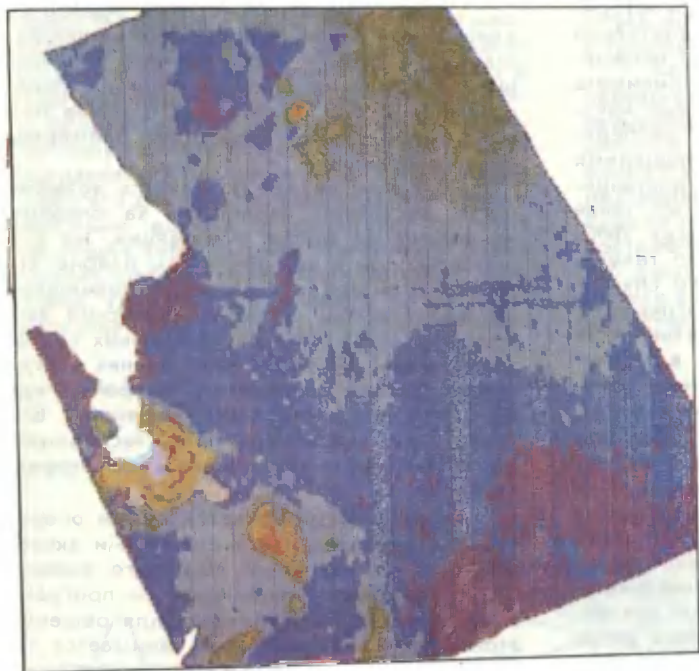
До сих пор речь шла о планировании. Но ведь на самом деле не менее важно и оперативно управлять экспедицией. Представим себе, что в некотором районе океана, не лежащем непосредственно на маршруте НИС, но расположенном неподалеку от него, происходит что-то интересное и достойное изучения (скажем, зарождение нового вихря). Как обидно бывает участникам экспедиции узнавать об этом из других источников уже после завершения работ, особенно если динамика такого явления мало исследована! Ведь повторить его невозможно! Но по заранее составленному плану никакие отклонения экспедиции от заданного маршрута недо-

Один из серии снимков северо-западной части Тихого океана, сделанных с ИСЗ в инфракрасном диапазоне спектра. Принятое изображение «оцифровывается» аппаратурой, установленной на борту научно-исследовательского судна, т. е. представляется не в обычной аналоговой (непрерывной) форме, а в цифровой (дискретной) и воспроизводится в условных цветах (белый соответствует суше, тона от красного до зеленого — облачным образованиям, от голубого до сиреневого — участкам водной поверхности с различными температурами). Как нетрудно оценить по отношению площадей участков, окрашенных в разные цвета, облачностью на снимке закрыто около 75 % поверхности океана.

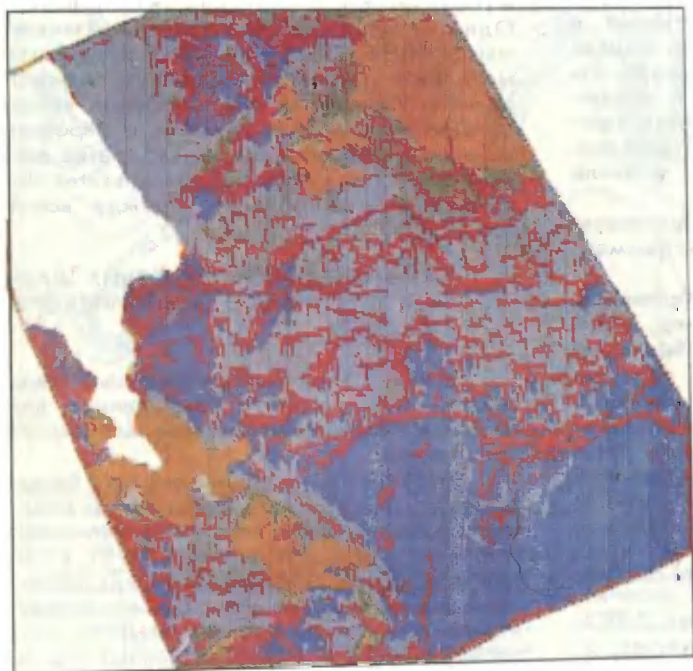


Второй из серии упомянутых снимков. Обозначения те же, что и на предыдущем рисунке. Облачность покрывает примерно 50 % экватори.





Результат монтажа на ЭВМ серии из трех космических снимков одного и того же участка поверхности океана, два из которых приведены на предыдущих рисунках. Благодаря тому что снимки сделаны на разных витках орбиты ИСЗ, иными словами, при разной облачности, при монтаже серии подобных снимков удается избавиться от значительной части облачности (на этом рисунке она занимает уже менее 30 %). Смысл условных цветов тот же, что и на двух предыдущих рисунках.



Результат дальнейшей цифровой обработки на ЭВМ снимка, изображенного на предыдущем рисунке. Зеленоватым цветом отмечены облачные образования, цветами от голубого до сиреневого — участки акватории в порядке возрастания температуры поверхности. Красным цветом подчеркнуты контрасты температуры.

пустимы. Это положение сложилось исторически. Дело в том, что до сравнительно недавнего времени НИС не были оснащены аппаратурой, позволявшей принимать информацию со спутников, которые неизмеримо расширяют «кругозор» экспедиций, наблюдая за огромными площадями поверхности океана с помощью дистанционного зондирования. Сегодня же такая аппаратура имеется почти на всех НИС. Она принимает передаваемую по телевизионному каналу информацию со спутников и выдает ее в виде фотоснимков¹. Однако эффективность использования этой информации пока еще невелика, в частности, из-за того, что у изображений, полученных со спутников, как правило, отсутствует точная географическая привязка, а сами они изрядно «зашумлены» облачностью, атмосферными помехами и т. п. Отчасти поэтому вопрос об оперативном управлении экспедициями с использованием спутниковой информации не только не решался, но и не ставился по-настоящему. Этот вопрос оказывается тесно связанным с возможностями современной аппаратуры для приема и обработки информации от ИСЗ.

Вообразим теперь, что НИС снабжено аппаратурой, которая вводит информацию, полученную со спутника в виде электромагнитных сигналов, непосредственно в ЭВМ, причем не по одному каналу, а сразу по нескольким (скажем, изображения, отснятые на различных частотах в инфракрасном диапазоне спектра). Пусть программное обеспечение ЭВМ, установленной на борту судна, выполняет в числе прочих следующие операции:

производит точную географическую привязку изображений по телеграммам, также переданным со спутника;

устраняет искажения изображений, связанные с облачностью, например, путем поэлементного анализа серии изображений одного и того же района океана, полученных на разных витках орбиты спутника, т. е. при различной облачности;

избавляется от значительной части атмосферных «шумов», обрабатывая ряд по-разному искаженных ими изображений одного и того же участка поверхности океана, отснятых на различных витках орбиты и отличающихся ракурсами съемки;

осуществляет совместную обработку данных измерений, выполненных непосредственно с НИС, и изображений, полученных со спутников (для акватории с поперечником около 2,5 тыс. км), с целью точной температурной калибровки элементов этих изображений.

В таком случае появляется возможность постоянно наблюдать за океаном не только на трассе экспедиции, но и в прилегающем к ней обширном районе. Если же упомянутая аппаратура размещена на флагманском судне комплексной экспедиции, состоящей из нескольких судов, то по меньшей мере одно из них всегда можно быстро направить в тот район, где обнаружено интересное явление, без ущерба для выполнения плана экспедиции, но с заметным повышением ее эффективности.

В этом и заключается смысл оперативного управления комплексными экспедициями по изучению Мирового океана.

Созданием технических и программных средств, необходимых для решения этой важнейшей проблемы, занимается наряду с другими задачами, имеющими большое народнохозяйственное значение, Институт автоматики и процессов управления ДВНЦ АН СССР, расположенный в г. Владивостоке на берегу Тихого океана. Одно из основных направлений, развиваемых в ИАПУ ДВНЦ, посвящено разработке методов и средств оптимального планирования и управления комплексными исследованиями океана в научном и народнохозяйственном аспектах. Ниже кратко рассказывается о некоторых результатах института в этой области. Прежде всего, это...

БАНК ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ТИХОГО И ИНДИЙСКОГО ОКЕАНОВ

Как и всякий информационный банк, созданный в институте банк данных для Тихого и Индийского океанов состоит из трех частей.

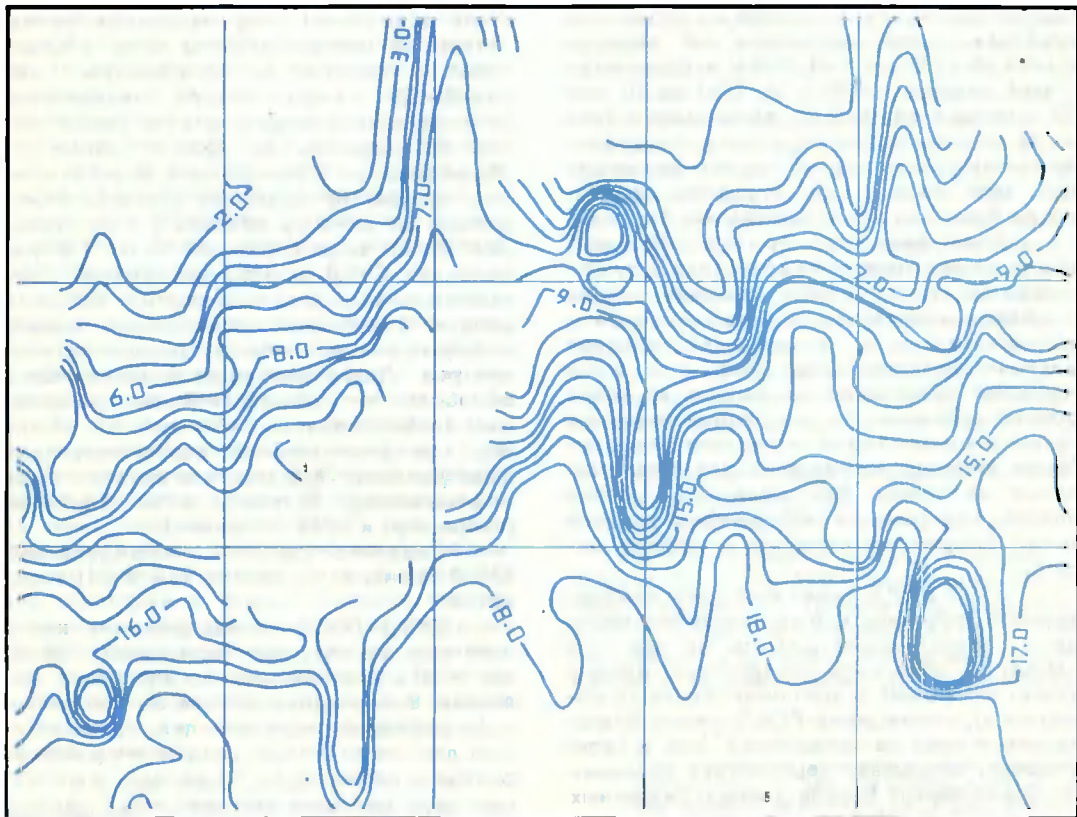
База данных — основа каждого банка. Данные о температуре, солености и химическом составе воды в этой части Мирового океана собраны за период с 1875 г. в Обнинском центре океанографических данных и хранятся в специальном формате международных центров данных (МЦД) на магнитных лентах. В этой базе данных содержатся свыше 3,5 млн величин, полученных в измерениях более чем 4 тыс. экспедиций. Научная ценность их уникальна, а за-

¹ Ярким примером использования информации, принятой со спутников, стала операция по спасению затертого во льдах судна «Михаил Сомов». См. статью З. М. Каневского в этом номере.

траты, связанные с ними, исчисляются миллиардами рублей. Но, как уже отмечалось, форма представления этих данных в виде архивов экспедиций делает их практически недоступными для океанологов. Поэтому прежде всего понадобилось преобразовать эти данные из формата МЦД, удобного для обмена информацией между центрами данных, в форматы, соответствующие типу системы управления базой данных, разработанной в институте, и наиболее удобные для ответов на запросы пользователей. Преобразованные таким об-

разом данные хранятся на магнитных дисках и пригодны для обработки на ЭВМ.

Система управления базой данных океанографического банка относится к так называемому реляционному типу. О реляционной модели базы данных и реляционных СУБД уже подробно рассказывалось на страницах «Природы», поэтому здесь нет смысла заново излагать основные принципы построения этих систем⁵. Отметим лишь, что язык, на котором пользователь обращается к базе данных с помощью средств, предоставляемых ему СУБД реляционного



Распределение средней январской температуры на глубине около 100 м для северо-западной части Тихого океана. Изотермы вычерчены графопостроителем ЭВМ с использованием данных из океанографического банка и программы интерполяции и построения поля температур. По вертикальной и горизонтальной осям с шагом 5° отложены значения географической широты и долготы. Значения температуры (числа в разрывах изолиний) усреднены по времени с 1965 по 1982 г. и по глубине от 85 до 125 м. Отчетливо видна «тонкая структура» (локальные неоднородности) поля температур, выявить которую без обращения к банку данных по меньшей мере затруднительно.

типа, близок к естественному, т. е. прост и удобен для пользователей, незнакомых с программированием, и в то же время полон (дает возможность сделать практически любой запрос). Но реляционные СУБД имеют и недостатки по сравнению с системами управления других типов (иерархическими, сетевыми и т. д.). Основной из них — недостаточное быстродей-

⁵ См. сноску 2.

ствии. Поэтому исследования, проведенные в институте, преследовали главным образом цель повышения быстродействия системы. Это оказалось возможным с помощью специальных преобразователей форматов представления данных в процессе вычисления, которые удалось программно реализовать в разработанной институтом СУБД ЛОРД (локальная обработка реляционных данных) — второй подсистеме информационного банка океанографических данных. Интересно, что на «экзамене», устроенном межведомственной комиссией, принимавшей этот банк, было предложено вычислить климат северо-западной части Тихого океана на различных глубинах и его изменения по месяцам с 1965 по 1982 г. СУБД ЛОРД «справилась» с этой задачей на ЭВМ ЕС 1061 за 10 мин 47 с (время для СУБД реляционного типа и на машинах такого класса беспрецедентное)! Отметим попутно, что для решения этой задачи при архивной организации базы данных понадобились бы годы.

Даже один этот пример позволяет сделать предположение о том, что будущее информационных банков связано именно с реляционной моделью, «обращенной к пользователю» и в меньшей степени учитывающей «интересы ЭВМ», т. е. оптимизацию представления данных «с точки зрения машины». Не случайно в японском проекте компьютеров пятого поколения выбрана именно эта модель для представления не только баз данных, но и баз знаний, содержащих информацию другого типа, которая не сводится к набору чисел⁶.

СУБД ЛОРД имеет еще одну немаловажную особенность. В ней заложены принципы, позволяющие развить ее так, что наряду с локальной обработкой данных станет возможна и распределенная (к сожалению, сокращение РОРД менее благозвучно и пока не прижилось). Это, в свою очередь, открывает перспективу создания распределенных банков данных, связанных между собой⁷. Поясним, о чем идет речь опять-таки на конкретном примере.

Предположим, что банк данных по Мировому океану распределен следующим образом:

Атлантический океан «сосредоточен» на базе одного из вычислительных центров Москвы;

Северный Ледовитый океан и Балтийское море — в Ленинграде;

Черное и Средиземное моря — в Одессе;

Тихий и Индийский океаны — во Владивостоке и т. д. (принцип распределения — частота запросов пользователей соответствующего географического района).

Для решения некоторых задач может потребоваться получить данные одновременно из нескольких банков. Чтобы это стало возможным, перечисленные вычислительные центры должны быть объединены в единую вычислительную сеть, подобную междугородной телефонной сети или единой энергосистеме. В этом случае пользователь со своего терминала обращается не в конкретные вычислительные центры (о принципе распределения данных он знать не обязан), а в центральный пункт вычислительной сети. Распределенная СУБД обрабатывает запрос, сама свяжется с соответствующими банками данных и соберет необходимый массив информации на одном из вычислительных центров. Далее этот массив может быть обработан по океанологическим программам (либо целиком, либо частями на тех ВЦ, где расположены соответствующие базы данных). Пользователь получит лишь окончательный результат этой обработки (например, в виде графиков).

Создание такой распределенной СУБД планируется институтом в XII пятилетке.

СУБД ЛОРД может работать как в пакетном (с участием операторов ЭВМ), так и в интерактивном (диалоговом) режимах. В последнем случае пользователь, сидя перед экраном дисплея, просматривает данные по интересующим его районам океана и отбирает их по своему усмотрению для решения той или иной задачи. СУБД реагирует на каждый запрос пользователя практически мгновенно.

В заключение отметим, что СУБД ЛОРД вовсе не так уж узко специализирована, как может показаться на первый взгляд. Ее возможности отнюдь не исчерпываются океанографией. Используя ее в качестве составной части, можно построить любые другие банки научных данных, содержащие численную информацию. Потребуются только своя база данных и специальная проблемно-ориентированная система обработки информации, предназна-

⁶ Поспелов Д. А. Вычислительные машины становятся интеллектуальными. — Природа, 1985, № 4, с. 28.

⁷ Перчук В. Л. О задаче создания распределенного банка океанографических данных. — В сб.: Тез. докл. межд. симп. «Создание банков геофизических данных». М., 1982, с. 31.

ченная для иного класса задач (скажем, астрономии или геофизики).

Проблемно-ориентированная система обработки информации представлена набором программ (в данном случае океанографических), обобщающих нужную пользователю информацию до соответствующего проблемного уровня.

Пусть, например, пользователя интересуют квадратные участки со сторонами 5° в определенной части океана на глубинах 0, 100, 500 и 1000 м. Для проведения расчетов ему необходимо знать среднее значение температуры в каждом квадрате за январь месяц на протяжении 25 лет. Данные же для упомянутых глубин, имеющиеся в банке, распределены неравномерно. Тогда понадобится вычислить средне-квадратичную температуру с учетом такой неравномерности, т. е. для каждых двух значений температуры в данном квадрате и на данной глубине найти среднее, которое затем будет использоваться при последующей обработке. Для этого в третьей подсистеме банка имеются соответствующие программы.

В эту подсистему включены и программы для определения скорости распространения звука на заданной глубине, для выделения фронтальных зон, для построения различных изолиний и т. д. К ней же относятся и программы связи со специализированными пакетами прикладных программ, используемыми при решении конкретных задач. В частности, один из таких пакетов (ДИСТРИКТ) предназначен для районирования различных физических полей в океане, т. е. разделения его акватории с определенными географическими координатами на однородные по некоторым признакам участки для того или иного промежутка времени. Работать с пакетом прикладных программ можно в диалоговом режиме, используя графический дисплей.

В конце этого раздела кратко затронем вопрос о критическом контроле обрабатываемой информации. Дело в том, что при «ручном» преобразовании данных (записи в журналы наблюдений, перенос на перфокарты и магнитные ленты) в них накапливаются ошибки⁸. А банк с ошибка-

ми в данных в значительной мере теряет свою ценность. Поэтому возникает необходимость контроля данных, уже содержащихся в базе данных или заносимых в нее. Для этого в третьей подсистеме банка существует комплекс программ критического контроля. Пользователю предоставлена возможность выбора любого из критериев контроля, разбитых на 15 уровней. Первый уровень соответствует наиболее грубым ошибкам (скажем, значение температуры на поверхности океана оказалось равным 50 °С). Далее степень грубости ошибок постепенно снижается, а сравнительный расчет для выявления возможных ошибок производится методом интерполяции. Тем самым пользователь, не внося никаких изменений в базу данных, может исключить ошибки из набора данных, используемого им в процессе вычислений, с точностью, определяемой принятым им критерием. Такой гибкий и эффективный инструмент для устранения ошибок оказался весьма удобным при решении самых разнообразных океанологических задач.

Как видно из изложенного, банк обладает огромными возможностями, позволяющими значительно интенсифицировать исследования океана и применение их результатов в народном хозяйстве⁹. Но для эффективного управления этими исследованиями необходим и соответствующий...

СУДОВОЙ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

В ИАПУ ДВНЦ создан и введен в эксплуатацию на НИС «Академик Королев» программно-технический комплекс ДИСТЕРМ, предназначенный для обработки получаемой в процессе экспедиции информации и ее накопления для банка океа-

⁸ Даже при автоматической регистрации результатов измерений на магнитную ленту непосредственно от датчиков с использованием установленных на борту НИС компьютеров ошибки не исключены из-за возможной раскалибровки приборов.

⁹ Во избежание возможных недоразумений подчеркнем, что здесь изложены, конечно, не все аспекты использования банка океанографических данных. Мы коснулись лишь самых простых и, так сказать, сулящих очевидные выгоды сторон его применения. Банк — это не только всеобъемлющий «справочник», а в ряде случаев единственный источник данных для тех или иных расчетов, но и мощный инструмент исследования, позволяющий, например, выявлять весьма сложные и «скрытые» в огромной массе информации пространственно-временные связи между различными параметрами, характеризующими состояние океана, и тем самым проверять существующие и строить новые математические модели, проводить целенаправленные вычислительные эксперименты и т. д. Рассказ обо всем этом выходит далеко за рамки журнальной статьи.

нографических данных. Технически комплекс состоит из системы ЭВМ, разделяемой на три уровня. ЭВМ различных уровней соединены между собой специальным устройством связи. Относящиеся к нижнему уровню микрокомпьютеры «Электроника-60» связаны с измерительными приборами, оснащены дисплеями и представляют собой рабочие места для гидрологов, метеорологов и аэрологов. ЭВМ нижнего уровня осуществляют сбор, первичную переработку и передачу информации в ЭВМ СМ-4, принадлежащую следующему уровню системы. Эта ЭВМ снабжена СУБД реляционного типа, совместимой как по форме представления данных, так и по входному языку с СУБД ЛОРД, используемой в океанографическом банке. Такая СУБД позволяет создать оперативный судово-банк, состоящий из собранных в процессе экспедиционных измерений океанографических, метеорологических и аэрологических данных, а также из информации, содержащейся в метеотелеграммах, полученных с находящихся в данном районе других судов. Совместная обработка «спутниковой» информации и информации, накопленной в оперативной базе данных, дает возможность регулярно получать на ЭВМ СМ-4 мгновенные, а также пентадные и декадные (усредненные за 5 и 10 дней) карты распределения температуры на поверхности океана в исследуемом районе и выводить их в виде отпечатанных графиков. На ЭВМ высшего уровня ЕС-1022 реализована усеченная версия пакета прикладных программ ДИСТРИКТ, позволяющая производить оперативное районирование различных физических полей на исследуемом участке океана, а также записывать информацию на магнитные ленты в форматах МЦД для передачи ее в Обнинский центр океанографических данных и в банк данных для Тихого и Индийского океанов.

Таким образом, в комплексе ДИСТЕРМ заложены информационные основы для оперативного управления комплексными океанологическими экспедициями. Для эффективного же планирования таких экспедиций информационной базой станет имеющийся банк океанографических данных по Тихому и Индийскому океанам или любой другой аналогичный банк, создание которого на соответствующей базе данных при использовании СУБД ЛОРД и существующего проблемно-ориентированного комплекса океанографических программ не представляет каких-либо трудностей (по крайней мере, научных).

Подводя итоги, наметим...

НЕКОТОРЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

О развитии в будущем океанографических банков уже говорилось. Добавим лишь, что для эффективного исследования чрезвычайно сложных процессов взаимодействия в системе «океан — атмосфера», определяющих климат земного шара, безусловно, необходимы банки исторических данных по метеорологии и аэрологии, в качестве системы управления информацией в которых, как уже отмечалось, могла бы выступать СУБД ЛОРД. Будем надеяться, что создание таких банков — дело недалекого будущего.

Значительному совершенствованию подвергнется и комплекс судовых программно-технических средств. Так, в разработанном институтом комплексе ДИСТЕРМ уже в этой пятилетке предполагается заменить трехуровневую систему обработки информации двухуровневой, в которой вместо ЭВМ СМ-4 и ЕС-1022 будут использованы супермини-ЭВМ следующего поколения. Все задачи, связанные с полной оперативной обработкой информации (в том числе и принятой со спутников), станут решаться на таких компьютерах. Информация со спутников будет приниматься не только в аналоговом, но и в цифровом (дискретном) виде и сразу по многим каналам, что позволит тщательно анализировать состояние приповерхностного слоя атмосферы (характеристики ветра, насыщенность влагой и т. д.).

Станет реальностью и оперативная связь между комплексными экспедициями и береговыми центрами обработки данных, включенными в единую вычислительную сеть, а также оперативная передача обработанных аэрокосмических изображений по телевизионным каналам связи между вычислительными центрами, расположенными в различных районах страны.

*

Этот далеко не полный перечень возможностей, предоставляемых информатикой, конечно же, применим ко многим направлениям научных исследований. На наших глазах создается новый мощный инструмент, который коренным образом изменит и эффективность научного поиска, и сам его механизм.



Народный парк Узбекистана

Л. А. Алибеков



Лапас Алибекович Алибеков, кандидат географических наук, заведующий кафедрой физической географии Самаркандского государственного университета. Научные интересы связаны с изучением физико-географических процессов взаимодействия горных и равнинных территорий, а также с разработкой проблем рационального природопользования в горных районах Среднеазиатского региона. Автор семи монографий, в том числе: Ландшафты и типы земель Зеравшанских гор и прилегающих равнин. Ташкент, 1982; Космические методы географических исследований. Ташкент, 1984; Охрана ландшафтов. Ташкент, 1985.

Среди различных форм охраняемых территорий важное место принадлежит национальным паркам. Призванные охранять типичные или редкие экосистемы, защищать местную фауну и флору, национальные парки в то же время служат местом строго регламентированного отдыха и туризма.

В нашей стране первый национальный парк «Лохеаа» был организован в 1972 г. в Эстонии, а к концу 70-х годов их насчитывалось пять. Однако ни единого, устоявшегося определения, ни даже просто строго названия у них еще не было. Пример тому — первое подобного рода природоохранное учреждение в Средней Азии — народный парк Узбекистана.

Созданный в феврале 1978 г. в Зааминском районе Джизакской области, в 150 км восточнее Самарканда, некоторое время он именовался Зааминским интернациональным парком, поскольку развитый здесь горный туризм привлекал не только население Узбекской ССР, но и всей нашей страны. Сейчас за этим парком устоялось название народного. О его природе, решаемых в нем задачах и проблемах и пойдет речь в данной статье.

Территория народного парка Узбекистана — это Зааминские горы, северные отроги западной части Туркестанского хреб-

та, входящие в горную систему Памиро-Алая. Зааминские горы невысоки: от 1000 м над ур. м. на севере до 4030 м на юге. На их вершинах не лежат шапки вечных снегов, нет ни одного ледника, но и без них контрастные пейзажи оставляют незабываемое впечатление. Мягкие округлые формы холмистых гряд низкогогорья (до 2000 м над ур. м.) с их пологими волнистыми склонами расчленены густой сетью неглубоких ложбин и обрывистых оврагов.

Основную часть территории парка занимает среднегорье (2000—2600 м над ур. м.). Здесь многочисленные хребты чередуются с узкими и глубокими, иногда до 700 м, каньонообразными ущельями. На крутых скалистых склонах среднегорья — причудливые формы, созданные ветром, много гротов, ниш и пещер, вымытых подземными водами.

Верхний ярус — высокогорье — начинается с 2600 м над ур. м. Это цепь отдельных скал, приподнятых над единой уплощенной поверхностью. Волнисто-ломаный профиль гребня Туркестанского хребта образован зубчатыми пиками и широкими седловинами. Склоны гор, как правило, тоже крутые, а некоторые и обрывистые. Здесь нет современных ледников, но сохранились следы древнего



Арча в нижней части плато Сула.

Дорога через парк. Вдали видны
отроги Туркестанского хребта.

Урочище Кыркыз.

Степь нижнего яруса Заминских
гор.



оледенения в виде каров (нишеобразных углублений в верхней части горных склонов с крутыми отвесными стенками и пологим дном) и ригелей (поперечных скалистых порогов, пересекающих ледниковую долину).

Один из красивейших ландшафтов парка — плато Супа в верховьях р. Зааминсу. Расположенное на высотах 2300—2500 м над ур. м. в виде двух ярусов, плато с пологой волнистой поверхностью испещрено гротами и открытыми пещерами. Особую живописность ему придает ущелье, в которое прорывается р. Кульсай. Скалистые, а в нижней части отвесные борта ущелья достигают 300—400 м, и Кульсай едва видна сверху.

Такие пейзажи с узкими, удивительно красивыми ущельями и многочисленными водопадами, шум которых обычно едва доносится из глубины, не редкий, а обычный тип ландшафтов внешней полосы среднегорья. И все же есть среди них одно удивительное место — ущелье Чортанги: здесь на четыре стороны расходятся четыре еще более глубоких ущелья со многими небольшими водопадами.

На территории народного парка контрасты не только ландшафты, здешний климат тоже нельзя назвать однообразным. Его континентальный характер обусловлен тем, что территория парка с севера открыта, а путь движущимся с юга и юго-востока воздушным массам преграждает, как мощный барьер, Туркестанский хребет. Средняя температура января в нижней части парка составляет $-2,9^{\circ}\text{C}$, в среднегорье $-5,4^{\circ}$ в высокогорье -9° (зато в феврале здесь $-8,4^{\circ}$); в июле в этих же горных ярусах средняя температура $+23,3^{\circ}$, $+16,2^{\circ}$ и $+11^{\circ}$, соответственно. Продолжительность безморозного периода в низкогорье составляет около 170 дней, в среднегорье около 135 и менее 100 дней в верхнем поясе гор. Сезонные колебания температуры особенно контрастны в среднем и верхнем ярусах. В январе здесь бывают морозы до 34°C , а в июле, самом жарком месяце года, температура поднимается до $+40^{\circ}$. Однако и в июле иногда случаются заморозки до -2° , а в декабре воздух прогревается до $+22^{\circ}$.

Большая часть осадков приходится на холодный период. Засушливое лето в нижнем ярусе длится обычно около 4 месяцев — с июня по сентябрь, а в среднем ярусе засуха наступает на месяц позже. Во время таяния обильных снегов и после

сильных дождей по долинам время от времени проходят сели, но они не носят катастрофического характера, как в других горных районах Средней Азии.

В народном парке Узбекистана разнообразием славятся не только пейзажи, пожалуй, не менее разнообразны и горные породы. Северные хребты Памиро-Алая относятся к зоне герцинской складчатости, совокупность тектонических процессов которой проявлялась во второй половине палеозойской эры, а современный рельеф сформировался в результате новейших неоген-четвертичных поднятий.

Отложения нижнего яруса — это в основном карбонатные породы палеозоя: песчаники, известняки и сланцы, почти сплошь перекрытые лессовидными суглинками.

Средний ярус Зааминских гор, как и низкогорье, сложен осадочными метаморфическими палеозойскими породами, но здесь встречаются и включения гранитов и диоритов. Рельеф среднегорья, безусловно, связан с составом пород: склоны, образованные рыхлыми отложениями (песчаниками и сланцами), как правило, пологи, зато известняковые склоны обычно обрывисты и даже отвесны.

Зубчатые пики высокогорья сложены известняками и сланцами, перевалы приурочены к выходам сланцев.

Удивительную геоморфологическую картину являют собой ущелья, в обрывах которых обнажены горные породы разного состава и возраста. Почти полстолетия назад геолог А. П. Марковский так писал о слагающих Зааминские горы породах: «... в пределах данной части Туркестанского хребта находится исключительный по разнообразию своего строения Кызыл-Мазарский район, где на площади в 400 км^2 имеются все толщи от кембрия до верхних горизонтов палеозоя включительно, а также палеоген и неоген. Это — одно из интереснейших мест западной части Алайской горной системы»¹. Именно таковы ущелья Чортанги, Шариллак, Кашкасай, Кызылмазар, Урюкли и многие другие. Подобные ущелья с полным основанием можно считать своеобразными памятниками геологической истории Земли.

В откосах ущелий Супа и Кульсай изучавший Зааминские горы географ

¹ Марковский А. П. Западная часть Туркестанского хребта. — В кн.: Геология Узбекской ССР, т. II. М. — Л., 1937, с. 12.



Карровое поле с бороздчатыми и лунковыми формами.

Н. А. Гвоздецкий описал карровые поля (начальная стадия развития карста) с бороздчатыми и лунковыми формами, которые, разветвляясь и соединяясь, переходят на отвесных бортах в довольно редкие для нетропических областей стеновые карры².

В настоящее время процесс разрушения Зааминских гор продолжается. Образовавшийся за счет физического выветривания материал сносится нивальными, лавинными, обвальными, осыпными и другими процессами. Как результат былых выветриваний стоит в верховьях р. Кульсай в урочище Кырккыз (Сорок девушек) скопление вертикальных столбов причудливой формы, напоминающей человеческие фигуры.

Своеобразие и сложность физико-географических условий, климатические различия каждого пояса обуславливают разнообразие и богатство растительного покрова, тип которого определяется, кроме

того, абсолютной высотой местности и ее экспозицией.

В нижнем поясе с его более теплым и сухим по сравнению с другими ярусами климатом преобладают темные сероземы, на которых сформировалась растительность сухих степей. Покров этих степей образован в основном узколиственными злаками с плотной дерниной — пыреем, мятликом, осокой. В качестве примесей повсеместно встречается разнотравье из зизифоры, астры, горечавки, скабиозы. Здесь же, в степях, растут разные виды лука, мака, тюльпана, эремуруса, некоторые зонтичные, а также колючие травы, например кузиния.

Чередование типов растительных сообществ связано с дифференцированностью ландшафтов. Так, на плоских участках между речными долинами среди разнотравья всегда растет пырей; на более сухих и крутых (обычно южных) склонах травянистый покров разрежен, на каменистых участках в петрофитном разнотравье попадаются колючие травы, а на более увлажненных отлогих (как правило, северных) склонах сообщества из пырея и разнотравья кое-где сменяются «розариями» — зарослями шиповника, барбариса, жимолости.

Еще более значительное, чем в низкогорье, многообразие форм и эле-

² Гвоздецкий Н. А. Карст. М., 1981.



Центральноазиатский горный козел.

Белоголовый сип.



ментов рельефа средней части Зааминских гор создает пестроту микроклиматических условий, характеристик стока, почв и, естественно, растительных сообществ. Но преобладают здесь, на типичных горных коричневых и горно-степных почвах с мощным гумусовым слоем, редколесья и леса из арчи — древовидного можжевельника. Их участки чередуются с обширными пространствами горных степей из типчака. Во втором ярусе арчовников кое-где появляются клен и рябина, в подлеске — жимолость, барбарис, миндаль колючий, а шиповник часто образует сплошные заросли.

Растительность безлесных пространств, полей и прогалин похожа на растительность низкогогорья. Основной тип этих растительных сообществ — типчаковые степи с примесью разнотравья, костром и мятликом (на более влажных участках) или пыреем, полынью и ковылем (на более сухих). Известняковое среднегорье — долины рек и верховья многих ручьев, а также места выхода грунтовых вод и карстовых источников — это так называемые сазовые луга, весьма своеобразные, вообще говоря, межзональные сообщества растений. Влаголюбивые осоки, ситник, вейник, клевер и некоторые дру-

гие растения покрывают такие участки высоким изумрудным ковром.

Из 27 видов млекопитающих и 90 видов птиц, которые встречаются на северных склонах Туркестанского хребта, на территории народного парка Узбекистана обитает 18 и 70 видов соответственно.

Большинство животных низкогогорья встречаются также и на равнинах вне территории парка, и в других поясах Зааминских гор. Пожалуй, только дикобраз, туркестанскую крысу и некоторых пресмыкающихся (горную агаму, туркестанского геккона, щитомордника, разноцветного полоза) и птиц (зеленушку, горную овсянку, перепела, полевого жаворонка) можно считать более или менее типичными именно для низкогогорного пояса.

Фауна среднегорья с его разнообразным рельефом и ландшафтами богаче других поясов. Особенно много здесь млекопитающих (кабан, тьянь-шаньский бурый, или белоголовый, медведь, лисица, перевязка, волк, ферганский горноста, заяц-толай, туркестанская рысь и др.) и птиц (арчовый дубонос, туркестанский вяхирь, степная пустельга, синица хохлатая, куропатка каменная, скворцы, черный аист). Из пресмыкающихся встречаются



Каменная куропатка.

Перевязка.



желтопузик, гюрза, щитомордник. В ручьях и речках обитает рыба маринка.

Животный мир суровых каменистых ландшафтов субальпийского пояса не столь богат и разнообразен. Из млекопитающих здесь водятся снежный барс, или ирбис, сибирский козел, дикий таджикский баран, белокоготный медведь и волк (в летнее время), а из птиц — беркут, гималайский улар, куропатка каменная, воробей каменный, скалистый поползень.

★

Итак, территория Зааминского народного парка — это регион уникальных ландшафтов, флористического, фаунистического, геоморфологического своеобразия. Разработать комплексные природоохранные меры, которые позволили бы сберечь все это богатство, — одна из главных задач народного парка. Другая не менее важная и тесно связанная с ней задача — сохранить арчевые леса. Эта цель была поставлена при организации парка, поэтому центральным ядром его стала территория Зааминского горного лесного заповедника.

Арчевники составляют основу горных лесов Средней Азии. 1—2 тысячелетия назад они почти сплошь покрывали сред-

негорье Южного Тянь-Шаня и Северного Памиро-Алая. Испокон веков народы Средней Азии использовали арчу как ценное строительное и поделочное сырье, из нее изготавливали лекарственные препараты, но больше всего заготавливали на топливо. В результате, от некогда сплошного пояса арчевников среднегорий уже к началу нынешнего века на территории современных среднеазиатских республик и Казахстана сохранилось немногим более 1,5 млн га арчевых лесов. Сведение арчи продолжалось и впоследствии: только с 1949 по 1974 г. она была вырублена на площади 711 тыс. га. В настоящее время арчевники занимают 574,1 тыс. га, или 52 % площади всех горных лесов Средней Азии.

Сведению арчи содействовало шедшее параллельно расширение отгонных пастбищ, которые создавались и в самих арчевых массивах. Известно, что самый большой ущерб растительному покрову наносит выпас мелкого рогатого скота. Так, козы, съедающие все без разбора, выдергивают с корнем растения, и естественное возобновление становится невозможным. Перевыпас привел к деградации ландшафтов за счет ухудшения почвенного покрова и ослабления сопротивляемости деревьев различным вредителям. Кстати,

таких вредителей у арчи немало: самый злостный из них — арчовый семеед, который повреждает шишко-ягоды; немного менее вредны арчовая златка, усач, лубоед, заселяющие ослабленные или больные деревья, и гриб трутовик, который повреждает центральную часть ствола.

Поскольку пасущийся скот, кроме того, вытаптывает травяной покров и уплотняет почву, создаются неблагоприятные экологические условия для прорастания семян и роста нежных молодых побегов. В результате на больших площадях самовосстановление арчи фактически полностью приостанавливается.

К сожалению, деградация арчовых лесов не прекращается и по сей день, а последствия обезлесения горных склонов проявляются все заметнее. Ведь укоренявшаяся почти повсюду арча прочно скрепляла корнями тонкий почвенный слой даже на очень крутых горных склонах. Цепь последствий, вызванных сведением арчи проста: на оголенных склонах усиливается плоскостной и струйчатый смыл поверхностного слоя, затем эрозия ускоряется и распространяется, чаще сходят лавины и сели и, в конце концов, возникают крупные обвалы и громадные оползни. Возрастает размер зон механического влияния гор на прилегающие равнины. Мелкозем начинает выноситься с гор не только по каналам горизонтальных связей — долинам водотоков, снос усиливается по всему фронту стыка горных и равнинных ландшафтов, измеряемому тысячами километров. Огромные массы мелкозема накапливаются в предгорных равнинах и погребают плодородные почвы.

Обезлесение гор — это мощный фактор аридизации Среднеазиатского района. Нарушение исторически сложившейся взаимосвязи между горными и равнинными территориями привело к усилению опустынивания равнин, эфемеризации предгорий, остепнению нижних и средних частей гор, к перераспределению материала литосферы в системе горы — равнины, сокращению площади ледников. На оголенных склонах их каменистый субстрат сильно нагревается в знойные летние месяцы и вызывает интенсивное таяние снегов и льдов высокогорий. Уменьшение ледников оставляет без орошения многие склоны, прежде питавшиеся их водами, вызывает торжество степных ксерофитов над луговыми растениями.

Так подробно здесь описана проблема арчи, характерная для горных районов Средней Азии, потому, что ее решением

занимаются и в народном парке. Единственная перспектива решить проблему арчи — это разработать и осуществить действенные меры по сохранению имеющегося фонда арчовников и искусственно восстановить арчовые леса. И то и другое связано с большими трудностями.

Трудности охраны в первую очередь обусловлены необходимостью иметь отгонные пастбища. Постоянно расширять их площадь за счет горных арчовых массивов, значит продолжать бездумное уничтожение этой ценной во многих отношениях породы, способствовать возникновению крайне неблагоприятных экологических последствий.

Приостановить развитие этой тенденции можно, если ввести оборот пастбищ (подобно тому, как используются севообороты для восстановления плодородия земли) и, определив их емкость, установить и строго соблюдать норму выпаса. Казалось бы, забота о пастбищах не имеет отношения к народному парку. На самом деле, это далеко не так; на территории, ставшей в 1978 г. народным парком, всегда выпасали овец и коз, выпас продолжался и после 1978 г., было лишь ограничено до 12 тыс. их количество.

Для восстановления арчовых лесов необходимы специальные исследования по биологии и экологии арчи, чтобы совершенствовать уже существующие методы искусственного размножения и выращивания ее в разных экологических условиях. Именно эти два направления в изучении арчи признаны основными в научной и экспериментальной деятельности Зааминского народного парка. Работа по изучению и восстановлению древесных пород, в основном арчи, была начата еще в 1928 г. сотрудниками Среднеазиатского научно-исследовательского института лесного хозяйства. Для этого был организован Кульсайский опорный пункт, который существует и поныне (его территория входит в состав владений народного парка). Сейчас на опорном пункте удается выращивать сеянцы арчи, которые затем высаживаются на террасированных склонах. Таких искусственных насаждений на безлесных склонах Кульсая уже 200 га.

Сейчас в народном парке арчовых лесов еще достаточно много, растут там три вида арчи: зеравшанская (*Juniperus seravschanica*), полушаровидная (*J. semiglobosa*) и туркестанская (*J. turkestanica*). Нередко каждая из них формирует самостоятельные пояса, поскольку виды различаются экологическими требованиями. Так,



Каменные нагромождения в долине р. Кульсай. На заднем плане видны редкие для нетропических зон стелющиеся карры.

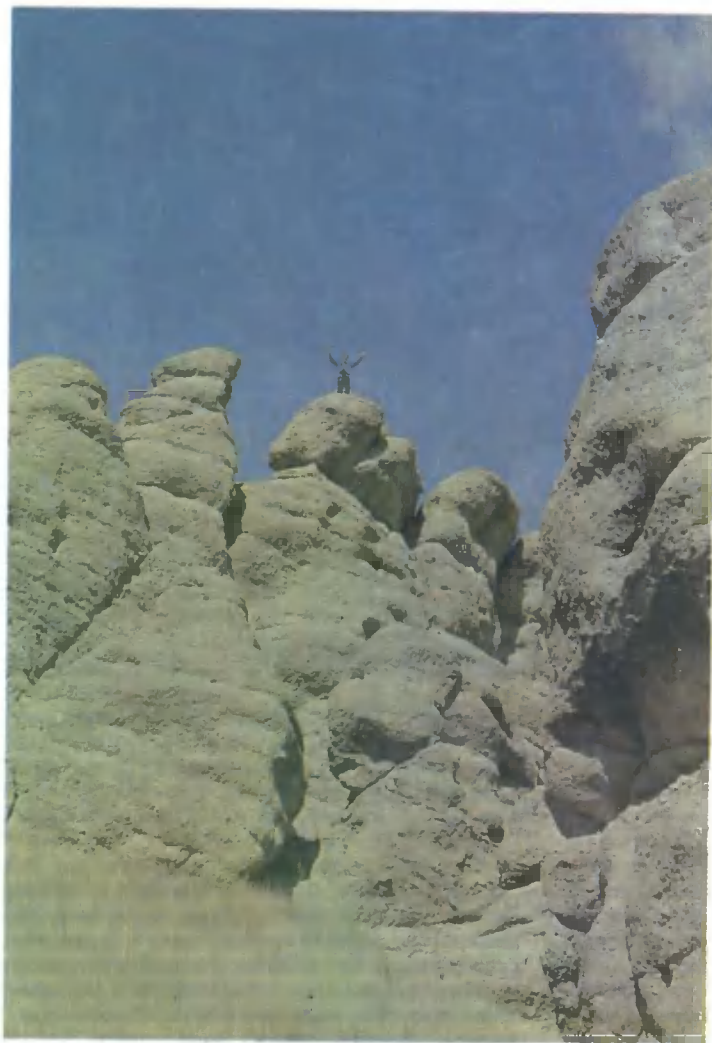
деревьев) в народном парке занимают наибольшую площадь; площадь под молодой арчей составляет около 10 % от всех арчевых лесов.

довольно густые леса туркестанской арчи занимают наиболее прохладные и увлажненные склоны, засухоустойчивая и теплолюбивая зеравшанская арча растет большей частью на южных склонах, а полушаровидная, с промежуточными между первыми двумя видами экологическими характеристиками, встречается преимущественно на средних и верхних участках покатых западных склонов. Одна из таких рощ, в которой растут туркестанская и зеравшанская арча, расположена в долине р. Гуралаш. По мнению знатока среднеазиатской флоры М. Г. Попова, арча здесь — самая высокоствольная и густая во всей Средней Азии.

Арча в лесах — это, как правило, деревья высотой 5—10 м, но встречаются и 25-метровые экземпляры. В верхнем поясе гор она приобретает стланиковую форму, образуя огромные распластанные подушки до полутора метров высотой. Арча — дерево-долгожитель: кое-где можно встретить деревья, возраст которых насчитывает около 2 тыс. лет. Леса из арчи среднего возраста (100—200-летних

Открытию народного парка предшествовал трехлетний период работы специалистов Министерства лесного хозяйства Узбекской ССР, Республиканского института лесного хозяйства и Среднеазиатского филиала института Союзгипролесхоз. В результате были определены границы парка, сформулированы его задачи и цели, проведено функциональное зонирование. Изначально как одна из сторон деятельности народного парка предполагалась также организация регламентированного отдыха населения и горного туризма.

Во многих национальных парках мира существует туризм, развит горнолыжный спорт, а для этого необходимы спортивные базы, жилье, коммуникации. И хотя в национальных парках запрещено строительство жилых зданий, коммуникационных сооружений, автомобильных и железных дорог и прочих сооружений, нарушающих целостность территорий парка, для всего, что имеет отношение к туризму, делается исключение. В народном парке Узбекистана туризм только начинается, необходимая



Каменные фигуры в урочище Кыркыз.

Борщевик Ламана в верховьях р. Гуралеш.

для него разработка маршрутов различной сложности, устройство стоянок и хижин лишь планируются. Организация другого вида рекреационных мероприятий — непродолжительных экскурсий — тоже одна из сторон деятельности народного парка. Чтобы посетители могли ознакомиться с достопримечательностями и природой парка, необходимо разметить учебно-познавательные тропы, соорудить смотровые площадки, а популяризация экологических знаний требует создания музея природы и краеведческих экспозиций, подготовки квалифицированных экскурсоводов. В этом отношении в парке сделано уже немало.

Но если туризм и экскурсии — важные стороны деятельности национальных парков, то многопрофильный спорт,

организация которого считается специфическим направлением в народном парке Узбекистана, вряд ли можно представить совместимым со статусом национальных парков. А развитие такого спорта планируется в народном парке и главной его ареной признано плато Суна — одно из красивейших мест, истинный памятник природы. Здесь предполагается построить крупный спортивный комплекс, так как климат и топография плато делают его оптимальным местом для тренировок и соревнований по многим видам зимнего спорта: горным лыжам, лыжным гонкам, биатлону, санному и конькобежному спорту, хоккею и фигурному катанию, прыжкам с трамплина. К тому же в окрестностях плато чрезвычайно благоприят-



ятны условия для развития альпинизма, скалолазания, горного туризма и спортивного ориентирования. По оценке экспертов, природные условия плато Супа превосходят многие признанные центры зимнего и горного спорта как в нашей стране, так и в альпийских странах. Все это потребует грандиозного строительства, которое никак нельзя совместить с задачей национальных парков — сохранить в неприкосновенности природные ландшафты.

Трудно представить также, что строительство домов отдыха, пионерских лагерей и эксплуатация уже имеющихся способствует сохранности природы парка, как и сельскохозяйственные угодья на его территории, и шоссейная дорога, которая соединяет два районных центра Джизакской области и проходит через весь парк вдоль рек Зааминсу, Урикли и Шариллак, затем переваливает в центральную его часть и пересекает несколько урочищ, в том числе и урочище Супа.

По-видимому, в связи с тем, что на территории, которая была отведена под владения народного парка, существовало несколько населенных пунктов и были сельскохозяйственные земли, не совсем соответствует стандартным правилам зонирование парка, хотя, безусловно, при планировании учитывалась необходимость сочетать требования охраны природы с рекреационными нагрузками. Как обычно в национальных парках, в народном парке Узбекистана выделены три зоны: заповедная, буферная и периферийная. К заповедной зоне, площадь которой составляет около 12,9 тыс. га, отнесены территории бывшего Зааминского горно-лесного заповедника и Кульсайского опорного пункта. В этой зоне запрещена всякая хозяйственная деятельность, туризм и экскурсии, а научно-исследовательская работа проводится только по разрешению Министерства лесного хозяйства УзССР и дирекции парка. В буферную зону, или зону ограниченного использования, площадью около 32,7 тыс. га, вошли бывшие здесь испокон веков пастбища и земледельческие территории. Однако землепользование, так же как и туристские посещения, строго регламентируется. В хозяйственной зоне, площадь которой составляет приблизительно 1,9 тыс. га, находятся несколько населенных пунктов и прилегающие к ним сельскохозяйственные угодья.

Хотя зоны соответствуют обычной градации территорий национальных парков, их расположение отличается от общепри-

нятого. Поскольку через всю центральную часть Зааминского парка проходит довольно оживленная автотрасса, прилегающая к ней территория составляет буферную зону. В нее вкраплены три небольших участка хозяйственной зоны, а заповедная зона расположена по периферии парка. В связи с этим затруднена полная охрана и ландшафтов, и животных не только во вспомогательных зонах, но и в самой заповедной. Фактически до сих пор не удается прекратить браконьерство: арча вырубается, от пуль браконьеров погибают кабаны, сибирский козел, гималайский улар и другие животные. А между тем на территории народного парка небольшое количество видов растений и животных внесены в списки Красных книг — СССР и Узбекистана. В число таких видов входят: тянь-шаньский бурый, или белокотный, медведь (*Ursus arctos isabellinus*), туркестанская рысь (*Felix lynx isabellina*), перевязка (*Vormela peregusna*), снежный барс, или ирбис, (*Uncia uncia*, внесен в Красные книги МСОП, СССР и УзССР), черный аист (*Ciconia nigra*), беркут (*Aquila chrysaetos*), бородач (*Gypaetos barbatus*), кумай, или снежный гриф, (*Gyps himalayensis*), улар, или гималайская горная индейка, (*Tetrao gallus himalayensis*) и 28 видов растений.

И животный и растительный мир беднеют не только из-за прямого истребления. Уже давно известно, что там, где пасутся стада коз и отары овец, исчезает травянистая растительность, умирают леса. Сотрудникам народного парка придется, по-видимому, приложить немало сил, чтобы оградить его от 12 тыс. пасущихся там коз и овец — настоящего бедствия горных территорий. Народный парк Узбекистана во многих отношениях — один из интереснейших горных районов. Удастся ли сохранить в нем природные ценности при той рекреационной нагрузке, которая там планируется, покажет будущее.

«РЕДКИЕ СОБЫТИЯ В ГЕОЛОГИИ»

В последние годы накапливается все больше и больше данных об экстраординарных событиях очень короткой длительности, неоднократно имевших место в геологической истории Земли. Предполагается, что эти события, вызванные падением на Землю крупных космических тел и оставившие следы в виде геохимических и изотопных аномалий, по времени могут совпадать с главнейшими биостратиграфическими границами.

Особую известность в этом отношении получила граница мезозоя и кайнозоя (или мела и палеогена), близ которой 65 млн лет назад произошло массовое вымирание ряда мезозойских групп и появились новые, типично кайнозойские. Подобные явления массового вымирания органических форм хорошо известны и в других частях стратиграфической шкалы, но для них пока нет прямых данных, позволяющих связать их с космическими событиями. Вот почему во всем мире такое большое внимание уделяется детальному изуче-

нию процессов, протекавших на границе мела и палеогена, и органических форм, существовавших на этой границе.

Чтобы привлечь внимание к катастрофическим событиям и оценить роль глобальных катастроф в истории Земли, в 1983 г. был учрежден проект № 199 Международной программы геологической корреляции «Редкие события в геологии», в рамках которого работают и советские исследователи. С выступлениями некоторых из них, освещающими геохимические, биотические и геологические особенности мел-палеогенового рубежа, а также роль ударных событий и вулканизма в эволюции биосферы и земной коры, читатели «Природы» имеют возможность познакомиться.

Заместитель председателя Советского комитета по Международной программе геологической корреляции
академик В. В. Меннер

Геохимические свидетельства катастрофы

М. А. Назаров

Цель проекта «Редкие события в геологии» состоит в том, чтобы оценить роль катастрофических событий в истории Земли. По этой причине проблемы, рассматриваемые в рамках проекта, безусловно имеют мировоззренческое значение. Их решение приближает нас к пониманию того, что лежит в основе развития Земли и жизни на ней: катастрофы ли, постепенные ли процессы или, наконец, то и другое вместе.

Сама идея катастрофизма возникла давно. Наверное, Ж. Кювье впервые наиболее ярко и системно выразил ее, положив в основу геологическо-

го развития случайные процессы. Концепция катастрофизма легко объясняет любые изменения в истории Земли, особенно изменения в органическом мире. Стоит только предположить действие некоторой внешней силы. Однако в этой концепции содержится неопределенность в оценке прошлого и будущего, и, видимо, по этой причине катастрофизм никогда не доминировал в геологии.

Альтернативная эволюционная точка зрения возникла тоже давно. Наиболее полно она изложена в трудах Ч. Лайеля и Ч. Дарвина. Познавательное значение эволюционной концепции заключается в том, что, основываясь на необходимых связях, она позволяет изучать прошлое через настоящее и, следовательно, предсказывать будущее.

Но хотя дилемма — катастрофизм или эволюцио-

низм — не нова, детально проанализировать ее раньше просто не было возможности. На мой взгляд, вспышка интереса к этим проблемам, как, впрочем, и к изучению древнейших отрезков геологической истории Земли, прямо связана с развитием космических исследований. Почти все геохимики, проявившие интерес к редким событиям в геологии, интенсивно занимались изучением метеоритов, лунного грунта и других космических объектов — все это космохимии. И та программа космических исследований, которая активно реализуется начиная примерно с конца 60-х годов, вызвала бурное развитие аналитической техники. В результате в геологию вошел микрозонд и нейтронно-активационный анализ, резко увеличивший чувствительность определения многих элементов, получила развитие изотопия. Ста-

ло возможным работать на совершенно новом уровне.

Кроме того, благодаря космическим исследованиям, мы узнали об ударных процессах, которые плохо зафиксированы на Земле, но прекрасно выражены на Луне и других планетных телах. Их изучение привело к тому, что в настоящее время мы имеем возможность оценить последствия каких-то крупных ударных событий, например последствия столкновения крупного космического тела с Землей.

Таким образом, стремительное развитие космических исследований и вызванное этим развитие аналитической техники позволило всерьез заняться проблемой катастрофических событий в геологии. Но особенно интенсивно работы в этом направлении стали разворачиваться после 1979 г., после первых публикации группы американских исследователей во главе с Л. Альваресом¹.

Заинтересовавшись причинами «великого мезозойского вымирания», эти исследователи решили оценить скорость седиментации (т. е. скорость накопления осадков) на рубеже мела и палеогена. В качестве своеобразного «спидометра» ими был выбран химический элемент иридий, так как его содержание в осадочных породах определяется прежде всего постоянным (фоновым) выпадением космического вещества, богатого иридием. Иначе говоря, благодаря постоянному притоку космического вещества, содержание иридия в осадках остается неизменным, и меняется оно лишь в том случае, если меняется скорость накопления осадков. Неожиданно выяснилось, что содержание иридия в пограничных мел-палеогеновых отложениях разреза Губбио (Италия) настолько высоко, что не может быть объяс-



Михаил Александрович Назаров, кандидат геолого-минералогических наук, сотрудник лаборатории сравнительной планетологии и метеоритики Института геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР. Основные работы связаны с космохимией и космической минералогией. Руководитель советской группы проекта № 199 Международной программы геологической корреляции «Редкие события в геологии».

нено фоновым выпадением космического вещества. Если, конечно, исходить из реально существующих скоростей седиментации.

Аномальные содержания иридия на границе мела и палеогена Л. Альварес и его коллеги обнаружили также в разрезе Стенс Клинт (Дания) и в разрезе Новой Зеландии. Все эти наблюдения были положены ими в основу гипотезы о столкновении Земли с крупным космическим телом астероидного размера, приведшем к массовому вымиранию мезозойской биоты. Так концепция катастрофизма получила новое обоснование.

В настоящее время, когда прошло уже пять лет с тех пор, как на страницах журнала «Science» появилась первая статья Л. Альвареса и его коллег, можно подвести некоторые итоги. Многочисленные геохимические исследования, проведенные за эти годы у нас в стране и за рубежом, показали, что содержания иридия в пограничных мел-палеогеновых отложениях действительно очень высоки. Они достигают несколь-

ких десятков нанограмм на грамм и на 2—3 порядка превышают среднее содержание иридия в земной коре, которое, по данным советских исследователей, составляет 0,02—0,04 нг/г. При этом аномальные содержания на рубеже мела и палеогена имеют глобальное распространение и приурочены к самым нижним слоям датского яруса мощностью несколько сантиметров. Аномалия иридия обнаружена во всех непрерывных разрезах, за исключением разреза Кьелби-Гаард в Дании. Сейчас известно свыше 50 таких разрезов.

На территории нашей страны аномальные концентрации иридия установлены в разрезах Туркмении (в долине р. Сумбар и на Малом Балхене), а также в разрезе Кызылсай на п-ове Мангышлак². Первые геохимические исследования этих разрезов показали, что аномальные содержания иридия в пограничных мел-палеогеновых отложениях сопровождаются повышенными концентрациями сидерофильных и халькофильных элементов (платиноидов, никеля, кобальта, золота, мышьяка, меди, цинка и др.), а также хрома, ванадия и титана.

Итак, геохимическая аномалия на рубеже мела и палеогена является результатом катастрофического события, имевшего глобальное значение. Можно обсуждать космические или земное происхождение мел-палеогеновой иридиевой аномалии, но вне зависимости от этого приходится заключить, что на рубеже мела и палеогена «что-то случилось».

Космическое вещество резко обогащено иридием: в среднем 500 нг/г. Поэтому достаточно предположить, что 10 % мел-палеогеновых осадков приходится на долю космической компоненты, чтобы объяснить обогащение этих осадков иридием. Возможности земной гипотезы более ограниченны. В земной коре высокие содержания иридия характерны только для ультраосновных пород. Кроме того, большие концентрации

¹ Сообщения о работах группы Л. Альвареса обошли многие научные и научно-популярные издания, проликали на страницы газет. Подробнее см.: Чупанов В. А. Следы космической катастрофы — Природа, 1982, № 3, с. 31.

² Назаров М. А. и др. — Геохимия, 1983, № 8, с. 1160.

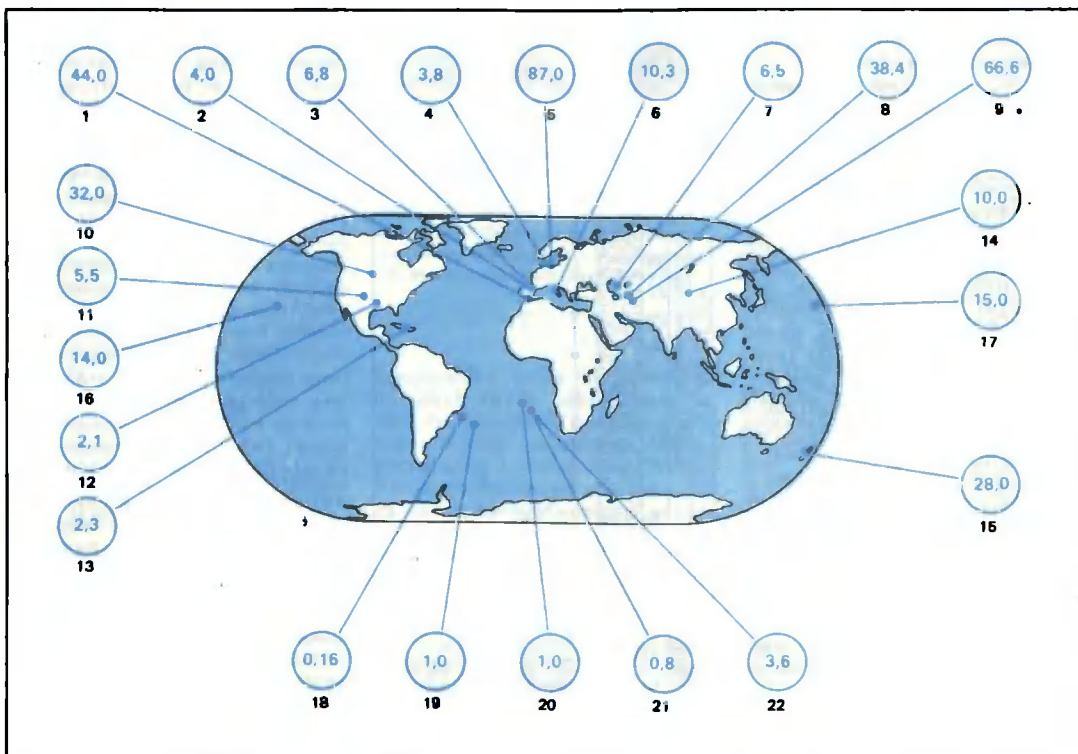
этого элемента установлены в некоторых типах руд и предположительно в вулканических дымах. Следовательно, если исходить из земного источника иридия, то приходится предположить, что пограничные мел-палеогеновые отложения либо содержат обогащенную иридием земную компоненту, либо аккумулировали иридий в ходе своего образования.

Нашей группой (а нее, помимо участников этого выступления А. С. Алексеева и

М. А. Назарова, входят Л. Д. Барсукова, Г. М. Колесов и Д. Д. Бадюков) было исследовано содержание иридия в осадочных породах, образовавшихся в самых разных условиях. В результате выяснилось, что осадочный процесс не приводит к концентрированию иридия. Действительно, аномалия иридия обнаруживается и в морских, и в континентальных осадочных породах, в осадках, образовавшихся и в восстановительных, и в окислительных ус-

приближается к космическому значению этого отношения (0,3). В рудных месторождениях отношение Au/Ir обычно намного больше 3, а в дымах вулкана Килауза достигает 10. Кроме того, высокие содержания хрома и ванадия в мел-палеогеновых отложениях несовместимы с рудным или вулканическим источником иридия, поставляющим халькофильные элементы.

Более приемлемым источником аномальных концентраций иридия на рубеже мела



Максимальное содержание иридия в пограничных мел-палеогеновых отложениях мира (черными цифрами обозначены номера разрезов, цветными — содержание иридия в нг/г): 1 — Каравак, 2 — Зумейя, 3 — Сан-Себастьян (Испания); 4 — Ютландия, 5 — Ставанс-Клит (Дания); 6 — Губбио (Италия); 7 — Мангышлак, 8 — Малый Байхан, 9 — Сумбар (СССР); 10 — Монтана, 11 — Нью-Мексико, 12 — Техас (США); 13 — Ганти; 14 — Тибет (КНР); 15 — Новая Зеландия; 16 — глубоководная колонка GPC-3; 17—22 — сваяжины № 465 А, 356, 516F, 528, 529, 524 бурового судна «Гломар Челленджер».

ловиях, и на литологических границах, и вне их, т. е. вне всякой зависимости от условий седиментации.

Таким образом, присутствие в пограничных мел-палеогеновых отложениях богатой иридием космической компоненты представляется более вероятным. Да и соотношения элементов в этих отложениях несовместимы с земным происхождением иридиевой составляющей. Например, отношение Au/Ir на границе мела и палеогена обычно меньше 1 и

и палеогена могли, конечно, быть ультраосновные породы, которые содержат сидерофильные элементы (в том числе иридий и золото) почти в космических пропорциях и, кроме того, обогащены хромом. Однако в ультраосновных породах отношение Cr/Ir существенно выше ($1-9 \cdot 10^5$), чем в пограничных мел-палеогеновых отложениях ($3-7 \cdot 10^3$), где оно близко к космическому ($5 \cdot 10^3$). Поскольку в ультраосновных породах хром и иридий обычно связаны в минерале хромите и

нет оснований полагать, что эти элементы существенно разделяются в осадочном цикле, то ультраосновной материал как источник аномальных концентраций иридия на рубеже мела и палеогена также не может быть принят. Иными словами, если не рассматривать возможность смешения материала различных крайне контрастных источников, земное происхождение аномалии представляется крайне сомнительным. Присутствием же космического вещества, несомненно, более удачно объясняются геохимические особенности пограничных мел-палеогеновых отложений.

И еще одна интересная деталь, подтверждающая космическое происхождение аномалии. Исследования американского геолога Б. Ф. Бохора с коллегами и советского геолога Д. Д. Бадюкова показали, что с аномальными содержаниями иридия в пограничных отложениях мела и палеогена ассоциирует ударно-метаморфизованный кварц³. Такой кварц известен только в породах ударных кратеров и не обнаружен ни в каких других земных породах. По своим физическим свойствам этот кварц почти не отличается от обычного, что исключает возможность его избирательного накопления в осадочном процессе. «Кварцевая аномалия», обнаруженная в пограничных отложениях мела и палеогена, является сильнейшим аргументом в пользу столкновения Земли с крупным космическим телом или группой тел в конце мезозоя.

Таким образом, совокупность имеющихся в настоящее время геохимических и некоторых других данных указывает на катастрофическое глобальное событие аккреции космического вещества в конце мезозоя. Но, как известно, по времени это событие совпадает с вымиранием мезозойских и появлением ряда кайнозойских форм организмов. И наблюдаемая корреляция геохимических и биотических изменений требует ана-

лиза причин этой связи. Возможны два варианта: либо аккреция космического вещества случайно совпала с мезозойским биотическим кризисом, либо событие аккреции вызвало вымирание биоса. Если аккреция происходила в виде единичного ударного события, то размер ударника легко оценить, исходя из содержания иридия в пограничных отложениях и в космическом веществе. Такие оценки приводят к размеру астероида от 5 до 30 км в зависимости от его состава. Размер ко-

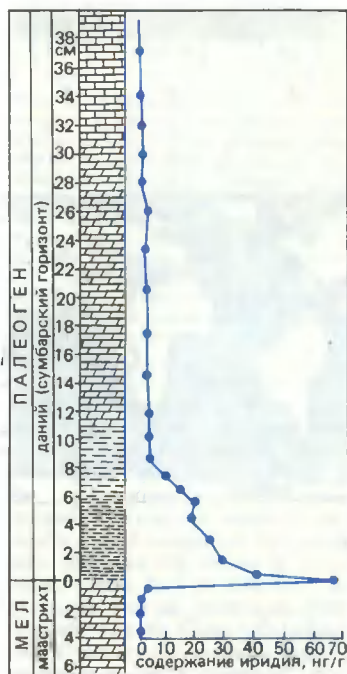
метного тела должен быть существенно больше.

В результате столкновения подобного тела с Землей прежде всего образуются кратерные выбросы, пылевая компонента которых будет устойчива в атмосфере длительное время. Это вызовет резкое падение уровня солнечной инсоляции, и освещенность будет недостаточной для фотосинтеза в течение нескольких месяцев или даже года. Температура океана упадет на несколько градусов, а температура на континентах опустится ниже нуля. Проходя через атмосферу, космическое тело разрушит озоновый экран и вызовет образование окислов азота. В результате жесткое космическое излучение проникнет на Землю, выпадут кислые дожди. В случае падения космического тела в океан почти мгновенно испарятся гигантские массы воды. Энергия взрыва и парниковый эффект вызовут кратковременное повышение температуры океана и атмосферы.

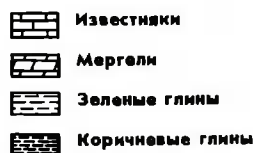
Нарисованная выше картина свидетельствует, что ударное событие могло привести к резким изменениям среды обитания, гибельным прежде всего для планктонных организмов.

За резким вымиранием планктона могло последовать нарушение пищевых цепей и дальнейшее развитие мезозойского биотического кризиса. Таким образом, совпадение во времени геохимических и биотических изменений на рубеже мела и палеогена, вероятно, не было случайным. Конкретный же ход биотических изменений на этом рубеже еще предстоит выяснить.

Кроме того, можно предположить, что и другие массовые вымирания в истории Земли могли быть обусловлены космическими событиями. Астрономическим данным не противоречит, что в течение фанерозоя произошло несколько столкновений Земли с астероидами диаметром около 10 км. Следовательно, такими ударными событиями могли быть вызваны фундаментальные перестройки в биосфере, происходившие на рубежах палеозоя и мезозоя (перми и триаса) или же докембрия и кембрия (венда и кембрия). Геохимическое исследование



Распределение иридия в разрезе Сумбар (Западный Колетдаг). Максимальное содержание иридия отвечает началу детского века. Близ этого рубежа 65 млн лет назад произошло массовое вымирание ряда мезозойских групп.



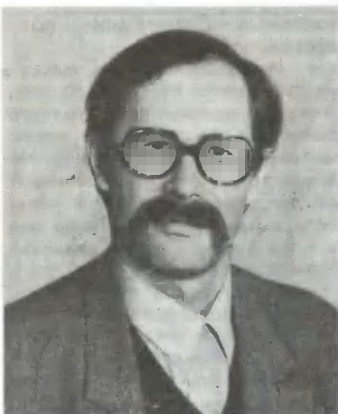
³ Подробнее см.: Бадюков Д. Д. Подтверждение гипотезы космической катастрофы. — Природа, 1986, № 1, с. 114.

дование этих рубежей только начинается. По имеющимся данным, на территории нашей страны в пограничных отложениях перми и триаса (Армения), а также докембрия и кембрия (Сибирь) аномальных концентраций иридия не обнаружено. Правда, китайские исследователи сообщили о повышенных концентрациях иридия, выявленных на территории их страны как в основании кембрия, так и в основании триаса. Но этим сообщениям противоречат данные американских ученых. Если не считать мел-палеогеновый рубеж, на изучении которого сосредоточены усилия ученых самых разных стран, в настоящее время достоверные сведения об аномальных содержаниях иридия имеются лишь для уровня, отвечающего средней части верхнего эоцена. Возможно, эта аномалия, зафиксированная и в Карибском море, и в Тихом океане, имеет глобальное распространение. И все же связь ее с биотическими изменениями представляется проблематичной.

Вымирание на рубеже мезозоя и кайнозоя

А. С. Алексеев

Резкое изменение биоты на рубеже мезозойской и кайнозойской эр, хорошо известное под названием «великого мезозойского вымирания», всегда привлекало особое внимание. В это время (около 65 млн лет назад) в морях исчезли господствовавшие ранее аммониты и белемниты, некоторые другие группы морских беспозвоночных; многие морские и все крылатые рептилии, а на суше оставили свой последний след динозавры. Однако все эти животные занимали относительно высокие уровни в пищевой пирамиде, и их вымирание в экосистемном плане представляется малосущественным. Значительно важнее установленное лишь в последние годы резкое



Александр Сергеевич Алексеев, кандидат геолого-минералогических наук, ассистент кафедры палеонтологии геологического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Область научных интересов — стратиграфия и палеонтология верхнемеловых отложений.

сокращение числа таксонов среди двух групп микроскопических планктонных организмов с известковым скелетом: кокколитофорид и планктонных фораминифер. Кокколитофориды, судя по огромным толщам писчего мела, сложенным в основном их остатками, были главными продуцентами в морях мелового периода и стояли в начале пищевых цепей.

Это массовое вымирание не было единственным в земной истории. Кроме него «великие массовые вымирания» установлены на рубеже ордовика и силура (480 млн лет назад), перми и триаса (240 млн лет назад), а также в конце триаса (195 млн лет назад). Известно также свыше 10 «малых массовых вымираний».

Для объяснения «великого мезозойского вымирания» было предложено множество гипотез, в большинстве из которых рассматривались чисто земные причины вымирания. Подавляющая часть палеонтологов сходится на том, что это вымирание является следствием конкуренции и вытеснения одних групп организмов другими, смены растительных сообществ, эвстатического понижения уровня океана, похолодания и ро-

ста нестабильности климата, а также взрывного вулканизма небывалой интенсивности. Тем не менее еще в середине 50-х годов американским палеонтологом М. У. Деллаубенфельсом было высказано предположение, что вымирание динозавров последовало за падением на Землю крупного метеорита, взрыв которого вызвал кратковременное, но резкое повышение температуры. Позднее столкновение Земли с астероидами и кометами как причина массовых вымираний рассматривалось канадским геологом Мак-Лареном (1970 г.) и американским палеонтологом Г. Юри (1973 г.).

Однако все эти гипотезы были чисто умозрительными, не подкрепленными какими-либо проверяемыми данными. Ситуация существенно изменилась лишь в 1979 г., когда группа исследователей из Калифорнийского университета под руководством Л. Альвареса показала, что в ряде пунктов Италии и Дании на границе мезозоя и кайнозоя (граница меловых и палеогеновых отложений) имеются геохимические аномалии, объяснить которые можно только привнесом космического вещества. Опираясь на эти данные, Л. Альварес и его коллеги предположили, что массовое вымирание на рубеже мезозоя и кайнозоя было вызвано столкновением Земли с астероидом.

Реакция палеонтологов на первые публикации Л. Альвареса и его коллег была довольно скептической. Да, возможно, что иридиевая аномалия действительно имеет космическое происхождение. Но в развитии жизни породившее ее событие не могло сыграть значительной роли, поскольку вымирание было следствием эволюции самой биоты и более или менее резких изменений среды.

Истоки негативной реакции палеонтологов на эту гипотезу очевидны: на протяжении почти 150 лет среди тех, кто занимается изучением органического мира прошлых эпох, почти безраздельно господствуют идеи эволюционизма, утверждающие примат внутренних, земных причин развития, которые являются следствием противоречий, возникающих между

разными группами организмов, а также между организмами и меняющейся внешней средой.

Изменилось ли отношение палеонтологов к ударной гипотезе сейчас, спустя несколько лет после первых публикаций группы Л. Альвареса? Ясно, что кардинальных сдвигов не произошло. Нередко еще можно слышать, что признают эту гипотезу лишь люди, чрезвычайно далекие от знания истинной ситуации. И все же кое-какие изменения наметились. Например, такие крупные зарубежные специалисты, как американский палеонтолог Э. Кауффман и датский палеонтолог Ф. Сурлик, первоначально отрицавшие возможность влияния космических событий на эволюцию жизни на Земле, после тщательного исследования пограничных мел-палеогеновых отложений Дании пришли к компромиссному варианту¹. По их мнению, в конце мелового периода в развитии целого ряда групп морских беспозвоночных животных уже имелись признаки спада: намечались вымирание типично мезозойских таксонов. Но непосредственно на рубеже мела и палеогена этот постепенный и довольно длительный процесс был прерван каким-то катастрофическим событием, возможно падением космического тела. Если бы не это событие, вымирание растянулось бы еще на десятки миллионов лет.

Американские палеобиологи Д. Рауп и Дж. Сепкоски провели статистический анализ динамики вымирания морских животных (на уровне семейств) на протяжении фанерозоя, т. е. за последние 570 млн лет². Они установили, что существовали периодические массовые вымирания с интервалом 26 млн лет в мезозое и кайнозое и с интервалом около 34 млн лет в палеозое. По мнению этих исследователей данная периодичность могла вызываться только

внеземными циклическими процессами.

Итак, зависимость массовых вымираний от каких-то космических причин в настоящее время уже не выглядит такой фантастической, как прежде. Но действительно ли вымирания, о которых идет речь (и в частности, вымирание на рубеже мела и палеогена), были «великими» и «массовыми»?

Ответить на этот вопрос позволяет количественный анализ изменения таксономического разнообразия органического мира. Попытки такого анализа предпринимались неоднократно начиная с середины прошлого века. Однако большинство подсчетов базировалось на весьма ограниченном объеме исходных данных, которые суммировались для слишком больших временных интервалов, равных обычно периоду или эпохе. Новый этап в этих исследованиях открыла серия работ уже упоминавшихся Д. Раупа и Дж. Сепкоски, опубликованных в 1982—1984 гг. В этих работах с точностью до века учтено распространение более 3500 семейств вендских и фанерозойских морских животных. Но и эти данные не полны, так как они не позволяют проводить анализ на более низком родовом уровне и совершенно не учитывают изменений, происходивших среди растительных и наземных организмов.

Возможность более точных подсчетов применительно к рубежу мела и палеогена появилась после того, как советскими исследователями были опубликованы очень детальные, не имеющие аналогов в мировой литературе сводки, отражающие развитие в это время большинства групп морских и наземных организмов, причем не только на семейственном, но и на родовом уровне³.

При анализе массовых вымираний обычно пользуются такими показателями, как **уровень вымирания** (выраженное в про-

центах отношение числа вымирающих таксонов к общему числу таксонов, существующих в течение данного отрезка времени) и **скорость вымирания** (частное от деления числа таксонов, исчезающих в течение определенного отрезка времени, на его продолжительность). Аналогичным образом рассчитывается **уровень появления** и **скорость появления** новых таксонов. Кроме того, американский палеонтолог Л. М. Ван-Вален предложил определять **вероятность вымирания**, которая оценивается путем деления числа вымирающих таксонов на среднее число таксонов, подвергающихся риску (последняя величина складывается из числа таксонов, существовавших в начале интервала, плюс половина появляющихся и минус половина исчезающих).

Но как реально можно использовать такой показатель, как уровень вымирания? Как определить, какие его значения следует считать аномальными?

Нам представляется, что необходимо ввести еще один показатель, содержащий элементы статистического подхода, — это **фоновый уровень вымирания**. При анализе «великих вымираний» он определяется как средняя величина уровня вымирания, рассчитанная для нескольких (5—10) ближайших отрезков времени, которые можно считать «спокойными». Если уровень вымирания какой-либо группы организмов на критическом рубеже превышает фоновый уровень плюс две дисперсии, то на 95 % уровне вероятности допустимо говорить о необычно резком вымирании. Для объективного сравнения в разных экологических и систематических группах, а также на разных таксономических уровнях нами был введен еще один показатель — **интенсивность вымирания**. Он представляет собой отношение интенсивности вымирания на каком-либо критическом рубеже к фоновому уровню вымирания.

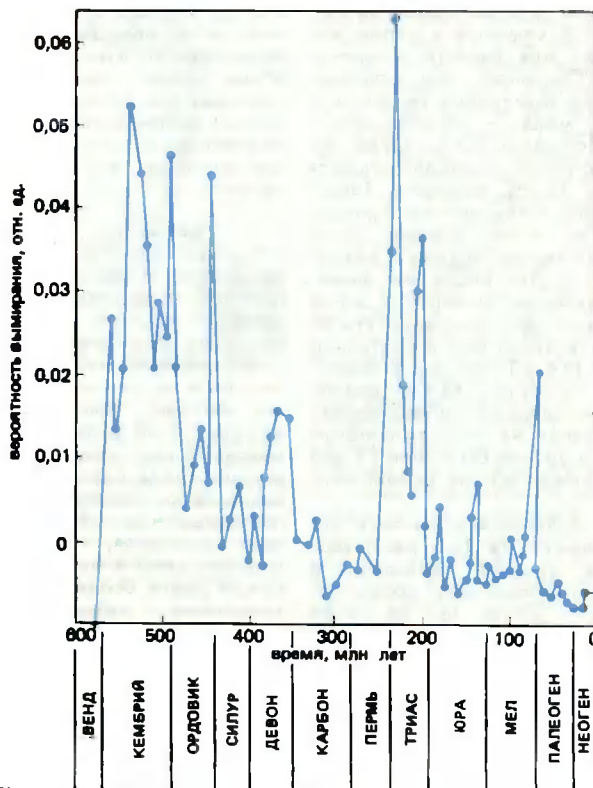
На изложенной выше методической основе нами было проанализировано распространение 961 семейства и 4363 родов, существовавших с кампанского века позднего мела (83 млн лет назад) до среднего

¹ Alvarez W. et al. — Science, 1984, v. 223, № 4641, p. 1135.

² Raup D. M., Sepkoski J. J., jr. — Proc. Nat. Acad. Sci., USA, 1984, v. 81, № 2, p. 801.

³ Шиманский В. М., Соловьев А. Н. Рубеж мезозоя и кайнозоя в развитии органического мира. М., 1982.

Вероятность вымирания семейств морских животных в течение последних 600 млн лет (по Л. М. Ван-Валену, 1984). Пики на графике соответствуют «великим» и «малым» массовым вымираниям, в том числе и вымиранию на рубеже мела и палеогена.



Изменение таксономического разнообразия морских, пресноводных и наземных организмов в конце позднего мела — палеогене. Отчетливо прослеживается вымирание необычно большого числа семейств и родов в мавстрихе и понижение таксономического разнообразия в датском и монском веках и позднем палеоцене.

период	век, подэпоха (млн лет)	семейства (961)		роды (4363)	
		существовало	вымерло	существовало	вымерло
ПАЛЕОГЕН	39 СРЕДНИЙ ЗОЦЕН	779	14	2586	243
	45 РАННИЙ ЗОЦЕН	727	11	2363	191
	53 ПОЗДНИЙ ПАЛЕО- ЦЕН	644	13	1694	186
	59 МОНС	614	2	1567	73
	61 ДАНИЙ	596	14	1491	167
МЕЛ	65 МААСТ- РИХТ	662	108	2045	898
	72 КАМΠΑН	663	29	1981	262
	83				

эоцена (45 млн лет назад) включительно. Это составляет не менее 80 % семейств и родов, известных для данного времени.

Оказалось, что фоновый уровень вымирания семейств в конце мела — начале палеогена составлял 2,2 %, тогда как в маастрихте перестало существовать 16,3 % семейств. Таким образом, интенсивность вымирания на этом рубеже была исключительно высока и равнялась 7,4. Для родов же фоновый уровень вымирания из-за меньшей продолжительности их существования был значительно выше (9,6 %), причем в маастрихте исчезло 43,9 % родов. Иными словами, интенсивность вымирания на этом таксономическом уровне была почти в два раза ниже, чем на семейственном.

В датском и монском веках заметно (в 2—3 раза) возрастает уровень появления и скорость появления новых семейств и родов. Тем не менее процесс обновления не мог сразу компенсировать предшествовавшего вымирания — настолько оно было глубоким. Только в раннем эоцене, спустя 12—20 млн лет, было превышено таксономическое разнообразие маастрихта.

Из-за отсутствия соответствующих сводок пока невозможно точно определить, сколько видов вымерло в маастрихте. Выполненные нами подсчеты, произведенные всего для 9 групп (шестилучевых кораллов, двусторчатых и брюхоногих моллюсков, остракод-подопод, морских звезд, морских лилий, костистых рыб и динозавров), показывают, что в маастрихте исчезло 90 % видов, в то время как в кампанском, датском и монском веках исчезло 54—64 % видов.

Принято считать, что сильнее всего вымирание проявилось среди планктонных и nektonных организмов. Но, как выяснилось, это не совсем верно. Наши расчеты показали, что на уровне семейств в маастрихте наиболее интенсивно вымирал зоопланктон и морской бентос, затем в этом ряду следуют наземные и пресноводные животные и морской nekton, тогда как фитопланктон не пострадал. На родовом уровне наиболее

высока интенсивность вымирания фитопланктона и несколько ниже — зоопланктона и морского бентоса, хотя различия между этими тремя экологическими группами статистически не достоверны. Менее всего вымирание проявилось среди nektonа, а также наземных и пресноводных организмов.

Уже давно установлено, что изменения, испытываемые на рубеже мела и палеогена разными систематическими группами организмов, качественно различны. Наши расчеты позволяют уточнить эти представления. Если не учитывать те группы, которые вымерли полностью, то на уровне семейств максимальные изменения произошли среди планктонных фораминифер, известкового нанопланктона, морских двусторчатых моллюсков, брахиопод, морских ежей и морских звезд. Среди родов особенно сильное вымирание наблюдалось у планктонных фораминифер, известкового нанопланктона, морских двусторчатых моллюсков и акул. На обоих таксономических уровнях только для силикофлагеллат, динофлагеллат, восьмилучевых кораллов, остракод, морских лилий, пресноводных брюхоногих моллюсков, пресноводных костистых рыб и млекопитающих уровень вымирания в маастрихте достоверно не отличался от фонового.

Таким образом, вымирание конца мела действительно было массовым и в той или иной степени затронуло большинство рассмотренных нами групп организмов. По-видимому, оно почти в равной степени сказалось на обитателях суши и пресных вод, поверхностных слоев и толщи морей и океанов, а также на донных морских животных. И все же особенно чувствительными к нему оказались фитопланктонные и зоопланктонные организмы с известковым скелетом, а также хищники высоких пищевых уровней.

Результаты количественного анализа прямо указывают на экстраординарность вымирания на рубеже мела и палеогена и, следовательно, не противоречат предположению о каком-то катастрофическом событии, имевшем место на этом

рубеже, в частности о столкновении Земли с крупным космическим телом.

Ударные события и развитие биосферы

В. Л. Масайтис

В настоящее время все больше исследователей склоняются к мнению, что привнос иридия, осмия, платины, палладия, никеля, кобальта и других «космогенных» элементов в пограничные слои между меловыми и палеогеновыми отложениями связан с тем, что 65 млн лет назад на Землю выпало большое количество вещества космического происхождения. Это мнение подтверждается и при исследовании импактитов — пород древних метеоритных кратеров, переплавленных при ударах космических тел о Землю.

Такие частично эродированные или перекрытые более молодыми осадками кратеры (их называют также астроблемами) выявлены в настоящее время на всех континентах. Их диаметр составляет от нескольких десятков и сотен метров до 100 км и более. Около 30 таких объектов, т. е. почти треть всех известных на поверхности суши, обнаружено на территории нашей страны. В их числе такие крупные астроблемы, как Пучеж-Катунская диаметром 80 км и Карская диаметром 60 км. Внутреннюю часть астроблем заполняют мощные толщи брекчий (обломочных пород) и импактитов, залегающие в чашеобразной впадине на раздробленном и деформированном цоколе.

В импактатах некоторых астроблем на территории нашей страны, а также в импактатах и брекчиях из астроблем Европы, Северной Америки и других регионов мира установлены концентрации иридия, значительно превышающие его содержания в земной коре и окружающие астроблемы породах, не подвергшихся ударному плавлению. Например, в импактатах Болышской астроблемы на Украине иридия в десять раз боль-

ше, чем в гранитах, в которых возник кратер.

В последних работах А. Т. Базилевского и других исследователей показано, что иридий в импактитах разных кратеров распределен неравномерно: помимо прочих причин, содержание иридия зависит от типа вещества ударившего тела. Объясняется это тем, что для разных типов метеоритов характерны совершенно определенные соотношения иридия, никеля, хрома и других элементов. Выявив соотношение этих же элементов в импактитах, можно оценить вероятный состав «ударников». Такие оценки получены сейчас более чем для двадцати астроблем мира. При этом установлено, что «пришельцы из космоса» могли иметь состав хондритов (в том числе и углистых хондритов), ахондритов, а также железокремнистых и железных метеоритов.

Попытаемся оценить масштабы ударного события, имевшего место на рубеже мела и палеогена. Количество иридия, предположительно распыленного при метеоритном ударе 65 млн лет назад, могло быть обеспечено падением плотного тела диаметром около 10 км. В том случае, если это тело упало на сушу, должен был возникнуть кратер диаметром около 160 км. Однако в пределах современных материков такой кратер не обнаружен, и вряд ли он мог остаться незамеченным. Можно также допустить, что крупное космическое тело упало в океан и что падение его сопровождалось рядом глобальных катастрофических явлений — образованием гигантских волн цунами, выпадением большого количества осадков, долговременными изменениями климата и вызванной этим сменой биот.

Лишь четыре древних метеоритных кратера на площади современной суши относятся по времени образования к рубежу мела и палеогена. Это изучавшиеся нами и другими исследователями две группы двойных кратеров на территории нашей страны: южная — в Приазовье и северная — на побережье Карского моря. Импактиты этих кратеров обогащены по сравнению с переплавленными



Виктор Людвигович Масайтис, доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского геологического института им. А. П. Карпинского Министерства геологии СССР. Член Международной планетологической ассоциации. Специалист по древним метеоритным кратерам — астроблемам.

при ударе осадочными породами никелем (в 2—4 раза) и кобальтом (в 1,5—2 раза); повышено в них и содержание иридия.

Весьма примечательно, что центры Каменского (диаметром 25 км) и Гусевского (3 км) кратеров, входящих в южную группу, располагаются по линии северо-восточного простирания с азимутом 20—25°, а кратеры северной группы — Карский (60 км) и Усть-Карский (25 км) — приурочены к линии, имеющей азимут 40—50°. Обе группы кратеров возникли в условиях морского мелководья. Линии, соединяющие центры кратеров в каждой группе, совпадают с положением дуги, соединяющей по поверхности Земли обе эти группы. Эту дугу можно рассматривать как предполагаемую проекцию орбиты роя выпавших тел; ее координаты — долгота восходящего узла $25 \pm 1^\circ \text{В}$ и угол наклонения в экваториальной плоскости $75 \pm 1^\circ$. Если продолжить проекцию этой орбиты далее к северо-востоку, мы окажемся в районе Беренгова моря, где по предположению К. Эмилиани и других исследователей произошло падение самого крупного космического тела, обуславив-

шего возникновение иридиевой аномалии на рубеже мела и палеогена. Таким образом, не исключено, что 65 млн лет назад имело место падение крупного космического тела, распавшегося в ходе полета по пологой траектории в высоких широтах. Такой распад, вызванный приливными силами, вполне возможен при том малом пределе прочности, который отвечает предполагаемому пределу прочности ядер комет.

Недавно Д. Рауп и Дж. Сепкоски высказали гипотезу, что глобальные биотические вымирания повторяются с интервалом 26 млн лет, причем причина этой периодичности — космическая. Анализируя даты ударных событий в течение фанерозоя, ряд исследователей попытались обосновать эти соображения, связав периодичность вымираний с периодическим выпадением на Землю «кометных дождей». Кроме того, обсуждается вопрос о возможном существовании небольшой звезды — спутника Солнца, периодичность обращения которой и вызывает появление таких «дождей». Однако гипотеза о периодическом падении на Землю кратерообразующих тел, и в частности комет, вызывает ряд серьезных возражений, не говоря уже о весьма малой реальности предположения о существовании у Солнца звезды-спутника.

Частоту кратерообразующих событий принято оценивать, исходя из числа астероидов, пересекающих земную орбиту. Такие оценки показывают, что в среднем каждый миллион лет на Землю падают три тела диаметром более 1 км, а астероид диаметром около 10 км может упасть раз в 40 млн лет. Изложенная выше гипотеза Д. Раупа и Дж. Сепкоски основана на том, что все кратеры на Земле образованы ударами кометных тел. Между тем состав импактитов говорит о весьма различной природе «ударников»: значительная их часть имеет состав, близкий к составу известных типов метеоритов. Астрономические оценки частоты выпадения кометных тел, пересекающих орбиту Земли, показывают, что ими образована лишь небольшая часть всех из-

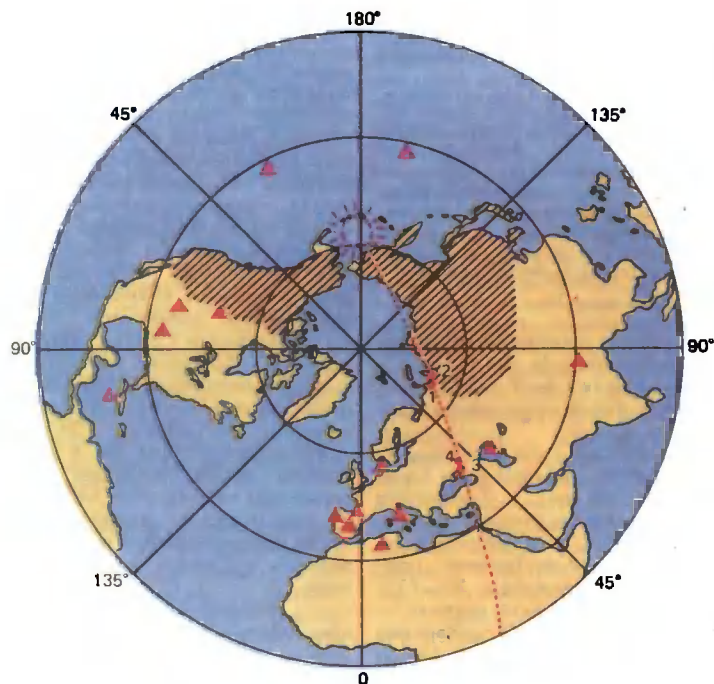
вестных кратеров. Надо также иметь в виду недостаточную точность определения возраста многих кратеров и еще тот факт, что значительная их доля уничтожена эрозией и другими геологическими процессами. Следовательно, на основании имеющихся в нашем распоряжении данных трудно или даже невозможно говорить о какой-либо периодичности эпох кратерообразования на Земле.

К настоящему времени уже получены суммарные оценки скорости, с которой кратер определенного диаметра возникает на площади в 1 км за 1 год. Так, по данным Р. Грива, для кратеров диаметром более 20 км скорость кратерообразования составляет $(5,4 \pm 2,7) \times 10^{-15} \text{ км}^{-2} \text{ год}^{-1}$. Исходя из этого можно трезво оценить различные высказывания об одновременном выпадении гигант-

ских роев кратерообразующих тел, якобы создающих колоссальные по площади поля кратеров, а также предположения о возникновении в фанерозое гигантских метеоритных кратеров — гиаблем, имеющих в перечнике сотни и тысячи километров. С позиций современных представлений о частоте кратерообразования такие предположения совершенно невероятны. Не имеют они и серьезных геологических оснований.

Наряду с этим совершенно необоснованными представляются попытки отдельных геологов вообще отрицать космическое происхождение рассматриваемых нами круговых морфоструктур и стремление возродить высказанные несколько десятилетий назад идеи о криповулканической природе кратеров, т. е. об образовании их в результате газовых взрывов. Мировой опыт специальных исследований древних метеоритных кратеров Земли (в том числе и результаты геохимического изучения импактитов) однозначно свидетельствует против идей криповулканизма. Не говоря уже о несостоятельности этих идей с точки зрения физики взрывных процессов и геологии. Исследования лунных образцов, данные дистанционных наблюдений планет и их спутников также не оставляют места для подобных гипотез.

В заключение я хотел бы вернуться к проблеме резких биотических изменений, неоднократно имевших место в истории Земли. Научные разработки в этом направлении, которые в последние годы ведутся самыми разными специалистами из многих стран мира, позволяют заключить, что резкие смены биот вполне могли быть обусловлены космическими причинами. В этой связи очень важно попытаться раскрыть степень влияния ударных событий на развитие биосферы, выявить механизмы этого влияния, оценить соотношение эволюционных тенденций в изменении органического мира и глобальных геологических катастроф.



Предполагаемая проекция траектории метеоритных тел, в результате падения которых на рубеже мела и палеогена возникли две группы импактных кратеров. В последнее время появляется все больше доказательств, что метеоритная бомбардировка, сопровождавшаяся резким обогащением мел-палеогеновых отложений иридием и другими космогенными элементами, привела к массовому вымиранию ряда органических форм.

 Район вероятного падения наиболее крупного тела

 Фитогеографическая провинция, где на рубеже мела и палеогена вымерло 75 % видов высших растений

 Пункты с повышенным содержанием иридия на границе мела и палеогена

 Астроблемы: 1 — Карская, 2 — Усть-Карская, 3 — Каменская, 4 — Гусевская

 Проекция траектории метеоритных тел

Новое о природе Тунгусского события

Е. М. Колесников

Организатор проекта «Редкие события в геологии» швейцарский геолог К. Хсю просил советскую группу уделить особое внимание исследованиям Тунгусского события, так как это, по всей вероятности, единственный на памяти человечества случай столкновения кометы с Землей.

Как известно, это событие произошло ранним утром 30 июня 1908 г. Сотни людей, проживавших в то время в районе Подкаменной Тунгуски, видели быстро летящее ослепительно яркое тело, полет которого завершился мощным взрывом примерно в 90 км к северу от небольшой в то время фактории Ванавара. Взрыв, как сейчас доказано, произошел на высоте 5—7 км и имел мощность 10^{23} — 10^{24} эрг, что соответствует взрыву ядерной бомбы в 20 Мт. Взрыв произвел колоссальный вывал леса: в радиусе 15—30 км были повалены миллионы вековых деревьев. Произошло небольшое землетрясение, причем ударная волна несколько раз обошла земной шар и была зафиксирована многими обсерваториями мира.

Постепенно Тунгусское событие обросло легендами. Было предложено несколько различных гипотез от естественных типа падения обычного метеорита до экзотических типа прилета к нам космического корабля и взрыва его атомного двигателя или же прилета кусочка антивещества и аннигиляции его с веществом атмосферы. До последнего времени особенно горячо дискутировались две гипотезы — «кометная» и «ядерная».

Гипотезу прилета на Землю кусочка антивещества предложил экспериментально проверить американский геохимик лауреат Нобелевской премии В. Ф. Либби. Проверка осуществлялась путем определения активности изотопа ^{14}C в кольцах деревьев, имеющих прирост 1908 г. К сожалению, этот метод не обладал достаточной чув-



Евгений Михайлович Колесников, кандидат технических наук, старший научный сотрудник кафедры геохимии геологического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Специалист по геохимии изотопов и изотопной геохронологии.

ствительностью. Несмотря на то что взрыв был мощным, вызванное им увеличение содержания ^{14}C в атмосфере Земли в целом оказалось невелико: оно не превысило 2 % при обычных колебаниях в пределах 4 %. По этой причине результаты проверки, выполненной В. Ф. Либби с коллегами, а впоследствии в нашей стране А. П. Виноградовым, А. Л. Девирцем и Э. И. Добкиной (Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР) не дали окончательного ответа на вопрос, какую природу имел тунгусский взрыв.

Позднее нами был предложен на два порядка более чувствительный метод проверки ядерной и аннигиляционной гипотез, основанный на определении активности изотопа ^{39}Ag в породах и почвах в непосредственной близости от эпицентра взрыва. Изотоп ^{39}Ag по многим параметрам предпочтительнее других изотопов, и прежде всего потому, что он образуется в достаточном количестве при облучении нейтронами калия и кальция, присутствующих в большинстве горных пород. Кроме того, ^{39}Ag имеет подходящий период полураспада — 270 лет, следовательно, он не мог распасться за время, про-

шедшее с момента Тунгусского события. И еще, этот метод бесфоновый, поскольку аргон — газ и он не выпадает на землю при атомных испытаниях и соответственно не загрязняет породы, растения, почвы. По этой причине обнаружение ^{39}Ag , образующегося под действием нейтронного потока, сопровождающего ядерный или аннигиляционный взрыв, могло служить надежным доказательством ядерной природы взрыва. Зная мощность взрыва и его высоту, мы рассчитали, какое количество ^{39}Ag следовало ожидать в анализируемых образцах. Активность ^{39}Ag , оцениваемая в данном случае по количеству импульсов, должна была составлять примерно 1 импульс в минуту. На наших же счетчиках в лаборатории космохимии Института геохимии и аналитической химии мы могли надежно фиксировать около 0,01 импульса в минуту. Однако, несмотря на многонедельные измерения большой серии образцов, активность ^{39}Ag не была обнаружена. Это доказывает, что взрыв не мог носить ядерного характера. Остается кометная гипотеза. А отсюда со всей неизбежностью следует, что необходимо продолжать поиски на местности следов выпавшего космического вещества.

Сотрудниками Комплексной самостоятельной экспедиции, свыше 25 лет работающей в тунгусской тайге, доцентом Томского университета Ю. А. Львовым и его коллегами был предложен метод поиска космического вещества путем послыного изучения торфа на месте Тунгусского события. В этом районе широко распространены верховые торфяники сфагнум-фускум, которые получают минеральные вещества с атмосферными аэрозолями, выпадающими на поверхность торфа. По этой причине торфяники ежегодно захороняют пыль, оседающую на их поверхность, и «разрезают» колонку торфа, можно выделить слой, включающий прирост 1908 г. — так называемый катастрофический слой.

Сотрудники Комплексной самостоятельной экспедиции обнаружили в катастрофических слоях торфа резкое увеличение содержания силикатных шариков раз-

мером от десятков до сотен микрон. Эти работы были выполнены еще в начале 70-х годов, но и в настоящее время изучение шариков продолжается. Мы попытались исследовать найденные шарики с помощью нейтронно-активационного анализа и обнаружили, что они представляют собой резко дифференцированное вещество, обедненное сидерофильными элементами (Fe, Co) и обогащенное легкими и летучими элементами (Al, Na, Zn, Cs). Результаты этой работы количественно коррелируют с результатами химических анализов торфа, выполненных нами совместно с С. П. Голенецким и В. В. Степанком. Послойный анализ проб торфа, отобранных вблизи знаменитой Сусловской воронки, которую еще в конце 20-х годов раскапывал первый исследователь Тунгусского падения Л. А. Кулик и его экспедиция, показал резкое увеличение содержания многих элементов, и прежде всего летучих (Na, Zn, Pb, Br, Hg и др.).

На основании такого набора элементов и их количественного соотношения можно заключить, что данная аномалия не могла быть вызвана поднятой взрывом, а затем осевшей пылью земного происхождения. Не могла она возникнуть и в результате консервации в торфе вещества упавшего на Землю обычного метеорита. По составу обнаруженное вещество наиболее близко к углстым хондритам I типа — очень редким метеоритам, отвечающим по составу, как сейчас принято считать, первичному протопланетному веществу. Но и в этих метеоритах нет такого количества летучих, которое содержится в погребенном веществе катастрофического слоя. Вероятнее всего, в торфе было законсервировано кометное вещество, очень богатое летучими элементами.

Однако поиски в других точках того же болота не дали аналогичных результатов: есть некоторые вариации состава, но такой яркой аномалии больше пока не обнаружено. Мы это объясняем тем, что выпадение космического вещества было как бы пятнистым. Кроме того, условия консервации этого веще-

ства разными торфяниками были различны. В случае падения не метеорита, а кометы могла сказаться также неоднородность состава ее ядра.

Но давайте все-таки вернемся к аномальным содержаниям иридия, отмеченным на границе мела и палеогена. Поскольку Тунгусское событие и событие на рубеже мела и палеогена могли иметь сходную природу, необходимо в ближайшее же время попытаться исследовать содержание иридия в различных слоях торфа на месте Тунгусского падения. Хотя надо признать, что вещество здесь может быть отличным от того, которое обнаружено на границе мела и палеогена. И все же надежда на положительный результат есть. В этой связи стоит также вспомнить, что повышенные содержания иридия недавно были обнаружены Р. Гапанати в слоях антарктического льда, относящихся к 1908 г.

Чтобы доказать, что аномалия в химическом составе торфа была вызвана космической причиной, нами исследовался изотопный состав свинца в колонке торфа с места Тунгусского события¹. Свинец оказался одним из самых аномальных элементов в этой колонке: отмечено почти 20-кратное увеличение его содержания по сравнению с соседними слоями. Выяснилось также, что по изотопному составу свинца катастрофический слой отличен не только от верхнего и нижнего слоев той же колонки, но и от верхнего слоя контрольной колонки и от так называемого обыкновенного свинца района Тунгусского катастрофы. По изотопному составу свинца катастрофический слой оказался близок к железным метеоритам II типа, в которых также присутствует радиоактивный свинец, «не поддерживаемый» соответствующим количеством урана и тория. Интересно, что содержание урана и тория в торфе из района Тунгусского события на 4 порядка ниже, чем требуется для объяснения образования радиогенно-

го свинца за счет радиоактивного распада этих элементов.

Так как изотопные исследования свинца весьма трудоемки, нами была сделана попытка найти более приемлемый критерий поисков космического вещества. Было решено воспользоваться изотопным составом легких и летучих элементов, слагающих основную часть вещества комет. Наиболее яркой аномалией должен обладать водород, поскольку колебания в его изотопном составе очень велики. Интересен также изотопный состав углерода, азота и серы.

Мы исследовали изотопный состав водорода и углерода в одной из колонок, отобранных в районе болота Бублик на месте Тунгусского события². Болото это бессточное, поэтому там следовало ожидать накопления или, по крайней мере, сохранения космического вещества. Мы нашли, что водород катастрофического слоя примерно на 15‰ «легче» водорода соседних слоев, углерод же катастрофического слоя примерно на 0,9‰ «тяжелее». Обнаруженные изотопные сдвиги нельзя, по всей вероятности, объяснить какими-то физико-химическими причинами или колебаниями в температуре, так как эффект по водороду противоположен эффекту по углероду. Скорее всего, изотопные эффекты вызваны присутствием вещества, близкого к углстым хондритам I типа или, что еще вероятнее, кометного вещества.

Остановимся особо на изотопном составе углерода. Обнаружив, что катастрофический слой торфа отличен от соседних по составу углерода, мы, естественно, заключили, что в него был принесен какой-то углерод, отличающийся по изотопному составу. Но заведомо известно, что принесенный космический углерод должен быть «мертвым» по ¹⁴C, поскольку этот изотоп во внутренних слоях большого Тунгусского космического тела (по современным оценкам, около 1 млн т) должен был полностью распасться. Поэтому очень важно, что наша

¹ Колесников Е. М., Шестаков Г. И. — Геохимия, 1979, № 8, с. 1202.

² Колесников Е. М. — Доклады АН СССР, 1982, т. 266, № 4, с. 993.

работа, свидетельствующая об искусственном привносе «мертвого» углерода, была подтверждена работой Л. В. Фирсовой с сотрудниками³. В двух из семи исследованных деревьев из района катастрофы они обнаружили резкое понижение содержания ^{14}C после 1908 г.

Склоняясь к мысли о космической (точнее, кометной) природе Тунгусского события, я хотел бы в заключение подчеркнуть, что исследование вещества с места этого события может дать нам представление и о более древнем событии, произошедшем на рубеже мела и палеогена.

Вулканизм как альтернатива космической катастрофы

И. В. Мелекесцев

Как только были обнаружены аномальные содержания иридия на границе мела и палеогена (65 млн лет назад), наряду с космическими стали обсуждаться и земные причины их появления. Было высказано предположение, что эта аномалия порождена вулканическими процессами, так как на конец мела — начало палеогена приходится кульминация одного из самых мощных в кайнозойском этапе вулканизма. Именно тогда возникло знаменитое трапповое плато Декан в Индии площадью более 500 тыс. км², образовались огромные покровы базальтов в Шотландии, на побережье Лабрадора, в Гренландии и на Шпицбергене. Базальтовые вулканические породы мел-палеогенового возраста широко распространены в пределах островных дуг обрамления Тихого океана и во многих других



Иван Васильевич Мелекесцев, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института вулканологии ДВНЦ АН СССР. Научные интересы связаны с геоморфологией вулканических областей, историей формирования вулканов, стратиграфией плиоцен-плейстоценовых вулканогенных толщ.

местах. Судя по данным глубоководного бурения, мел-палеогеновые базальты покрывают также обширные участки дна океанов.

Мел-палеогеновый вулканизм отличался двумя особенностями. Во-первых, магматическое вещество быстро поступало на поверхность с очень больших глубин — непосредственно из мантии. Во-вторых, скорость выноса вулканических продуктов была в несколько раз выше современной, которая также достаточно высока (8—11 км³/год). Точно определить объем пород, изверженных в это время, пока нельзя, однако с учетом океанических базальтов он был не менее 1 млн км³.

Глубинная природа лав и громадные масштабы излияний могли быть причиной того, что на поверхность поступало значительное количество компонентов, типичных для больших глубин. В частности, большое количество тяжелых металлов. Захоронившись в морских или континентальных осадках, эти глубинные компоненты могли стать источником аномальных концентраций ряда элементов, в том числе и иридия.

Правда, могут возразить, что содержание иридия в вулканических породах не превышает 0,5 нг/г, а в аномальных погра-

ничных слоях его содержится до 87 нг/г. Но не обязательно иридий накапливался в самих вулканических породах. В этой связи стоит вспомнить об извержении вулкана Килауза (о. Гавайи) в 1983 г. Во время этого извержения в вулканических породах не отмечалось повышенных концентраций иридия, зато газообразные продукты извержения во много раз повысили содержание иридия в атмосфере над вулканом. Причина этого — выделение иридия из магмы в виде высокотлетучего соединения IrF_6^1 .

Таким образом, отсутствие повышенных концентраций иридия в вулканических породах еще ни о чем не говорит, поскольку эти породы «отработаны», т. е. в значительной мере лишены летучих компонентов и видоизменены по сравнению с исходной магмой. Следовательно, все, что вулкан вынес на поверхность, не обязательно должно войти в состав лав, а может аккумулироваться в морских и вулканогенно-осадочных отложениях, синхронных извержению вулкана.

Сколько иридия «улетело» с вулканическими газами и каково соотношение вынесенного иридия и иридия, оставшегося в изверженных породах, пока не установлено. Однако можно предположить, что количество их соизмеримо. Основываясь на том, что в лавах вулкана Килауза во время извержения 1983 г. содержалось, согласно оценкам разных авторов, от 0,055 до 0,44 нг/г иридия, легко подсчитать, что 180—200 тыс. т этого металла (которые ориентировочно содержатся в аномально обогащенном иридием пограничном мел-палеогеновом слое) могли быть вынесены при извержении всего 0,15—1 млн км³ базальтовых лав. Но возможно, что на самом деле в кульминационный период мел-палеогеновой вулканической активности объем лав был куда большим.

Если высказанное предположение верно, то в дальнейшем

³ Фирсова Л. В., Журавлева В. К., Панычев В. А. Результаты анализов концентраций радиуглерода в слоях древесины лиственницы из района Тунгусского падения. — В сб.: Метеоритные исследования в Сибири (75 лет Тунгусскому феномену). Новосибирск, 1984, с. 67.

¹ Zoller W. H., Parrington J. R., Phelan Kofra J. M. — Science, 1983, v. 222, № 4628, p. 1118.

будет обнаружено еще несколько аномально обогащенных иридием слоев осадков, отвечающих наиболее мощным в истории Земли параксизмам базальтового вулканизма.

Массовые базальтовые излияния, происходившие на обширных пространствах суши и на дне океанов, могли иметь непосредственное отношение и к другой группе природных событий конца мезозоя — резкому вымиранию многих господствовавших представителей мезозойской фауны. Дело в том, что интенсивная вулканическая деятельность должна была сопровождаться мощными и повсеместными тектоническими и геоморфологическими процессами, а также резким усилением дегазации земных недр. Одним из следствий этого явилась, вероятно, регрессия в конце мела мелководных теплых морей, занимавших ранее огромные площади. Гибель населявших эти моря известных жгутиковых водорослей — кокколитофорид и простейших животных — фораминифер, поглощавших ранее значительную часть поступающей из земных недр углекислоты, могла привести, как предполагает К. Н. Несис, к парниковому эффекту и значительному повышению температуры воздуха и поверхностного слоя океанов. Это повышение должно было происходить даже при нормальном темпе вулканизма.

Совпадение же во времени интенсивной дегазации земных недр (как известно, CO_2 — один из главных компонентов магматических газов) с гибелью части потребителей углекислоты могло бы еще больше усилить глобальный парниковый эффект. А за этим, безусловно, должно было последовать вымирание животных и растений, хуже приспособленных к резкому повышению температуры. Эту причину вымирания можно назвать термической.

Для животных, обитавших непосредственно в вулканических областях, значительную опасность представляли также твердые и жидкие вулканические продукты. При сильных извержениях лавы и грубообломочный пирокластический материал покрывали десятки и сотни квадратных километров, а

тонкий пепел выпадал на площади в десятки и сотни тысяч квадратных километров. Следует отметить особую опасность вулканического пепла, мельчайшие остроугольные частицы которого поедаются животными вместе с растительной пищей, травмируя их внутренние органы. Большое количество тончайшего пепла, который обычно поднимается при малейшем ветерке или просто при ходьбе, несомненно, попадало в дыхательные пути животных.

Достаточно показательна в этом отношении «недавняя» (35—45 тыс. лет назад) массовая гибель от засыпанного центральных районов Камчатки тонкого пепла таких крупных животных, как мамонт, бизон, шерстистый носорог. Многочисленные остатки этих животных постоянно вымываются р. Камчаткой из богатых пеплом отложений.

Кроме того, очень опасны для жизни газообразные и легкорастворимые продукты извержений, которые, если судить по результатам изучения современного базальтового вулканизма, в больших количествах попадают в атмосферу и гидросферу. Например, в результате Большого трещинного Толбачинского извержения 1975—1976 гг. на Камчатке, во время которого было извергнуто около 4 млрд т базальтов, концентрация опасных для жизни веществ в воздухе, поверхностных и подземных водах повысилась в десятки, сотни и даже тысячи раз². Постоянно выпадали кислые дожди. В результате одного только этого извержения многие животные и растения исчезли на площади более 100 км².

Еще опаснее по своим последствиям было трещинное извержение Лаки 1783 г. в Исландии. Лава этого извержения покрыла площадь 565 км². В результате извержения на острове погибло 21,5 % населения, 50 % крупного рогатого скота, 76 % лошадей, 79 % овец. Главная причина их гибели — заражение воздуха и воды вредными веществами и выпадение пепла.

Что же касается базальтового вулканизма на рубеже мела и палеогена, то подобных и еще более сильных извержений тогда было так много и происходили они на столь обширных территориях, что опасность для животного мира была еще выше. В связи с высокой интенсивностью вулканизма опасная для живых организмов концентрация вредных веществ могла поддерживаться в вулканических районах на протяжении тысяч и десятков тысяч лет. Таким образом, вулканизм можно рассматривать как вполне реальную причину массового вымирания животных в конце мела — начале палеогена.

^{*} Несмотря на определенные достижения, исследования по проекту «Редкие события в геологии» находятся на самом начальном этапе. Пока не найдены убедительные доказательства того, что столкновения Земли с крупными космическими телами играли важную роль в развитии внешних оболочек нашей планеты и органического мира на протяжении всей геологической истории. Да и само существование периодичности массовых вымираний, строго говоря, еще не доказано. По этой причине перед палеонтологами, работающими в рамках проекта, стоит задача суммировать и проанализировать на принципиально новом уровне имеющиеся данные о геологическом распространении всех известных таксонов древних животных и растений. Геохимикам же предстоит выяснить основные закономерности распределения иридия в атмосфере, природных водах, вулканических газах, установить, как этот элемент ведет себя в осадочном процессе. Столь же сложные задачи стоят перед геологами и стратиграфами, петрографами и литологами, вулканологами и астрономами, входящими в состав рабочей группы проекта.

В настоящее время вопросов поставлено больше, чем получено ответов. Но только в процессе разрешения этого противоречия и рождаются новые научные представления.

Публикацию подготовила
Л. Д. Майорова.

²Большое трещинное Толбачинское извержение. М., 1984.

Первые шаги в изучении белухи

Г. Н. Огнетов
О. Н. Минибаева

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н. М. Книповича
Министерства рыбного хозяйства СССР
Архангельск

Изучать морских млекопитающих в природе трудно, поэтому их стали содержать в океанариумах и вольерах, и большая часть сведений о многих китах, например, получена именно из наблюдений за ними в искусственных условиях. Когда

Буксировка белух от судна к временному вольеру.

из работ с мелкими китообразными стало ясно, что их можно одомашнивать, интерес к ним возрос еще более. Список морских млекопитающих, ставших обитателями океанариумов и вольер, расширяется год от года.

Нас заинтересовала белуха (*Delphinapterus leucas*) — млекопитающее семейства нарваловых подотряда зубатых китов. Обитает она в арктических морях, и, может быть, поэтому ее пока нельзя назвать обычной жительницей океанариумов, в отличие от афалины, морской свиньи, гринды. Опыт ее содержания в искусственных условиях имеется только в дельфинариях США и Канады.

Белуха довольно крупное животное — до 6 м в длину и массой до 1,5 т. Она прекрасно приспособлена к жизни в арктических морях: белая

окраска взрослых животных делает их незаметными на фоне льдов, отсутствие спинного плавника позволяет свободно передвигаться подо льдом; толстый слой жира служит для термоизоляции и обеспечивает энергией во время длительных периодов голодания. Благодаря отличным навигационным качествам, хорошему зрению и слуху, белуха может добывать пищу вблизи берегов, а в погоне за рыбой подниматься в северные реки на 2 тыс. км.

Изучать биологию белухи на воле непросто, потому что наблюдать ее можно лишь в течение короткого полярного лета, да и слишком труднодоступен сам район обитания. Это побудило нас начать ее изучение в искусственных условиях. Но прежде было необходимо отловить несколько животных и переправить их к месту нового



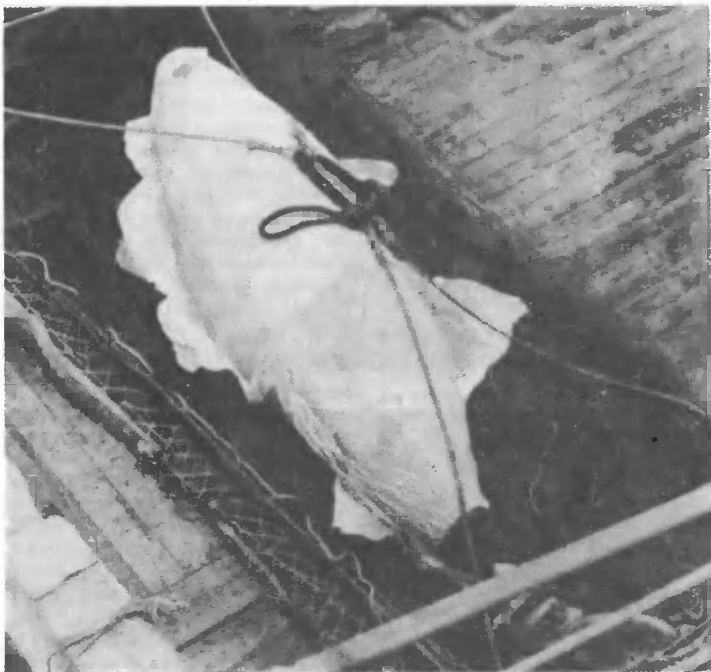


Белух поднимают на борт судна в специальных носилках (слева).

жительства. Об этом и пойдет речь.

Для океанариумов и различных лабораторий ежегодно отлавливаются сотни дельфинов различных видов. Применяются разные способы лова. Сразу несколько животных отлавливают обычно кошельковым неводом, для индивидуальной ловли используется специальная сетка-накидка или клешня-хапун. Нередко дельфинов загоняют на отмель или закрывают в мелких и узких заливах. В каждом конкретном случае приходится выбирать свой способ лова. Для белухи наиболее пригодным мы сочли лов в загон-невод, хотя белуха ходит стадами от нескольких десятков до нескольких тысяч особей.

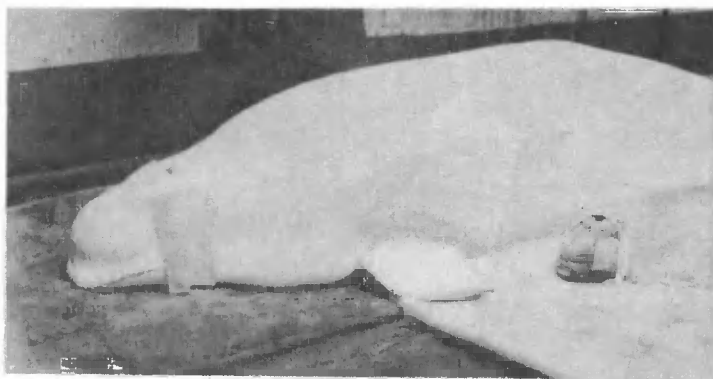
Ставной невод длиной 600 м, состоящий из соединенных между собой капроновых сетей высотой от 4 до 10 м и диаметром ячеек 40 см, устанавливали в прибрежных районах, прикрепляли невод к грунту при помощи якорей, а верхнюю часть невода держали на плаву за счет крупных кусков пенопласта. Два-три катера загоняли белух в невод, и как только стадо оказывалось в нем, выход закрывали. Поскольку ячей невода были крупные, животные часто запутывались в нем и не могли самостоятельно выбраться из загона. Их приходилось выпутывать с большой осторожностью, чтобы не повредить грудные плавники. Во время лова белухи вели себя по-разному: одни пытались нырнуть вниз и уйти от катера, другие же оставались у поверхности, пока их выпутывали из невода.



Транспортировка белух на небольшое расстояние в тех же носилках (вверху). Белухи на палубе.

Чтобы не высыхали кожные покровы, белух покрывали тканью и поливали морской водой (внизу).

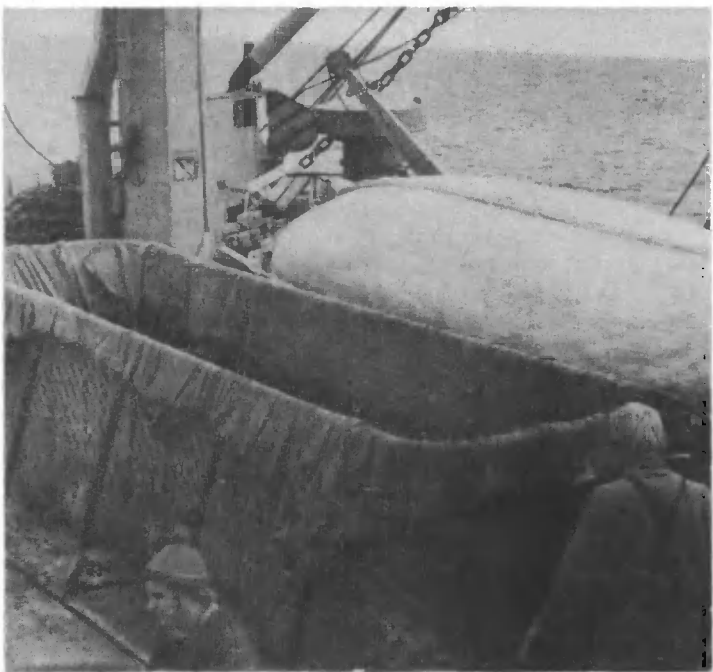




Серая самка с детенышем. Глаза закрыты наглазниками из мягкой влажной ткани.

Транспортировка белух на дальнее расстояние в специальных ваннах, наполовину заполненных водой.

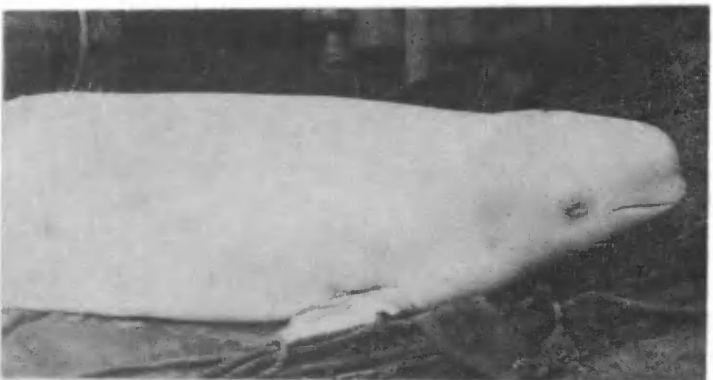
«Поющая» белуха. Издавая звуки, она приподнимает голову.



Ни одна белуха не вела себя агрессивно.

Вначале, чтобы доставить отловленных животных от загона к судну, на хвостовой стебель и туловище (за грудными плавниками) надевали ремни-стропки с поролоновыми прокладками, а под брюхо подводили носилки (две тонкостенные металлические трубы длиной 4 м, соединенные полотном сетки и брезентом, для плавучести оснащенные специальными приспособлениями) и буксировали на малой скорости. Позже мы отказались от буксировки в носилках, так как волна, идущая от катера, захлестывала белуху, да и скорость буксировки была очень невысока. Оказалось, что удобней и проще буксировать животных, привязанных к борту катера с помощью кожаного ремня, закрепленного на туловище скользящей петлей. Движения животных, буксируемых таким образом, были лишь ограничены: идя головой к носу катера, они могли опускаться в воду (хотя и неглубоко) и самостоятельно выныривать на поверхность для вдоха.

Грузовой стрелой животных поднимали на судно в носилках и укладывали либо прямо на палубе, либо на мягкую подстилку из поролона и брезента, либо в специальную проточную ванну размером $5 \times 1,5 \times 1,5$ м с внутренним гамаком. Если белух приходилось перевозить на палубе, на глаза накладывали тонкие наглазники, тело накрывали мягкой тканью и постоянно смачивали морской водой, чтобы сохранить влажность и упругость кожных покровов.



Доставив белуху к бухте, ее помещали во временный вольтер — участок бухты (150×20 м), отгороженный капроновой сетью, буквально укладывали животное на дно мелко-водя головой к берегу (чтобы волны не заливали дыхало), и освобождали от ремней. Отдохнув после буксировки, животные через некоторое время хвостом вперед уходили на глубину и делали первый вдох далеко от берега.

Буксировку белухи обычно переносили хорошо. Только одна самка, которая впоследствии стала доминирующей в стаде, прибыла в вольтер в плохом состоянии, двое суток она была почти неподвижна, висела на одном месте, выставив из воды дыхало и опустив хвост (обычно это поза отдыха). Интересно, что все двое суток возле нее неотлучно находились две серые самки (как известно, белухи рождаются аспидно-синими, с возрастом постепенно светлеют, становятся серыми, а затем светло-серыми и наконец белыми), которые вместе с ней часами висели у поверхности воды, не погружаясь, и отталкивали ее подальше от мелко-водя, куда ее относил течение. На третий день «больная» пришла в себя и сгала плавать по всему вольтеру.

Все белухи (это были, судя по цвету, животные разного возраста) плавали группой, первой шла доминирующая самка, за ней крупные серые белухи, замыкали группу обычно синие. Эти синие подростки пристраивались то спереди, то сзади или уходили в сторону от общего направления. В хорошую солнечную погоду большую часть суток белухи находились в движении, лишь ненадолго оставаясь у поверхности с выставленным дыхалом. В дождь, снег, при сильном ветре или волнении они уходили в толщу воды, редко выныривали и всего на несколько секунд, чтобы выдохнуть и вдохнуть воздух, выставляли дыхало. Примечательно, что длительность дыхательных пауз была очень разной: от 5—7 до 140 с. Спокойно плавающие животные делали вдохи каждые 20—40 с, в возбужденном состоянии при быстром плавании

они делали серию быстрых вдохов с паузами в 5—7 с, погружались в воду и выныривали для нового вдоха иногда только через 140 с. Нередко напуганные резким движением человека в лодке или ударом весла по воде, а также брошенной в воду рыбой, животные делали выдох под водой — на поверхности появлялся огромный воздушный пузырь. Двигаясь группой, белухи выныривали для вдоха почти одновременно.

В стаде разновозрастных белух был маленький (около 150 см) сосунок с еще не отпавшей пуповиной. Он постоянно следовал за доминирующей самкой и почти синхронно выныривал для вдоха, часто играл с ней. Мы надеялись, что одна из серых самок, незадолго до прибытия в вольтер потерявшая своего детеныша, заменит ему мать, но так не случилось. Был в стаде не крупный, но достаточно мощный серый самец (длинной 380 см), тело которого возле головного выступа и дыхала было покрыто многочисленными шрамами в виде оспин. Очевидно, это были следы какого-то перенесенного кожного заболевания. Интересно, что такие оспины удавалось обнаружить только на коже синих и серых белух, кожа белых животных не имела повреждений.

Ни во время отлова белух, ни раньше нам не приходилось встречать животных, имеющих какие-либо индивидуальные особенности в окраске, но по шрамам и царапинам на коже мы научились различать их между собой. К концу двухнедельного пребывания белух во временном вольтере мы узнавали их не только по внешнему виду, но и по поведению, по длительности и тембру звука, издаваемого во время выдоха — вдоха. Легко было узнать самца: он безбоязненно подплавывал к лодке, с которой мы наблюдали за животными, касался дна лодки хвостом, лежал на боку, плавал вокруг нее и внимательно рассматривал нас через воду.

Наши подопечные сами добывали себе рыбу. Попытки приучить их к снулой рыбе оказались безуспешными: белухи интересовались ею, как любым

брошенным в воду предметом, но никогда не брали ее.

Свое название белухи получили за белый цвет взрослых животных, но их называют и по-другому — морскими канарейками — за свисты, трели, скрипы, щелбет, цоканье, тихое поскрипывание. Когда животных буксировали к судну, об их «пении» в воде мы скорее догадывались по выходящим из дыхала пузырьками воздуха, чем слышали его из воды. Но зато на палубе звуки были более явственными, причем, «разговаривая», животные резко взмахивали головой. Особенно говорливыми белухи стали в то время, когда их укладывали на перолоновые матрацы. Из различных по высоте и тональности звуков выделялся более сильный и громкий голос самца.

Продержав животных две недели во временном вольтере, мы переселили их на постоянное место жительства в дельфинарий в Дальних Зеленцах. Но это уже был не морской путь, а воздушный. Только первые несколько минут на борту самолета встревоженные белухи беспокойно «переговаривались», все остальное время полета, а также при взлетах и посадках они были молчаливы и выглядели вполне спокойными. Салон, в котором летели белухи, был герметизирован, в нем поддерживалось постоянное давление, которое соответствовало давлению на высоте 1500 м над ур. м. И хотя трасса проходила на высоте 5—7 тыс. м, все белухи благополучно перенесли воздушное путешествие.

Итак, снарядив экспедицию в Карское море, мы отрабатывали на практике метод отлова белух и их транспортировку по морю, а затем и по воздуху. Чисто биологических сведений пока получено мало: кое-что мы узнали о поведении животных. Дальнейшие исследования, ради которых и была предпринята экспедиция, нам предстоят.

От «Челюскина» до «Сомова»

3. М. Каневский



Зиновий Михайлович Каневский, гляциолог, участник арктических экспедиций, почетный полярник, член Союза писателей СССР, автор десяти научно-популярных и научно-художественных книг, посвященных исследователям Арктики и Антарктики, в том числе: Цена прогноза. Л., 1976; Леды и судьбы. М., 1980; Это было в полярных широтах. М., 1985. Неоднократно публиковался в «Природе».

В марте 1985 г. на Крайнем Юге планеты, под 75-й параллелью, в условиях стремительно наступающей полярной ночи попало в ледовую ловушку научно-экспедиционное судно «Михаил Сомов», проводившее очередной рейс в Антарктиду. Оно дрейфовало вместе с полями плавучих льдов, и никто не знал, когда судно сможет выбраться из переделки и сможет ли вообще...

Что и говорить, эти вести внушали тревогу, несмотря на оптимистические заверения полярных специалистов. Даже те, кто мало искушен в навигации, да еще — антарктической, ясно представляют себе, что испытывают люди на судне, подвергающемся постоянному давлению миллионнотонных масс льда, причем в условиях непроглядной ночи, тридцатиградусных (и усиливающихся с каждым днем) морозов и ветров, которые здесь почти всегда достигают скорости урагана.

«Михаил Сомов» — и это обстоятельство крайне важно — не ледокол, а обыкновенное дизель-электрическое судно, правда, «усиленного ледового класса», т. е. способное самостоятельно ходить среди дрейфующих льдов без проводки ледокола. К тому же, ситуация резко осложнялась фактором, почти не имеющим практического значения на другом конце света, в Арктике: здесь, в антарктических

водах, кочевали грозные айсберги, впаявшиеся в соленый лед исполинские глыбы пресного льда, отколовшегося от единого ледяного покрова Антарктиды. Такие же неуправляемые, как сейчас «Михаил Сомов», носимые по Южному океану силой течений и ветров (а также силой инерции собственной массы), эти плавучие горы могли в любое мгновение оказаться рядом с судном, навалиться на него, раздавить.

Трудностей и прямых опасностей было хоть отбавляй! «Сомова», например, могло вынести в район малых глубин, «насадить» на мель, и тогда уже мало что спасло бы его от объятий льдов. А поскольку судно дрейфовало в одном из мало изученных районов Антарктики, никто не в состоянии был дать более или менее надежного прогноза. Говорили осторожно: «Подобное уже случалось. Тот же «Сомов» в 1977 г. попал в передрыгу и пятьдесят шесть суток был зажат в районе станции «Ленинградская». Знаменитая «Обь», наш антарктический первопроходец, в апреле—июне 1973 г. тоже находилась в ледовой западне, однако в итоге выбралась на чистую воду. Так что будем надеяться. Наверное, в августе — сентябре, в крайнем случае в октябре, 1985 г. «Сомов» выйдет из льдов. Если, конечно, до того времени ничего не произойдет...» Чтобы ничего не произошло и чтобы «Сомов» как можно

скорее вернулся домой — готовиться к очередному осеннему рейсу в Антарктику, — была немедленно снаряжена специальная спасательная экспедиция, первая экспедиция такого рода и размаха для Антарктики. 10 июня из Владивостока вышел в рейс ледокол «Владивосток».

Когда мы вслушивались в сообщения с Крайнего Юга, видели на экранах телевизоров карты и схемы сложившейся обстановки, когда звучали приглушенные невероятными расстояниями и радиопомехами голоса участников событий, мы, в первую очередь, тепло и сочувственно думали именно о них. И хотя нас уверяли, что на судне все в порядке, в полном объеме продолжается работа, в помещениях тепло и светло — все равно было неуютно на душе. Тем более, что от нас не скрывали: запасы топлива ограничены, вся надежда — на те несколько сот бочек с горючим, которые плывут на борту ледокола, а потом с помощью вертолета Ми-8 «переедут» на застрявшее судно. Экипаж «Сомова» тоже поредел, еще на ранней стадии дрейфа вертолетами было эвакуировано на работавший неподалеку теплоход «Павел Корчагин» около восьмидесяти человек. Теперь на «Сомове» оставалось чуть больше пятидесяти членов экипажа и научных сотрудников, и жилось им, естественно, туго, нервно. Однако речи об отчаянии, о неизбежной трагедии идти, разумеется, не могло — на дворе стояли 80-е годы XX столетия, время, славное своими выдающимися научно-техническими достижениями. И все верили: их спасут, и экипаж, и судно. А у людей среднего и старшего поколений в эти дни не могло не возникнуть воспоминаний о событиях полувековой давности — о челюскинской эпопее, да и не только о ней.

Тогда, в 1933—1934 гг., внимание всего мира в течение многих месяцев было приковано к крошечной точке на карте Чукотского моря. Сперва эта точка, символизирующая пароход «Челюскин», довольно быстро двигалась вместе с дрейфующими льдами, затем ее бег притормозился, а 13 февраля 1934 г. пароход был раздавлен льдами, ушел в пучину, и на его месте возник дрейфующий ледовый лагерь с населением в сто четыре человека, среди которых были десять женщин и две маленькие девочки (одна из них родилась за полгода до того на борту «Челюскина», в Карском море, почему и носила имя Карина).

Этих людей тогда еще не называли

челюскинцами, они еще не были единым сплоченным коллективом — они стали им в процессе двух месяцев жизни на льдине. С Большой землей их связывало лишь радио, причем капризы ионосферы, магнитные бури не раз оказывались сильнее мастерства Эрнста Кренкеля и его коллег, челюскинских радистов. А на чукотской полярной станции «Уэлен» радиопереговоры с ледовым лагерем бесценно вела одна единственная радистка Людмила Шрадер, «наша Людочка», как любовно звали ее челюскинцы. Она несла круглосуточную вахту, спала урывками, ее никто не мог подменить, плюс ко всему радистку изматывали жестокие приступы аппендицита. Врач зимовки Фавст Леонидович Леонтьев настаивал на немедленной операции, но Людмила Шрадер согласилась на нее лишь после того, как последний челюскинец оказался вне опасности!

Вглядимся пристальнее в облик эпохи, вспомним особенности тех времен. Начало 30-х годов, эра героических свершений в Арктике, но одновременно — отнюдь не век атомных (или хотя бы дизель-электрических) ледоколов и вертолетов, быстродействующих счетно-решающих машин и искусственных спутников Земли. Большинство из этих понятий вообще не существовало в природе; ни один, даже самый гениальный ученый не мог зримо представить себе возможностей атомной энергии, роли «мирного атома» в будущем техническом прогрессе человечества. Да что там атом — самый мощный по тем временам арктический ледокол «Красин» (находившийся на поистине «вселенском» расстоянии от лагеря челюскинцев — в Ленинграде) располагал машинами всего в десять тысяч лошадиных сил — в два с половиной раза меньше, чем у «Владивостока», далеко не самого могучего ледокола наших дней!

Люди, попавшие в беду, проявляли самые лучшие человеческие качества. У них хватало и воли, и выдержки, и самоотверженности, чтобы вынести испытания, но спастись без помощи извне они были не в состоянии. Те, в общем-то не столь страшные, казалось бы, сто пятьдесят — двести километров до чукотского берега, были абсолютно непреодолимы для большого коллектива, в котором имелись и пожилые, и больные люди, и дети, а путь предстоял тяжелейший, через торосы и разводья, сквозь ночь и пургу... Начальник экспедиции Отто Юльевич Шмидт с первого же дня пребывания на льдине недвусмысленно дал понять, что не потерпит



Пароход «Челюскин» во льдах Чукотского моря зимой 1933/34 г.

никакой «инициативы», не позволит сильным оставить слабых и спастись «кто как может». Он твердо заявил, что все они будут ждать помощи с материка и помощь эта непременно придет.

Уже на следующий день после катастрофы в Москве была создана правительственная комиссия. Она рассмотрела все мыслимые методы и способы спасения, в том числе и весьма смелые, даже экзотические — их в изобилии предлагали не только специалисты, но и огромное количество бескорыстных энтузиастов, заваливших комиссию своими проектами. Предлагалось, например, направить в район катастрофы подводную лодку, которая всплыла бы посреди льдины в... проруби, заранее подготовленной челюскинцами! Или — сбросить в лагерь с воздуха танк-амфибию, приспособить для вывоза людей прыгающие воздушные шары, конвейер-канат с корзинами (наподобие кресельно-канатных дорог в горах), который забирал бы людей прямо в пролетающий над ними самолет... Один пилот прислал чертеж изо-

бретенной им катапульты, что позволило бы резко сократить размеры взлетной площадки на льдине. Словом, проектов хватало, но необходимо было сосредоточиться на самых реальных.

Поначалу всерьез рассматривалась идея «поезда» из собачьих упряжек. Молодые зимовщики станции «Уэлен» Николай Хворостанский и Игорь Ардамацкий с помощью местных пограничников во главе с Андреем Небольсиным уже начали формировать такой караван из десятков нарт и сотен собак. Неисповедимыми путями достиг Чукотки (а она, можно же считать, в ту пору находилась на таком же расстоянии от цивилизованных мест, как сегодняшняя Антарктида от Евразии) замечательный человек, путешественник, педагог и литератор Василий Ерошенко, который хотел добраться на собаках до «лагеря Шмидта» и вывезти оттуда хотя бы одного человека, а ведь Ерошенко был слепым!

Однако главная надежда возлагалась на авиацию — и на самолеты (около двух десятков машин самых разных марок), и на дирижабли, вертолетов же, как мы помним, тогда не существовало. Часть самолетов отправилась «своим ходом», по

воздуху, часть (плюс дирижабли) была погружена во Владивостоке на пароходы, двинувшиеся на север. Из Ленинграда курсом через Панамский канал вышел «Красин», легендарная «палочка-выручалочка», за несколько лет до того спасший во льдах Арктики потерпевших бедствие участники воздушной экспедиции Умберто Нобиле. Советское правительство купило в США два новейших по тем временам самолета «Флейстер» — специально для спасения челюскинцев. Их пилотировали Сигизмунд Леваневский и Маврикий Слепнев, а обслуживали — американские механики Клайд Армистед и Билл Лавери (они вскоре стали первыми иностранцами, удостоенными высшей награды нашей страны — ордена Ленина).

Добрались до «лагеря Шмидта» только шесть самолетов. При вынужденной посадке в районе селения Ванкарем потерпел аварию Леваневский, пилот получил травмы, но он все же сумел доставить уполномоченного правительственной комиссии, известного полярного исследователя Г. А. Ушакова в ближайшую к дрейфующему лагерю точку на чукотском берегу, и со временем именно отсюда, из Ванкарема, начались спасательные полеты.

Первым осуществил посадку на льдину двадцатилетний Анатолий Ляпидевский с тремя членами своего экипажа. Двадцать девять раз вылетал он на поиски льдины с людьми и всякий раз вынужден был возвращаться из-за неполадок в машине или из-за непогоды. Наконец 5 марта 1934 г. он сел на самодельный челюскинский аэродром (его строили, поочередно сменяясь, три бригады, и тринадцать раз стихия ломала их взлетно-посадочную полосу!). Все женщины и дети были вывезены этим рейсом в Уэлен, после чего, при попытке совершить следующий полет в лагерь, Ляпидевский попал в аварию и больше уже к челюскинцам не летал.

В апреле в лагерь прибыли сразу несколько машин: Василия Молокова, Николая Каманина, Маврикия Слепнева, Ивана Доронина, Михаила Водопьянова. Эвакуация пошла полным ходом, в кабинах, в которых один-то человек помещается с трудом, стали размещать по-двое, по-трое, а Молоков и Каманин наловчились даже возить людей в деревянных парашютных ящиках, располагавшихся под плоскостями их маленьких бипланов Р-5! Ни один челюскинец не желал улетать в числе первых, каждый норовил уступить свою очередь другому, а женщины перед прилетом Ляпидевского устроили даже бунт,



Начальник челюскинской экспедиции О. Ю. Шмидт.

категорически отказываясь от каких бы то ни было привилегий, и потребовалось властное вмешательство О. Ю. Шмидта, чтобы пресечь «волнения»!

13 апреля, ровно через два месяца после гибели «Челюскина», последний обитатель лагеря занял место в самолете. Это был молодой моторист Сандро Погосов, который все два месяца вместе с двумя товарищами жил в пяти километрах от основного лагеря, исполняя обязанности коменданта ледового аэродрома. Когда за последней шестеркой челюскинцев сюда прибыли сразу три самолета, Погосов помог взлететь двум машинам, а затем, подталкивая за нижнюю плоскость прилипший лыжами к снегу Р-5 Молокова, на ходу вскочил в кабину!

Да, такая была тогда техника — самолет приходилось порой разгонять вручную, однако это всего лишь штрих, любопытный, но не более. Начинать нужно с того, что самой-то авиации было от роду чуть больше четверти века. Лишь в 1923 г. открылась первая в нашей стране пассажир-

ская авиатрасса Москва — Нижний Новгород, ровно через год состоялись первые полеты советских полярных авиаторов, а еще через четыре года один из самых первых, Б. Г. Чухновский, уже прославился на весь мир, спасая Нобиле. Весной 1934 г. молодые пилоты, гражданские и военные, вызволили из смертельной беды свыше ста челюскинцев.

Диву даешься сегодня, еще и еще раз перебирая в памяти те полеты — как ухитрились летчики проделать такое, причем без единой человеческой жертвы?! Неотапливаемые, открытые всем ветрам и морозам пилотские кабины маленьких, «из дерева и брезента», самолетиков; моторы, вполне сравнимые по мощности с моторами сегодняшних (и не самых сильных) легковых машин; полное отсутствие оборудованной авиатрассы, с ярко освещенными аэропортами и посадочными полосами, радиопеленгаторами и радиолокаторами; удручающая скудость аэро- и радионавигационных средств — ведь даже солнечные указатели курса появились уже после той эпопеи, а челюскинским пилотам приходилось пользоваться обычными магнитными компасами, которые, как известно, при полетах в Заполярье крайне ненадежны из-за близости магнитного полюса; слова же типа «радиопривод», «радиовысотомер», «гирополукомпас» по-настоящему вошли в лексикон полярных летчиков много позже. Добавим еще такую деталь, быть может — одну из самых существенных: все самолеты, кроме тяжелой двухмоторной машины Ляпидевского, пилотировались одним летчиком, не было на борту ни штурмана, ни радиста, ни бортмеханика. Штурманы и радисты в те времена вообще не входили в состав экипажей небольших самолетов, а механиков в полеты не брали «из экономии» — место механика доставалось очередному челюскинцу.

Сегодня, спустя полвека, мы отчетливо понимаем, почему именно они, летчики, спасшие челюскинцев, стали в апреле 1934 г. первыми обладателями Золотой Звезды Героя Советского Союза. Само это высшее в стране звание было установлено как раз в те дни. Позже, и в довоенные, и в послевоенные годы, это звание присваивалось многим гражданским полярным пилотам, полярным морякам, полярным исследователям — Арктика всегда была (и остается по сей день) природным полигоном, на котором проявляются и отрабатываются воля, храбрость, самоотвержен-

ность. А точкой отсчета стал тот, уже давний, апрель.

Мы привыкли к торжествам по поводу, скажем, возвращения с орбиты космонавтов, но нынешнему поколению необходимо напомнить, что первыми поистине всенародными торжествами были встречи полярников. Сперва — спасителей Нобиле в 1928 г., затем — челюскинцев. Ликовала не только родина героев — радовались все добрые люди в мире. За рубежом в продолжение всего дрейфа «Челюскина», а затем и «лагеря Шмидта», последовательно нагнетался пессимизм. Справедливо считая сложившуюся во льдах Чукотского моря ситуацию крайне опасной, зарубежные специалисты и комментаторы, даже дружелюбно настроенные (а ведь не следует забывать, что на политической карте мира уже по-хозяйски расположились и фашистская Германия, и фашистская Италия, и милитаристская Япония), пророчили гибель всем без исключения челюскинцам и тем, кто отважился вылететь к ним на помощь. Когда же эпопея блестяще завершилась, лучшие представители зарубежного мира от души приветствовали победителей. Громко прозвучали слова Бернарда Шоу: «Что вы за люди, большевики! Даже трагедию ухитрились превратить в триумф!»

...Весной 1984 г. группа челюскинцев побывала на Чукотке, в тех поселках, жители которых, чукчи и эскимосы, первыми встретили спасенных ровно за пятьдесят лет до того. Была среди почетных гостей и гидрогеолог из Ленинграда Карина Васильевна Васильева, та самая девочка, родившаяся в Карском море и вывезенная затем со льдины кавалером Золотой Звезды номер 1 Ляпидевским. Во время трогательной встречи в чукотской столице Анадыре к ней подошла пожилая учительница-эскимоска и, обнимая Карину, сказала: «Мне тогда было десять лет, и я хорошо помню, как все мы, взрослые и дети поселка Наукан у самого мыса Дежнева, переживали за судьбу челюскинцев. Пока судно дрейфовало, мы каждый день подолгу стояли на берегу моря, глядя в даль, словно чем-то могли помочь вам. Когда же «Челюскин» погиб, женщины и девочки поселка стали рисовать и вырезать маленькие палатки и сделали их ровно сто четыре штуки, по числу находившихся на льдине...»

Наверное, челюскинцев спасли и эти своеобразные талисманы, так похожие на всем известных японских «журавликов»!

Эпопея имела и, так сказать, сугубо

деловые последствия. Она выявила немало серьезных недостатков в молодом арктическом хозяйстве. Главсевморпуть не располагал ни сильными ледоколами, ни грузовыми судами, способными работать во льдах. Не хватало полярных станций на северном побережье Евразии, а без них невозможно гарантировать надежную радиосвязь, передачу регулярных сведений о погоде и льдах. Требовалось также резко усилить деятельность полярной авиации, начать планомерную воздушную ледовую разведку на протяжении всего Северного морского пути, обеспечивая тем самым безопасность навигаций.

Миновало совсем немного лет, и в Арктику пришли первые советские линейные ледоколы и ледокольные пароходы, на карте появились новые полярные зимовки, все больше машин вело разведку льдов по всей акватории Северного океана. Итогом этого этапа научно-практической работы на Крайнем Севере явилась грандиозная (не только по тем временам) воздушная экспедиция Шмидта — Водопьянова, высадившая на лед Северного полюса четверку папанинцев, первую в мире дрейфующую станцию. Это произошло 21 мая 1937 г.

Идея организации такой станции рождалась и бурно обсуждалась... в холодных палатках на челюскинской льдине! Именно там Отто Юльевич Шмидт, гидробиолог Петр Петрович Ширшов, радист Эрнст Теодорович Кренкель, геодезист Яков Яковлевич Гаккель, гидролог Павел Константинович Хмызников мечтали о том, как высаживаться когда-нибудь на дрейфующие льды в районе Северного полюса, чтобы заниматься там наукой, и только наукой! Их чаяния блестяще осуществились: Шмидт возглавил полюсную экспедицию, Ширшов и Кренкель составили половину папанинских четверки, многие челюскинцы приняли участие в подготовке этой и ряда последующих высокоширотных экспедиций, а высаживали на лед папанинцев в мае 1937 г. все те же прославленные челюскинские пилоты: М. В. Водопьянов, В. С. Молоков, М. С. Бабушкин...

С 1935 г. начались регулярные грузовые рейсы по Великому Северному морскому пути. Естественно, отнюдь не убывали трудности, случались и аварии, и драматические потери. Так, например, в навигацию 1937 г. на трассе вынужденно зазимовал весь наш ледокольный и грузовой полярный флот, двадцать семь судов, в их числе ледоколы «Красин» и «Ленин». Через год удалось высвободить из плена

все суда, кроме одного — ледокольный пароход «Г. Седов», чье рулевое управление было повреждено, остался во льдах с пятнадцатью членами экипажа на борту во главе с капитаном К. С. Бадигиным.

Ситуация оказалась еще более сложной, чем несколько лет назад с «Челюскиным». Линия дрейфа «Г. Седова» проходила в очень высоких широтах, там, где за всю историю побывал один-единственный корабль — прославленный нансеновский «Фрам». Более того, рекорд «Фрама» был превзойден, «Седов» оказался за 86-й параллелью, менее чем в четырехстах километрах от полюса, где и льды мощнее, и ночь длиннее, куда в конце 30-х годов очень и очень непросто было бы добраться спасателям. К тому же, в отличие от норвежского судна с его круглыми обводами (Фритъоф Нансен не прошел мимо векового опыта русских поморов и заимствовал конструкцию своего «Фрама» у них, строителей знаменитых судов-копей), «Г. Седов» имел прямые борта. Поэтому льды не выдавливали его вверх, а всей своей чудовищной массой норовили проломить корпус ледокольного парохода.

812 дней и ночей длился этот беспримерный дрейф беззащитного и, по мнению многих авторитетов, обреченного судна. Только за несколько осенних месяцев 1938 г. «Г. Седов» испытал пятьдесят одно ледовое сжатие, каждое из которых могло оказаться роковым. Неподалеку от судна седовцы подготовили аварийные склады, но их не раз пришлось перетаскивать с места на место из-за постоянных подвижек и разломов ледяных полей. Адски тяжелой была работа по околке корпуса, ею приходилось заниматься в любую непогоду, в крошечной зимней тьме. И так — не один, и даже не два года подряд...

Научную важность их дрейфа понимали все пятнадцать седовцев, хотя единственным полноправным научным сотрудником был лишь один из них, студент Ленинградского гидрографического института В. Х. Буйницкий, проходивший здесь, во льдах производственную практику (позже он стал профессором, доктором географических наук, был директором Арктического института, заведующим кафедрой в ЛГУ). С помощью остальных членов экипажа Буйницкий в течение всего дрейфа проводил регулярные гидрометеорологические, геофизические и другие исследования. Итогом стали уникальные сведения о природе Центральной Арктики, которые позволили крупнейшим полярным ученым сделать вывод о потеплении этой области

Земли в первой трети XX в., уточнить карту глубин Ледовитого океана, определить величины магнитного склонения, без чего невозможна навигация — ни морская, ни воздушная.

Активно помочь седовцам не мог никто. Лишь радио связывало их с Большой землей, и по радио они узнавали о том, что о них помнят, за их дрейфом следят, что на острове Рудольфа, самом северном в архипелаге Земли Франца-Иосифа, с апреля 1939 г. дежурит экипаж известного полярного пилота Г. К. Орлова, готовый в минуту опасности вылететь к «Седову» и спасти людей. Но к осени того же года скорость дрейфа ледокольного парохода заметно возросла, и уже в январе 1940 г. «Седов» оказался в Гренландском море, где его поджидал мощный ледокол, который и вывел героическое судно из льдов. Все пятнадцать моряков стали Героями Советского Союза, удостоился ордена Ленина и сам «Г. Седов».

В сущности, любая навигация в Арктике таит в себе угрозы и для людей, и для судов, и для самолетов. Наверное, не проходило года, чтобы на трассе не случилось аварий и даже катастроф. В повседневной жизни мы обычно как-то забываем (и вспоминаем об этом крайне неохотно), что стихия изначально всегда сильнее человека, и в том нет ничего уничтожительного для нас, людей.

Да, стихия, как таковая, сильнее человека и даже — человечества (вспомним о частых убийственных землетрясениях, извержениях, наводнениях), однако человек властен спорить с нею и выходить победителем, если только он будет надежно вооружен знаниями и техникой, если он способен, когда надо — отступить, когда надо — пойти «зигзагом». Последнее, к слову, становится едва ли не первейшим требованием при работе в полярных льдах. Опытные капитаны превосходно знают, что прямой путь здесь отнюдь не кратчайший, а выиграть время можно не только постоянным движением вперед, но и выжидающим, в надежде что ветер и течения разредят ледяные поля. Самый надежный вариант — найти среди льдов разводья, пусть узкие, пусть поначалу идущие вовсе не в том направлении, какое требуется. Этот парадокс в результате приводит к успеху.

За полвека, миновавшие с эпохи «Челюскина», в Арктике произошли разительные перемены, здесь появились такая техника и приборы, о которых не могли мечтать полярники 30-х годов. Вскоре после

Великой Отечественной войны в Северный Ледовитый океан вышли дизель-электрические ледоколы. Сперва — три: «Капитан Воронин», «Капитан Белоусов» и «Капитан Мелехов», затем — гораздо более мощные «Москва», «Ленинград», «Киев», «Мурманск», «Владивосток», с машинами в 26 тыс. лошадиных сил. Родился первенец в семье атомоходов, «Ленин», мощностью 44 тыс. л. с., к нему прибавились два атомных исполина, «Арктика» (ныне «Леонид Брежнев») и «Сибирь», по 75 тыс. л. с. каждый, и на подходе уже «Россия», а в умах кораблестроителей явственно витает супергигант, мощностью 150 тыс. л. с. По всеобщему убеждению, ему будут «по зубам» льды на трассе в течение круглого года!

Появились и грузовые суда, способные двигаться без сопровождения ледоколов во льдах, толщиной в целый метр (это серия типа «Норильск»). Они имеют мощность свыше 20 тыс. л. с., а на их борту размещаются 20 тыс. т груза. Такие суда, по мысли их создателей, принадлежат уже XXI в., и с каждым годом их будет на трассе все больше. Невиданно усовершенствовалось навигационное оборудование. На современных арктических кораблях установлена аппаратура, на которую с космических высот, с искусственных спутников Земли поступает необходимая информация, в частности точные координаты местонахождения судна на любой момент времени.

В последние годы начала входить в практику телевизионная система «Экран». Если говорить о ней применительно к Арктике, ко льдам, то она передает прямо на борт сведения о ледовой обстановке на многие десятки и даже сотни километров вокруг — эта информация приходит со спутников типа «Метеор» и «Космос». На них установлены так называемые локаторы бокового обзора, способные «видеть» льды сквозь темноту, сквозь облака и непогоду! На судах, оборудованных подобной системой, достаточно нажать клавишу обычного телевизора, и на его экране появится четкая фотография того района океана, где находится сейчас данное судно (при желании можно это фото «заложить в память» — записать его на видеомagnитофон)¹.

¹ Подробнее об использовании спутниковой информации в морских экспедициях рассказывается в опубликованной в этом номере статье В. Л. Перчука: Информатика: новая страница в исследовании Мирового океана.

Замечательными приборами оснащены ныне самолеты ледовой разведки. Вот уже несколько лет, как система «Торос» делает снимки ледовой обстановки (правда, на сравнительно небольшом пространстве), а аппаратура «Лед», посылая и принимая назад радиопульсы, с высокой точностью определяет толщину морского льда под крылом машины. В связи с этими техническими новшествами изменилась сама методика разведки. Прежде самолет долгими часами летал надо льдами, гидрологи-разведчики, находящиеся на его борту, вычерчивали карту, рисовали условными значками молодые и старые, тонкие и толстые льды, разводя среди них и сбрасывали эту карту, вложенную в пластмассовый футляр, прямо на палубу судна (позже появился фототелеграф, с помощью которого стало можно передавать и принимать ледовую информацию без промедления). Теперь же космический спутник схватывает общую ситуацию на огромном пространстве, самолет-разведчик уточняет наиболее существенные детали, а вертолет, базирующийся на корме ледокола, раз за разом поднимается в воздух, указывая капитану оптимальный путь во льдах. Своеобразная многоступенчатая ледовая разведка, без которой ныне просто не мыслится навигация.

Мы, однако, не забыли, что стихия есть стихия. Вот и осенью 1983 г., примерно в том же районе, где ровно за пятьдесят лет до того попал в плен «Челюскин», оказались в угрожающем положении сразу несколько десятков судов. Ситуация сложилась непредвиденная, непредсказуемая. (Впрочем, даже если бы и можно было все предвидеть в деталях — разве это привело бы к отмене навигации? Все равно ведь нужно ходить во льдах, доставлять на побережье необходимые грузы!) Ветры пригнали к берегам Чукотки массивы мощных многолетних льдов, в которых даже атомоход ломал лопасти винтов (а каждый из трех винтов той же «Арктики» имеет около шести метров в диаметре...). Тридцать четыре судна получили той осенью повреждения, а теплоход «Нина Сагайдак», несмотря на героические усилия моряков, погиб. Но — и это, конечно, самое главное — в той схватке со льдами не пострадал ни один человек, что уже позволяет говорить о победе, какой бы ценой она ни доставалась. Тем более что, вопреки стихии, все необходимые грузы были в конце концов доставлены в порты назначения.

Небольшое отступление. Мы часто находимся в плену стереотипа. Об аркти-

ческом прошлом пишем примерно так: «Погибали утлые суденышки поморов, шли, раздавленные льдами, на дно вместе со своими отважными экипажами» и т. п. Однажды, прочтя подобное, замечательный полярник-зимовщик Борис Александрович Кремер, ныне, увы, покойный, в сердцах воскликнул: «И когда только надоест сочинять! Ну, во-первых, поморские кочи и лоды никакие вам не «утлые суденышки» — дай-то бог, чтобы нынешние корабельщики научились столь же великолепно делать свое дело! А, во-вторых, если уж льды и расплющивали судно, люди все же шли на дно — они, как правило, успевали спастись, ибо сам лед становился их главным спасателем: пока судно набирает в пробоины воду, пока кренится, прежде чем уйти на грунт, лед прочнее любого цемента держит его корпус, и люди, пусть в самый последний момент, успевают выпрыгнуть на эту твердую «землю». Вспомните хотя бы достопочтенный «Челюскин». Там капитан Воронин сошел на лед за считанные секунды до конца, и лишь завхоз Борис Могилович погиб, потому что замешкался и был сбит за борт сорвавшейся с крепления тяжелой бочкой...» Б. А. Кремер, к слову сказать, был одним из авторов журнала «Природа»².

Как говорится, «исходя из вышеизложенного», мы были вправе твердо надеяться на благополучный исход операции с «Михаилом Сомовым» летом 1985 г., и эти надежды полностью оправдались. Но сейчас немного поговорим о человеке, чьим именем было названо научно-экспедиционное судно — о Михаиле Михайловиче Сомове.

Он прожил шестьдесят пять лет, скончавшись в Ленинграде в 1973 г. в ореоле арктической и антарктической славы. Сомов был красивым статным человеком и жизнь прожил красиво, достойно. Сын известного профессора-ихтиолога, он построил свою научную и житейскую карьеру исключительно собственными руками. Был токарем по металлу, лаборантом в Институте рыбного хозяйства во Владивостоке, много плавал в тихоокеанских морях в качестве гидролога. Потом стал учеником известного океанографа Николая Николаевича Зубова, закончил Московский гидрометеорологический институт и сделался исследо-

² Б. А. Кремером опубликованы следующие статьи в «Природе»: 239 дней на ледяном острове (1969, № 8); По нехоженной земле (1970, № 2); Снова, как прежде, наедине со льдами (1973, № 5); Первые полярные станции (1974, № 6).



М. М. Сомов. Фотография сделана кинооператором Е. П. Яцуном на дрейфующей станции «Северный полюс-2» в 1950 г.

вателем полярных вод и льдов. С 1939 г. Сомов — гидролог Главсевморпути, сотрудник арктических штабов морских операций, он занимается сугубо научным и одновременно весьма практическим делом: прогнозирует ледовые условия на Северном морском пути.

Сразу после войны гидролог и ледовый разведчик Сомов принял участие в выдающемся полете на Северный полюс, совершенном в условиях надвигающейся

полярной ночи экипажем М. А. Титлова (впоследствии Героя Советского Союза), и полюс, околополюсное пространство на многие годы стали для Михаила Михайловича главными объектами исследований, без преувеличения сказать — вторым домом. В 1946, 1948, 1949 гг. Сомов участвует в работах крупных воздушных высокоширотных экспедиций, в составе «прыгающих групп» исследователей он перелетает с места на место по всей ледовой акватории океана, проводя в каждой точке комплекс наблюдений. А весной 1950 г. его, кандидата географических наук, превосходно зарекомендовавшего себя в бесчисленных арктических экспедициях, назначили начальником второй после папинской дрейфующей научно-исследовательской станции «Северный полюс».

О том дрейфе написаны книги, снят документальный фильм «376 дней на дрейфующей льдине». Но мир узнал об СП-2 лишь спустя несколько лет, уже после того, как начали работу две следующие станции во льдах, СП-3 и СП-4: послевоенная международная обстановка была неспокойной, и далеко не обо всем, что происходило в Арктике, на нашей северной границе принято было сообщать во всеуслышанье. Даже родные тех, кто отправлялся зимовать на СП-2, не знали об этом, а письма писали на адрес безликого почтового ящика... И такая оторванность от остального мира приносила участникам дрейфа, и без того поставленным в сложные и небезопасные условия, еще большие трудности.

Станция СП-2 работала в Восточной Арктике, в Области недоступности, максимально удаленной от ближайших берегов материка, будь то материк Евразии или Северной Америки. Начинали работу шестнадцать человек, на зиму остались одиннадцать. Они с лихвой испытали все, что должны испытать люди, живущие на околополюсных льдах, причем впервые совершившие круглогодовой дрейф — папинцы провели на своей станции около девяти месяцев. На них обрушивались и пожар, и наводнение (да, и такое бывает летом на полюсе!), несколько раз приходилось срочно эвакуировать лагерь в сравнительно безопасное место, где почти тут же начинались новые приключения. В разгар полярной ночи пошли в наступление семиметровые валы торосов, грозивших поглотить лагерь, и люди при свете фонарей и факелов буквально бегом бежали от этой страшной угрозы, спасая имущество, приборы и результаты наблюдений... Льди-

на беспрестанно ломалась, и в конце концов размеры относительно равной площадки составили всего сорок на тридцать метров!

Необходимо сказать, что, в отличие от всех последующих станций СП, эта находилась в довольно стесненных «материально-бытовых» условиях: люди жили не в домиках, а в палатках, выстужавшихся за ночь до наружной температуры (т. е. -40° и ниже), их не слишком изысканно кормили — даже штатной должности повара не было предусмотрено! И зарплата

Все одиннадцать зимовщиков удостоились ордена Ленина, их начальник стал Героем Советского Союза. Какими же замечательными душевными качествами нужно обладать, чтобы много лет спустя сказать без всякой рисовки: «Мне до сих пор совестно, что Золотая Звезда досталась мне одному. Страшно неловко перед ребятами, ведь мы в одном котле варились, одни и те же неприятности переживали. А вышло, будто я самый храбрый и достойный!»

Наверное, Михаил Михайлович не



Схема ледовой обстановки у берегов Антарктиды во время вынужденного дрейфа «Михаила Сомова». Положение на 23 июня 1983 г. Линия дрейфа «Сомова» совпала с линией дрейфа айсберга в 1980—1982 гг., на котором по советско-

французской программе исследований был установлен радиомаяк. «Сомов» был высвобожден из льдов 26 июля 1983 г. в точке с примерными координатами $74^{\circ} 20' \text{ ю. ш.}$ и $153^{\circ} \text{ з. д.}$

у них была далеко не сказочная, и, повторим еще раз, почти никто на белом свете не знал об их деяниях, которые вполне заслуживают слова «подвиг». А они жили во льдах, запускали в атмосферу и в морские глубины приборы, изучали погоду и причуды дрейфа, исследовали прослойку теплых тихоокеанских вод под слоем холодной воды Ледовитого океана, испытывали на прочность тяжелые монолиты, выпиленные из морского льда — словом, делали все то, что положено делать людям, решившимся посвятить жизнь познанию высоких широт.

был самым храбрым, но самым достойным был несомненно, о чем в один голос говорят все, кто его знал и до льдины, и на льдине, и после дрейфа. А после дрейфа он, став доктором географических наук, заместителем директора Арктического (тогда еще без приставки «и Антарктического») института, приступил к новой даже для маститого полярника работе — к организации Первой Советской антарктической экспедиции. Сомов и возглавил первую нашу научную зимовку на почти не исследованном в ту пору шестом материке планеты. Здесь его поджидали.



«Михаил Сомов», зажатый льдами в море Росса.

новые волнения, потрясения и даже трагедии. На его глазах погиб при разгрузке судна тракторист Иван Хмара — первая и, к несчастью, не последняя жертва Антарктиды... Сам Михаил Михайлович несколько раз оказывался на волоске от гибели во время рискованных полетов и походов. Но под его руководством была построена антарктическая научная станция Мирный, пошли в глубь континента санно-тракторные поезда, возникли первые внутриматериковые станции, и вот уже тридцать лет, усиливаясь и совершенствуясь с каждым годом, ведется комплексное исследование Антарктиды.

Сомов еще дважды отправлялся туда, командуя Восьмой и Девятой экспедициями. Скорее всего, он еще не раз бывал бы там, но нездоровье взяло свое, прогрессировала коварная и жестокая

болезнь. Он уже не мог не только бывать в экспедициях, но и вообще работать. Почувствовав, что Сомов стал «не тот», Михаил Михайлович решительно покинул институт. Действовать вполнакала он не умел и учиться этому «искусству» не желал, несмотря на уговоры со стороны.

Это был совершенно земной, добрый и деликатный человек, умевший и дружить с людьми, и любить их. Он прекрасно чувствовал юмор, был не чужд самоиронии, а в основе его высоких человеческих качеств лежала органическая порядочность. Хочется вспомнить приказ № 1, подписанный начальником Первой антарктической экспедиции: «Пингвинов не убивать!» И еще — немного процитировать речь, произнесенную в Лондоне в 1961 г. при вручении ему очередной научной награды: «...Антарктический материк является единственным на нашей планете целиком мужским континентом, где живут только одни мужчины, полностью освобожденные от какого бы то ни было



угнетения со стороны женщин и потому способные отдавать себя работе в большей мере, чем во всякой другой точке земного шара... Вашингтонский Договор об Антарктике, ратифицированный теперь всеми странами, его подписавшими, открывает новые еще более заманчивые перспективы для развития научных исследований в Антарктике объединенными усилиями ученых разных стран. Этот же Договор делает Антарктический материк первым и пока единственным материком мира на нашей планете, на котором запрещены не только войны, но и какие бы то ни было иные военные мероприятия. Разве это не замечательно?»³

Исследователь-Сомов, гуманист-Сомов, воин-Сомов... В ночь на 27 августа 1942 г. он был среди тех, кто отражал атаку германского карманного линкора «Адмирал Шеер», прорвавшегося в Кар-

ское море. В те страшные часы все население Диксона готовилось принять неравный, смертельный бой с гитлеровским пиратским кораблем. Враг пытался высадить десант, разрушить порт и поселок, завладеть секретными шифрами, планами морских операций, картами ледовой обстановки, журналами, испещренными цифрами, за которыми стояли погода, льды, течения, морские глубины — все то, что годами составляло суть работы Сомова и его товарищей.

Сомову и его другу синоптику Вячеславу Васильевичу Фролову (после войны он стал директором Арктического института) было приказано спасти всю секретную научную документацию. Вооруженные винтовкой и гранатами, сгибаясь под тяжестью мешков с бесценными бумагами, перебегая под разрывами снарядов от воронки к воронке, они стремились уйти как можно дальше в тундру. В случае крайней опасности им предписывалось облить мешки керосином (его бутылочка была припасена заранее) и сжечь все документы, чтобы не достались врагу. К счастью, делать этого не потребовалось, «Шеер» был отогнан защитниками Диксона и позорно бежал из наших вод.

Михаил Михайлович не был обойден наградами. У него были три ордена Ленина и медаль Золотая Звезда, другие ордена, золотая медаль Британского королевского географического общества, золотая медаль «Вега», вручаемая Шведским королевским обществом антропологии и географии за самые выдающиеся научные свершения (такую же медаль после Сомова получил Тур Хейердал). Но сам Михаил Михайлович не раз говорил, что ему особенно дороги орден Красной Звезды и медаль «За оборону Советского Заполярья», которые он получил в войну. Он был тогда среди самых отважных защитников Крайнего Севера, спасателем и спасителем.

Сорок с лишним лет спустя страна спасала на Крайнем Юге «Михаила Сомова».

10 июня 1985 г. «Владивосток» вышел из своего одноименного порта приписки. Через Тихий океан, через тропик Рака, экватор, тропик Козерога, через «ревушие сороковые» и «нейстовые пятидесятые» параллели, через изобилующие айсбергами приантарктические воды и, наконец, через широкий пояс плавучих морских льдов корабль должен был прорваться к застрявшему собрату. В Антарктиде тем временем спустилась южная полярная ночь, «январь» нашего полушария.

³ Серебровская Е. От полюса до полюса. М., 1978, с. 87—89.



«Владивосток» спешит на помощь «Михаилу Сомову».

Со дня завершения этого спасательного рейса прошли считанные месяцы, и мы все хорошо помним. Помним, как страдал экипаж ледокола от тропической жары — судно ведь построено для полярных экспедиций, на нем нет кондиционеров, и люди жестоко мучились от зноя и высокой влажности воздуха и днем, и ночью. Помним, как в «ревуших» и «неистовых» ледокол не раз прихватывали шторма, и его валяло с борта на борт словно «ваньку-встаньку» — виной тому был яйцевидный «фрамовский» корпус, предназначенный для льдов, а не для волн! Крен порой доходил до 45°, и можно догадаться, какие трудности пришлось пережить членам экипажа. Несколько суток «Владивосток» даже отставался под прикрытием какого-то острова в океане...

С того момента, как «Михаил Сомов» попал в ловушку на границе между морем Росса и морем Амундсена, его успело отнести дрейфом на несколько сот миль. На судне все это время проводились работы по укреплению корпуса деревян-

ными и металлическими конструкциями, имевшимися на борту. После каждого ледового сжатия или ударов отдельных льдин снимались тщательные показания с тензометров — приборов, фиксирующих возникающие нагрузки. А нагрузки возрастали. В конце мая временно заклинило руль и винт, да еще появилась течь в корпусе... К счастью, повреждения оказались не слишком серьезными. В ходе дрейфа позади остались многолетние смерзшиеся ледяные нагромождения, и теперь вокруг лежал сплошной пояс молодых льдов, шириной более девяти сот миль. Через него и предстояло пробиваться «Владивостоку».

18 июля ледокол достиг кромки этих льдов. Они были разные, и совсем тонкие, и мощные, двухметровые (кое-кто из корреспондентов поспешил даже объявить, будто корабль успешно сражается с четырехметровыми льдами — нет, пока такие льды не под силу ни одному ледокольному кораблю в мире, даже атомному!). Тонкие поля «Владивосток» преодолевал, почти не снижая скорости, в толстых застревал, и ход его снижался до одного узла (т. е. до одной мили в час). Когда до «Сомова» оставалось около двух сот миль, ледокол «врубился» в лед двух-

метровой толщины, и руководство спасательной экспедиции приняло решение не искушать судьбу, остановиться, поискать кружные пути, разводя среди льдов (что, как мы помним, чаще всего оказывается самым надежным способом плавания во льдах). Тем более, что моряки предпочитали двигаться в светлое время суток, а оно исчислялось немногими околополуденными часами.

Дело, к слову сказать, даже не всегда в толщине льда как таковой. В марте 1977 г. автору этих строк посчастливилось провести две недели на борту атомохода «Арктика», работавшего в зимнем Карском море. Так вот, корабль (совершивший через несколько месяцев после этого фантастический рейс к Северному полюсу) то и дело стопорил движение в молодых метровых льдах, и главным виновником этих задержек был... снег, обыкновенный снег, покрывавший поверхность ледяных полей! Моряки столкнулись с адгезией, облипанием — процессом, очень мало исследованным, потому что в зимней Арктике до самого последнего времени почти не плавали, а именно зимой адгезия проявляется в полную (и зловещую) силу. В июле 1985 г. в зимней Антарктике моряки «Владивостока» также встретились с этим, на первый взгляд, простым явлением, которое принесло им немало волнений.

Задержки, конечно, вызывали досаду, нетерпение обоих экипажей нарастало с каждым часом, по мере того как уменьшалось расстояние между судами. Однако переход во льдах занял целую неделю, и можно не сомневаться, что занял бы куда больше времени (с далеко не гарантированным результатом), если бы не вся мощь техники, находившейся в распоряжении спасателей. На борт «Владивостока» бесперебойно поступала информация со спутника «Космос-1500». После детального анализа ледовой обстановки на большом пространстве намечался маршрут рекогносцировочного полета вертолета МИ-8, и летчик Б. Лялин раз за разом поднимал свою машину с кормы ледокола. Сперва он разведывал льды, а затем начал совершать полеты на «Сомова», и нет нужды рассказывать, как встречали на борту судна посланцев Большой земли! Те вертолетные рейсы, кажется, стали первыми полетами в Антарктиде в условиях полярной ночи. Машина была снабжена соответствующими навигационными приборами и мощными прожекторами для ведения ночной разведки.

26 июля «Владивосток» подошел вплотную к «Михаилу Сомову» и принялся окалывать его. Вскоре судно было полностью освобождено из плена, и началась самая радостная стадия операции — возвращение домой. Был взят курс на север, сквозь те же льды, те же штормовые и знойные широты. Снова велась ледовая разведка, снова тянулись часы и целые сутки выжидания, однако худшее было уже явно позади. «Сомов» самостоятельно и уверенно двигался вслед за старшим собратом. Водолазы, спустившиеся в ледяную воду, внимательно осмотрели корпус, винт, руль «Сомова» и доложили, что все в порядке, 12 августа на широте 61° последние льды остались за кормой. Ледовая эпопея завершилась.

За четыре с лишним месяца вынужденного дрейфа небольшая, но очень слаженная научная группа на борту «Михаила Сомова» впервые провела детальные исследования океана и атмосферы в районе, где прежде в зимнее время никаких наблюдений не было. Даже в те дни, когда «Владивосток» уже готовился выводить судно из льдов, океанологи сумели «взять» две глубоководные станции, одну на 1500, другую на 3600 метрах, и добытые научными сотрудниками горы цифр наверняка помогут прояснить картину того, что происходит в южных ледовых морях и в атмосфере над ними. Одно это станет ценнейшим вкладом в практику антарктических навигаций. И кто знает, от скольких тревог окажутся избавлены будущие мореплаватели благодаря тем сведениям, которые дорогой ценой были получены на борту «Михаила Сомова» в марте — августе 1985 г.

После краткой стоянки в новозеландском порту Веллингтон суда расстались. «Сомов» через Панамский канал двинулся в Ленинград, чтобы без промедления начать подготовку к следующему антарктическому рейсу. Ледокол же направился в родной Владивосток.

Норадреналин против стресса

В. С. Ротенберг



Вадим Семенович Ротенберг, доктор медицинских наук, старший научный сотрудник Лаборатории психофизиологии и психодиагностики 1-го Московского медицинского института им. И. М. Сеченова. Научные интересы связаны с изучением неврозов, психофизиологии сна и межполушарной асимметрии.

В биологии и медицине существует достаточно распространенная точка зрения, что до тех пор, пока не открыты секреты биохимической «кухни» мозга, ни одна физиологическая или психологическая концепция и никакая общая теория поведения не будут иметь надежной и убедительной материальной основы и не могут считаться строго доказанными. Может быть, это и справедливо. Но, на мой взгляд, не менее верно и противоположное: без достаточно широкой и внутренне непротиворечивой биологической теории, объясняющей поведение, очень трудно интерпретировать результаты конкретных биохимических исследований, почти невозможно выстроить их в целостную систему представлений.

Таким удачным примером обобщающей концепции, позволяющей по-новому осмыслить целый ряд эмпирических данных, может служить концепция стресса Г. Селье¹. Селье удалось связать реакцию организма на самые разнообразные экспериментальные воздействия с динамикой активности гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы. Появление этой теории позволило соединить многие раз-

розненные наблюдения в единое целое.

Мы хотим проиллюстрировать это положение еще одним примером изучения важнейшего биохимического компонента мозга — моноаминов² в различных состояниях бодрствования и во сне.

Несмотря на множество тонких исследований (и даже благодаря им), о функции мозговых моноаминов, и прежде всего норадреналина, в настоящее время известно не так уж много определенного³. Показано, что норадреналин выполняет в центральной нервной системе роль медиатора, передающего возбуждение от одного нейрона к другому через синапс. Общеизвестно, что достаточное содержание в мозгу норадреналина обеспечивает высокий уровень бодрствования и активного поведения. С другой стороны, искусственное снижение активности норадренергиче-

² Речь идет о биогенных моноаминах, т. е. группе веществ, образующихся в живом организме из аминокислот, содержащих одну аминогруппу (NH_2), в результате отщепления карбоксильной (COOH) группы. Многие моноамины, такие как гистидин, серотонин, адреналин, норадреналин, — биологически активные вещества, влияющие на процессы возбуждения и торможения в коре головного мозга.

³ Ханбабян М. В. Норадренергические механизмы мозга. Л., 1981.

¹ Селье Г. Стресс без дистресса. М., 1979.

ской системы⁴ с помощью фармакологических препаратов (резерпин, нейролептики, 6-оксидофамин, которые либо уменьшают количество норадреналина в мозгу, либо блокируют чувствительные к нему рецепторы) вызывает у животных и человека состояние, аналогичное депрессии, и затрудняет обучение сложным формам поведения. Например, если животное в течение длительного времени наказывать (например, частыми и нерегулярными ударами электрическим током), то содержание норадреналина в мозгу уменьшается, и сопровождается это соматическими расстройствами — появляются кровотечения и язвы в желудке и кишечнике⁵.

Но если перед таким стрессом животному ввести химические вещества, предотвращающие снижение норадреналина, то даже при неустраненном болевом воздействии животное сохраняет активное поведение и соматические расстройства при этом не развиваются.

Считается также, что в норме уровень мозговых моноаминов (как и вообще катехоламинов⁶ в организме) поддерживается с помощью системы отрицательной обратной связи: снижение содержания моноаминов автоматически стимулирует активность ферментов, обеспечивающих их синтез, а повышение содержания, напротив, тормозит активность этих ферментов. Однако, если бы принцип обратной связи всегда работал безотказно и был единственным механизмом регуляции, то содержание норадреналина быстро приходило бы к некоторому среднему уровню при любых обстоятельствах. Но тогда с проблемой обмена мозгового норадреналина у исследователей не было бы никаких вопросов, а между тем они существуют. Так, в соответствии с принципом отрицательной обратной связи, принято считать, что при любом эмоциональном напряжении и вообще при всех видах стресса обмен норадреналина в мозгу усиливается, увеличивается его кругооборот, т. е. одновременно повышается и его утилизация, и синтез⁷.

Однако анализ конкретных результатов исследования вносит в эти представления существенные поправки. Показано, что при остром и относительно кратковременном стрессе содержание норадреналина в мозгу может быть существенно выше такового в состоянии покоя, тогда как при хроническом стрессе оно может падать до достаточно низких величин (что и происходит при неустраняемых болевых воздействиях)⁸. Следовательно, отрицательная обратная связь, если и «срабатывает», то только в определенных условиях, в других же может включаться с запаздыванием или не функционировать вообще. Но и такое различие между так называемым острым и хроническим стрессом не абсолютно. Так, при ударах электрическим током, повторяющихся на протяжении нескольких часов, уровень мозгового норадреналина у подопытных животных резко падает. Если же такое наказание повторяют в течение ряда дней по одному часу в день, содержание норадреналина нормализуется. Таким образом, вопрос о реакции норадренергической системы мозга на стресс остается открытым. Необходимо также учитывать, что сам термин «стресс» объединяет очень разные состояния, и к этому вопросу мы еще вернемся.

Не лучше обстоит дело и с представлениями о состоянии этой системы при различных формах психических расстройств. Долгое время считали, что при депрессии уровень мозгового норадреналина снижен, и действие антидепрессантов связано с повышением его содержания, главным образом за счет моноаминоксидазы — фермента, инактивирующего катехоламины. Однако в последние годы стало хорошим тоном критиковать эту точку зрения. Во-первых, появились новые препараты, которые как будто устраняют депрессию без прямого влияния на норадренергические системы мозга. (Это, кстати, перекликается с данными об активизирующем действии транквилизаторов на ранних этапах тревожной депрессии, — транквилизаторы тоже не влияют на катехоламинергические системы мозга.) Во-вторых, появились многочислен-

⁴ Различные нервные образования в зависимости от действующего медиатора подразделяются на отдельные системы: серотонинергическую, холинергическую, норадренергическую и др.

⁵ Miller N. E. *Acta Neurobiol. Exptm.*, 1976, v. 36, p. 141.

⁶ Амины, содержащие в своей структуре катехол, называются катехоламинами. К ним относятся адреналин, норадреналин и другие близкие к ним амины.

⁷ Матлина Э. А., Бару А. М., Васильев В. Н. Эмоции: значение некоторых медиа-

торов и гормонов в механизмах включения и поддержания эмоциональных состояний. — В кн.: Физиология человека и животных. ВИНТИ, т. 15, М., 1975, с. 31.

⁸ Stone E. *Stress and Catecholamines*. — In: *Catecholamines and Behavior*, v. 2. N. Y., 1975, p. 31.

ные сообщения о том, что максимальный лечебный эффект при действии антидепрессантов отмечается тогда, когда в мозгу обнаруживают наименьшую плотность (на 1 мм² ткани) адренергических рецепторов, чувствительных к норадреналину⁹. (Число таких рецепторов может меняться в зависимости от функционального состояния в довольно широких пределах.)

Обнаружив такие соотношения, фармакологи и некоторые физиологи легко сменили исходную концепцию на прямо противоположную: при депрессиях, как и при остром стрессе, уровень катехоламинов избыточно велик или повышена чувствительность к ним мозга и именно в этом причина заболевания. Антидепрессанты уменьшают количество адренорецепторов и благодаря этому обеспечивают адаптацию субъекта за счет снижения чувствительности мозга к катехоламинам¹⁰.

Однако, перейдя на новые теоретические позиции, исследователи не объяснили того известного факта, что первичное, вызванное прямым химическим воздействием, снижение уровня мозгового норадреналина, как уже указывалось, коррелирует с пассивным, «депрессивным» поведением животных и развитием тяжелых соматических расстройств. Да и вообще причинно-следственные отношения при действии антидепрессантов далеко не так очевидны, как может показаться из этой новой теоретической концепции: повышенная активность адренорецепторов в состоянии депрессии и на определенных этапах стресса может быть отнюдь не причиной психических расстройств, а компенсаторной реакцией мозга на падение уровня катехоламинов и уменьшение прежде всего норадреналина. Причиной же патологии может быть именно уменьшение содержания норадреналина, как и считалось ранее. В таком случае снижение чувствительности и плотности адренорецепторов при успешном лечении — не причина, а следствие выздоровления, ибо при выздоровлении и восстановлении уровня мозгового норадреналина исчезает необходимость в повышенной чувствительности к нему. Так или иначе, все эти вопросы далеки от своего решения.

Не менее сложен и запутан вопрос о соотношении обмена мозгового норад-

реналина со структурой сна, особенно с длительностью быстрого сна. Эта стадия сна, как известно, у человека связана с переживанием сновидений и имеет важное, хотя и не до конца понятное, биологическое значение. С одной стороны, показано, что пониженное содержание мозговых катехоламинов (истощение их запасов, блокада их синтеза или торможение их выброса) уменьшают длительность быстрого сна¹¹. Казалось бы, может быть сделан однозначный вывод о необходимости мозговых катехоламинов для организации нормального быстрого сна. Но многие факты заставляют усомниться в существовании такой однозначной связи. Оказалось, что быстрый сон сокращается не только при подавлении активности норадренергической системы, но и при ее активации. Средства, стимулирующие адренергические механизмы (альфа-метил-допа, ингибиторы моноаминоксидаз и т. д.), уменьшают длительность быстрого сна. Между активностью тирозингидроксилазы (фермента, стимулирующего синтез норадреналина) и длительностью быстрого сна также нет однозначной связи (индукция тирозингидроксилазы может сопровождаться как увеличением, так и уменьшением быстрого сна)¹².

Таким образом, обсуждая соотношение адренергических механизмов и быстрого сна, можно выделить три основных нерешенных проблемы¹³. Первая — катехоламиновая система мозга участвует в организации и бодрствования, и быстрого сна. Эти два состояния по большинству своих проявлений очень различны, но не выявлены различия в характере функционирования катехоламиновой системы. Вторая — между уровнем бодрствования и уровнем мозговых моноаминов отсутствует простая зависимость (так, резерпин снижает уровень мозговых катехоламинов, снижает уровень бодрствования, но увеличивает фазу быстрого сна, для которой характерна выраженная активация мозговых структур, активных и в период бодрствования). Третья — многие антидепрессанты тормозят обратный захват моно-

¹¹ Radulovacki M. et al. — *Pharmacol. Biochem. and Behavior*, 180, v. 13, p. 51.

¹² Ramm P. — *Behavioral and Neural Biology*, 1979, v. 25, p. 415.

¹³ Gaillard J. M. Brain Catecholaminergic Activity in Relation to Sleep. — In: *Proc. of the Northern European Symp. on Sleep Research*. Basle, 1978, p. 35

⁹ Stone E., Platt J. E. — *Brain Research*, 1982, v. 237, p. 405.

¹⁰ Ротенберг В. С. Адаптивная функция сна. М., 1982.

аминов, повышая тем самым их свободное содержание в мозгу, и в то же время подавляют быстрый сон.

И все-таки в этом видимом хаосе существует своя система, хотя и не простая. Тщательный анализ экспериментальных данных позволяет заметить, что быстрый сон уменьшается и при явном подавлении, и при явной активации норадренергической системы, но увеличивается при умеренном снижении ее активности. Этот эффект особенно нагляден при использовании различных доз нейрорептиков: малые дозы увеличивают длительность быстрого сна в течение ночи, а большие дозы — уменьшают.

Таким образом, исследователи столкнулись с достаточно сложной ситуацией. Моноамины, и особенно норадреналин, по-видимому, активно участвуют в регуляции поведения и в организации той или иной реакции на стресс, а также в регуляции сна. Их обмен меняется в бодрствовании и сне, при развитии соматической и психической патологии. Но все эти аспекты рассматриваются в отрыве друг от друга, и в рамках каждого из них накоплено достаточное количество противоречащих друг другу фактов. Может быть, предложенная нами совместно с В. В. Аршавским концепция поисковой активности, поможет решить ряд противоречий¹⁴.

Поисковой активностью мы называем поведение, направленное на изменение неприемлемой ситуации (или отношения к ней) или на сохранение ситуации приемлемой. У животных поисковая активность может проявляться в исследовательском или агрессивном поведении, а также в поведении активного избегания. При этих формах поведения животное пытается изменить ситуацию. Например, в поисках повторных приятных ощущений животное раздражает «зоны удовольствия» в собственном мозгу, многократно замыкая и размыкая электрическую цепь. В психической жизни человека поисковая активность занимает очень важное место. Причем человек пытается изменить неприятную ситуацию или, напротив, сохранить приемлемую, не зная окончательных итогов своей активности, но постоянно учитывая достигнутые результаты.

Противоположное пассивное состояние — отказ от поиска в ситуации, которая не может удовлетворить субъекта.

У животных отказ от поиска принимает форму пассивно-оборонительного поведения, когда животное забивается в угол и замирает со всеми признаками эмоционального напряжения. У человека этому состоянию соответствует депрессия, ощущение бесперспективности и безнадежности, или тревога, связанная с ощущением неопределенной угрозы.

Экспериментально показано, что поисковая активность, независимо от сопровождающей ее эмоциональной окраски, повышает сопротивляемость организма к самым разнообразным вредным воздействиям. Напротив, отказ от поиска «открывает дорогу» различным заболеваниям, от эпилепсии, язвы желудка и аллергического шока до инфаркта миокарда и опухоли. Отказ от поиска создает неспецифическую предпосылку к болезни и снижает устойчивость организма к стрессу. Эти экспериментальные данные подтверждаются многочисленными клиническими наблюдениями¹⁵.

Согласно предложенной концепции, быстрый сон и сновидения компенсируют пассивное состояние отказа от поиска и восстанавливают поисковую активность. В пользу этих представлений может быть приведен ряд аргументов: во-первых, потребность в быстром сне повышается при пассивном поведении и, напротив, снижается при активном; во-вторых, электрическая активность мозга в быстром сне напоминает таковую во время поискового поведения в бодрствовании; в-третьих, если предотвратить падение мышечного тонуса в быстром сне, разрушив определенные мозговые структуры, то животное, не пробуждаясь, начинает как бы участвовать в собственных сновидениях: с закрытыми глазами мечется по камере, преследуя несуществующую жертву или убегая от отсутствующего противника; в-четвертых, при неврозах, депрессиях и психосоматических заболеваниях обнаруживается функциональная неполноценность системы «быстрый сон — сновидения». У больных воспоминания о сновидениях (при пробуждении из быстрого сна) обычно фрагментарны, а сами сновидения бедны событиями, их насыщенность образами уменьшена, спящий редко видит себя во сне активным и инициативным и гораздо

¹⁴ Ротенберг В. С. Место сна в системе адаптации. — Природа, 1977, № 8, с. 49.

¹⁵ Engel G., Schmale A. — J. Amer. Psychoanal. Associat., 1967, v. 15, p. 344; Human Helplessness. Theory and Applications. Acad. Press, 1980.

чаще — пассивной жертвой тревожных и устрашающих событий. При этом, в отличие от здоровых, у них в быстром сне менее выражено учащение пульса и другие характерные показатели. Таким образом, при психогенных заболеваниях быстрый сон благодаря своей функциональной недостаточности не выполняет компенсаторной функции, что служит важной предпосылкой к развитию заболеваний.

Мне представляется, что компенсация поисковой активности позволяет преодолеть многие противоречия относительно обмена норадреналина в мозгу.

Гипотеза заключается в следующем. Для осуществления поисковой активности прежде всего необходим определенный уровень мозгового норадреналина, превышающий некоторый критический. Далее, метаболизм катехоламинов по-разному протекает в двух выделенных нами состояниях. Поисковая активность служит тем дополнительным фактором, который, стимулируя синтез норадреналина во время острого стресса, обеспечивает необходимое и даже избыточное его содержание. Конкретный биохимический механизм такого усиленного синтеза нам не известен. Так или иначе, но именно с поисковой активностью связано, на мой взгляд, увеличение содержания мозгового норадреналина, встречающееся в ряде случаев при остром стрессе. Таким образом, чем сильнее поисковая активность, тем быстрее компенсируется расход катехоламинов, и нет необходимости ни в каких дополнительных механизмах их восстановления.

Функциональная задача такой системы с положительной обратной связью (интенсивнее поиск — интенсивнее синтез катехоламинов — интенсивнее поиск) состоит в поддержании поисковой активности. Однако для того чтобы эта система в самом начале могла «включиться», норадреналина в мозгу должно быть больше критического уровня. Если он падает ниже этого критического уровня, поисковая активность вообще не может (начаться) восстановиться.

В состоянии отказа от поиска описанная система, в рамках которой расход катехоламинов постоянно пополняется его синтезом, не функционирует. Более того, в состоянии отказа от поиска расход норадреналина постоянно возрастает, возможно, в связи с уменьшением его обратного захватывания (как это предполагается для хронического стресса).

Таким образом, формируется порочный круг: отказ от поиска — уменьше-

ние норадреналина — отказ от поиска. И поисковая активность, и отказ от поиска являются состояниями стресса, ибо активируют систему гипоталамус — гипофиз — кора надпочечников.

При отказе от поиска для восстановления нормального уровня норадреналина, согласно нашей гипотезе, необходим «компенсирующий» поиск в быстром сне. Эта гипотеза позволяет объяснить смысл «компенсирующего» поиска: он не только и не столько замещает дефицит поисковой активности в бодрствовании, сколько способствует восстановлению способности к поиску после пробуждения. Поиск, осуществляемый в быстром сне, как бы запускает описанную систему с положительной обратной связью, когда поисковая активность обеспечивает свое собственное продолжение. Субъект пробуждается с готовностью к поиску, и ситуация, вызвавшая отказ, уже не воспринимается как безнадежная. Это предположение хорошо согласуется с анализом психологической функции сновидений: в сновидении нерешаемая задача, вызвавшая эмоциональное напряжение в период бодрствования, подменяется принципиально решаемой и тем самым ликвидируется чувство беспомощности.

Следовательно, быстрый сон обеспечивает восстановление норадреналина не при любом его расходе, а только при отказе от поиска. При высокой поисковой активности в бодрствовании потребность в быстром сне может быть значительно уменьшена, как это имеет место при мании, высокой творческой активности в остром стрессе.

Если основной функцией быстрого сна является компенсирующий поиск, то для его начала, как и для начала поисковой активности в бодрствовании, уровень мозгового норадреналина должен превышать критический. В естественных условиях, когда не используются нейротоксические вещества и не разрушают катехоламинергические нейроны, уменьшение мозгового норадреналина до критического уровня и ниже происходит главным образом вследствие отказа от поиска. Это значит, что состояние отказа начинается до критического падения норадреналина. Когда в этом состоянии происходит переход от бодрствования ко сну, уровень норадреналина может быть еще достаточно высок для того, чтобы началась поисковая активность в быстром сне. В бодрствовании продолжают действовать условия, вызвавшие отказ и приводящие к истощению норадреналина.

Но переход ко сну как раз и означает выключение из ситуации, обусловившей развитие отказа от поиска. Значит, временно устраняются факторы, углубляющие это состояние, а резервы для поисковой активности нередко еще сохранены. Создаются условия для того, чтобы поиск в быстром сне выполнил свою компенсаторную функцию.

Теперь можно объяснить, почему в первый день столкновения с непреодолимыми трудностями норадреналин падает, а при регулярном повторении этих стрессовых воздействий по 1 часу в день он вновь нарастает. Есть основания предполагать, что норадреналин активно синтезируется именно в промежутках между стрессами, особенно во время сна, и прежде всего быстрого. Во всяком случае, экспериментально показано, что в ответ на сам повторяющийся стресс не происходит необходимого выброса норадреналина, он может даже уменьшаться.

Таким образом, согласно нашей гипотезе, потребность в быстром сне повышается при уменьшении содержания норадреналина в мозгу. Если это снижение не достигает критического уровня, быстрый сон удлиняется. Если же вследствие длительных и сильных негативных воздействий, препятствующих наступлению сна, или благодаря фармакологическим вмешательствам количество мозговых катехоламинов сокращается ниже критического, само «включение» компенсирующего поиска в быстром сне становится невозможным. В этом мы усматриваем причину нелинейной зависимости быстрого сна от доз препаратов, изменяющих уровень мозговых катехоламинов: умеренное снижение этого уровня активизирует механизмы быстрого сна, его повышение, соответствующее высокой поисковой активности, снижает потребность в быстром сне и приводит к его редукции, а чрезмерное снижение уровня мозговых катехоламинов ингибирует поисковую активность в быстром сне и также может обусловить его сокращение. Но даже если он при этом не меняется по длительности, по существу он утрачивает свой функциональный смысл и может стать не только бесполезным, но даже вредным, ибо во время такого быстрого сна без поиска, как и во время аналогичного бодрствования, происходит дальнейшее истощение резервов норадреналина вместо их пополнения. Такое интенсивное расходование мозговых катехоламинов во время функционально неполноценного быстрого сна превращает

его из механизма компенсации в один из механизмов патогенеза. Функциональная полноценность быстрого сна у человека, как уже подчеркивалось, проявляется в содержании сновидений. Показано, что те сновидения, которые способствуют восстановлению эмоционального равновесия и психической адаптации, либо имеют исходно эмоционально положительную окраску, либо в них происходит, в процессе развертывания сюжета, переход от пассивного переживания потери и поражения, от доминирующего чувства беспомощности к активному поиску выхода из той или иной сложившейся во сне ситуации. В сновидениях больных депрессией такой переход как правило отсутствует. Не потому ли лишение быстрого сна оказывается эффективным при лечении некоторых видов депрессии?

*

Предложенная гипотеза, безусловно, не может претендовать на решение всех проблем, ибо не учитывает роль других аминов и пептидов, связанных и с поведением, и со сном. Но, может быть, она все же сослужит полезную службу, ориентируя исследователей на подход с позиций комплексного поведения.

Таким образом, концепция поисковой активности позволяет связать воедино целый ряд проблем, ранее рассматривавшихся независимо, — обмен мозговых катехоламинов при различных формах поведения, во сне, в стрессовых ситуациях и при развитии патологических состояний — и дать непротиворечивое объяснение многим фактам.

Дмитрий Константинович Беляев



14 ноября 1985 г. скончался выдающийся советский генетик, заместитель председателя Сибирского отделения АН СССР, директор Института цитологии и генетики СО АН СССР, член редакционной коллегии журнала «Природа», академик Дмитрий Константинович Беляев.

Д. К. Беляев родился 4 (17) июля 1917 г. в селе Протасово нынешней Костромской области. Его интерес к биологии был вызван старшим братом Николаем Константиновичем Беляевым (1899—1937), яркой талантливой личностью, одним из самых одаренных учеников Н. К. Кольцова и С. С. Четверикова. Трагическая судьба брата помешала Д. К. Беляеву получить желанное университетское образование. В 1938 г. он заканчивает Ивановский сельскохозяйственный институт и начинает работать зоотехником во Всесоюзной научно-исследовательской лаборатории пушного звероводства в Москве.

В 1941 г. Д. К. Беляев уходит на фронт. Здесь отчетливо проявился его твердый и сильный характер, умение руководить людьми и вести их за собой. Начав войну рядовым, он заканчивает ее в 1945 г. майором со многими боевыми наградами и двумя ранениями. Ему прочат блестя-

щую военную карьеру, но он возвращается к прерванной работе. В науке им еще ничего не сделано, и в подмосковном зверосовхозе «Салтыковский» он с увлечением продолжает успешно применять генетические методы в селекции пушных зверей.

В 1948 г. для генетики наступило нелегкое время. Вынужденный прервать генетические исследования, Д. К. Беляев не оставляет свой любимый объект — пушного зверя — и обращается к физиологии. Изучая явления фотопериодизма, он впервые обнаруживает влияние освещения на воспроизводительную функцию животных.

В последующие годы именно эти два подхода к насущным задачам селекции — генетической и физиологической — позволили Д. К. Беляеву существенно развить учение о domestикации (одомашнивании), основы которого были заложены еще Ч. Дарвином.

В 1957 г. Д. К. Беляев принял участие в организации Сибирского отделения АН СССР в качестве заместителя директора Института цитологии и генетики, директором которого он стал в 1959 г. С этого времени интересы Д. К. Беляева неразрывно связаны с развитием науки в Сибири.

По инициативе своего президента,

академика В. Н. Сукачева, Московское общество испытателей природы выдвинуло кандидатуру Д. К. Беляева на выборы в члены-корреспонденты АН СССР, и летом 1964 г. он был избран. Это был беспрецедентный случай избрания в академию кандидата сельскохозяйственных наук. Труды Д. К. Беляева в области общей биологии, генетики, селекции, этологии и теории эволюции получили широкое признание. Пушные звери, введенные в культуру лишь в XX в., стали для Д. К. Беляева не просто излюбленным объектом частной генетики, но моделью, на которой он стремился понять общие закономерности, характерные для многовекового процесса одомашнивания. На основе разработанных генетических методов селекции пушных зверей он выявил пути наследственной перестройки механизмов воспроизведения у диких животных при их одомашнивании. Эта работа была удостоена премии имени Н. И. Вавилова Академии наук СССР, а важные теоретические выводы, сделанные Д. К. Беляевым на основании собственных наблюдений, сегодня находят блестящее подтверждение на опытных и производственных звероводческих фермах.

С 1972 г. Д. К. Беляев — действительный член АН СССР. В течение многих лет он возглавляет Научный совет по проблемам генетики и селекции АН СССР, он — вице-президент Всесоюзного общества генетиков и селекционеров имени Н. И. Вавилова, член редакционных коллегий многих отечественных и международных журналов. Член ряда зарубежных академий, Д. К. Беляев в 1978 г. на проходившем в Москве XIII Международном генетическом конгрессе избирается президентом Международной генетической федерации. Он пользовался огромным международным авторитетом и всегда достойно представлял советскую науку за рубежом.

Благодаря научно-организаторской деятельности Д. К. Беляева Институт цитологии и генетики СО АН СССР стал крупнейшим научным центром. В руководимом им институте были созданы новые продуктивные сорта растений, в том числе полиплоидные сорта сахарной свеклы, а также первый советский сорт пшеницы «новосибирская—67», полученный с помощью радиационного воздействия, разработаны методы повышения продуктивности животных.

Любимым детищем Д. К. Беляева стала сибирская Аскания Нова — организованный им на Алтае генетический и се-

лекционный центр Черга для сохранения и использования в селекции ценного генофонда сельскохозяйственных и других животных.

Интересы Д. К. Беляева не ограничивались стенами института: как заместитель председателя Сибирского отделения АН СССР он принимал самое активное участие в организации широкой сети научно-исследовательских институтов в Сибири, большое внимание уделял подготовке научных кадров. С 1961 г. он заведовал сначала кафедрой общей биологии, а затем кафедрой цитологии и генетики в Новосибирском государственном университете. Особенно важное значение придавал Д. К. Беляев вопросам школьного обучения. Уже в 1966 г. под редакцией его и Ю. Я. Керкиса вышло пособие по общей биологии для преподавателей школ. В 1985 г. на его основе выпущен пробный учебник по биологии для школьников.

Научно-педагогическую работу Д. К. Беляев удачно совмещал с общественной деятельностью, многократно избирался депутатом Новосибирского областного Совета народных депутатов. Выдающиеся заслуги Д. К. Беляева были отмечены двумя орденами Ленина, орденом Октябрьской Революции, орденом Красной Звезды, орденами Отечественной войны I и II степеней и медалями.

Отличительной чертой Д. К. Беляева как ученого было необыкновенно острое чувство органической связи науки с практикой. В этом смысле он был продолжателем таких выдающихся биологов, как Н. К. Кольцов, Н. И. Вавилов, А. С. Серебровский, Б. Л. Астауров и его брат Н. К. Беляев. Большое значение он придавал преемственности развития отечественной биологической школы. На протяжении всей своей жизни он стремился развивать научные традиции, заложенные Н. К. Кольцовым, которые впоследствии так бережно поддерживал его старший товарищ Б. Л. Астауров. В этом смысле Д. К. Беляев считал их своими учителями.

Поэтому не случайна и тесная связь Д. К. Беляева с журналом «Природа», в котором долгие годы работали и Н. К. Кольцов и Б. Л. Астауров. Со свойственной ему энергией в течение 10 лет Д. К. Беляев принимал участие в жизни журнала, внимательно следил за публикациями биологического отдела, сознавая необходимость и важность пропаганды достижений науки для научно-технического прогресса.

ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ 1985 ГОДА

По физике — К. фон Клитцинг

Нобелевская премия по физике в 1985 г. присуждена западногерманскому физики К. фон Клитцингу за открытие квантового эффекта Холла.

Клаус фон Клитцинг (Klaus von Klitzing) родился 28 июня 1943 г. Учился в Техническом университете в Брауншвейге, позднее — в Вюрцбургском университете. С 1980 г. профессор Технического университета в Мюнхене, в 1983 г. получил должность профессора в Марбургском университете. С января 1985 г. он директор одного из научно-исследовательских институтов Общества им. Макса Планка — крупнейшей научно-исследовательской организации ФРГ.

Быстрый в движениях, всегда собранный и точный, Клаус фон Клитцинг принадлежит к той формации профессоров, которые не только могут поставить задачу своим сотрудникам и осмыслить полученные результаты, но и своими руками умеют изготовить образец, прекрасно чувствуют экспериментальную технику, не поручают рутинную экспериментальную работу сотрудникам и студентам. Короче, он из тех, кто в лаборатории чувствует себя столь же уверенно, как в кабинете за письменным столом.

Такой стиль работы может показаться несколько устаревшим. В наши дни стало уже привычным, что для получения фундаментальных результатов, определяющих развитие физической науки в целом, нужны усилия огромных коллективов и затраты, посильные лишь наиболее развитым и богатым государствам. Открытие, сделанное К. фон Клитцингом, является в этом отношении исключением и показывает, что вре-



К. фон Клитцинг.

мя исследователей-одиночек, работающих в небольших коллективах со сравнительно скромным оборудованием, еще не ушло в прошлое. В то же время нельзя сказать, что квантовый эффект Холла — явление, не замеченное, пропущенное предыдущими поколениями физиков-экспериментаторов. Возможность его наблюдения появилась лишь в последние годы благодаря прогрессу в технологии изготовления полупроводниковых устройств.

Невольно напрашивается вопрос: какое отношение могут иметь успехи полупроводниковой технологии к фундаментальной физике, изучающей общие свойства вещества, а не свойства конкретных устройств? Ответ на этот вопрос требует более подробного описания тех объектов, которые нужны для наблюдения эффекта, открытого Клитцингом.

Квантовый эффект Холла — свойство двумерных металлических систем, где электроны могут свободно двигаться лишь в определенной плоскости. Подходящим объектом для наблюдения квантового эффекта Холла была бы идеально ровная по толщине монокристаллическая сверхтонкая пленка из полуметалла или даже типичного металла. Неясно только, как такую пленку сделать. Тем не менее двумерные металлические электронные системы известны и исследуются уже давно. Они искусственно создаются в полупроводниковых устройствах, простейшие из которых — полевые транзисторы.

Устроены полевые транзисторы следующим образом: на кристалл полупроводника (подложку) наносится тонкий (порядка 100 нм) слой диэлектрика, а поверх него еще и слой металла — электрод, называемый затвором. Полупроводник снабжен контактами, расположенными под затвором вблизи его краев. Если на затвор подать напряжение, притягивающее электроны, то в полупроводнике у границы с диэлектриком возникнет двумерный электронный канал, в котором носители заряда могут свободно перемещаться даже при низких температурах. Наличие свободных электронов в канале, в условиях, когда проводимость на подложке практически исчезла, объясняется тем, что их число определяется не температурой, а напряжением на затворе. Таким образом, в полупроводнике образуется как бы металлическая прокладка толщиной порядка 3 нм, необычная тем, что электроны в ней могут двигаться только в плоскости, параллельной поверхности раздела. Иными словами, электрон-

ный канал в полевом транзисторе есть не что иное, как двумерный металл.

Для достижения однородности в канале необходимо сделать границу раздела полупроводник — диэлектрик возможно более гладкой и совершенной, а электрическое поле в полупроводнике более однородным. Совершенствование технологических процессов привело к тому, что в конце 70-х годов появились полевые транзисторы на основе кремния с достаточно однородным каналом и высокой подвижностью двумерных электронов. С этого времени экспериментаторы, изучавшие низкотемпературные (при $T \approx K$) транспортные свойства двумерных электронов в квантовом магнитном поле, стали наблюдать необычные явления. В первую очередь, это было значительное (на 5—6 порядков, в зависимости от качества образца и экспериментальных условий) уменьшение поглощения энергии при определенных значениях магнитного поля, наблюдавшееся при протекании по образцу постоянного тока. Именно тогда К. фон Клитцингом был сделан тот решающий эксперимент, который привлек внимание огромного числа теоретиков и экспериментаторов к исследованию двумерных электронных систем. Им был изучен эффект Холла в двумерном электронном газе кремниевого полевого транзистора, помещенного в квантующее магнитное поле H . Величина этого поля настолько велика, что уровни энергии, возникающие благодаря вращению электронов в нем с угловой частотой $\Omega = eH/mc$ (e — заряд электрона, m — его эффективная масса, c — скорость света), разделены интервалами $\hbar \sim 1kT$ ($\hbar$ — постоянная Планка, k — постоянная Больцмана, T — температура).¹

Как известно, эффект Холла состоит в появлении в

проводнике с током, помещенном в постоянное магнитное поле, электрического поля, направленного перпендикулярно току и этому внешнему полю. Холловское сопротивление R_H равно отношению холловской разности потенциалов к величине тока, обратно пропорционально концентрации электронов в полупроводнике. Однако в эксперименте Клитцинга наблюдалось совершенно иное поведение величины R_H . При изменении концентрации электронов она то оставалась почти неизменной, то резко изменялась, переходя с одного уровня на другой. Вместо монотонного убывания в зависимости R_H от концентрации электронов наблюдались «ступеньки»².

Более того, оказалось, что высота ступенек определяется такими фундаментальными константами, как постоянная Планка и заряд электрона, и совершенно не зависит от свойств вещества: $R_H = \pi h / e^2$ (j — целое число). Уже первая проверка этого соотношения показала, что оно выполняется с точностью, лучшей, чем 10^{-5} % (если холловское сопротивление измерять при концентрациях «двумерных» электронов, соответствующих резкому уменьшению поглощаемой в образце мощности). Точность, с которой выполняется соотношение $R_H = \pi h / e^2$, имеет принципиальное значение.

Во-первых, экспериментальное определение R_H позволяет с высокой точностью вычислить постоянную тонкой структуры $\alpha = e^2 / \hbar c$ — фундаментальную константу квантовой электродинамики, характеризующую силу электромагнитного взаимодействия (скорость света в вакууме известна с точностью, превышающей 3×10^{-7} %). Достигнутая к настоящему времени точность измерения постоянной тонкой структуры составляет 10^{-6} %. Величина α , определенная на основе квантового эффекта Холла с такой же точностью, совпала с результатами измерений дру-

гими методами. Таким образом, открытие квантового эффекта Холла дает нам новый независимый метод определения постоянной тонкой структуры, возможно, наиболее точный из всех существующих.

Во-вторых, — и что самое главное — квантовый эффект Холла может быть использован для создания независимого от материала и времени эталона электрического сопротивления. Этим объясняется огромный интерес метрологов к обнаруженному К. фон Клитцингом явлению.

С момента открытия квантового эффекта Холла прошло всего пять лет. Число работ, публикуемых в научных журналах мира по этой тематике, ежегодно возрастает и сейчас достигло уровня сотни работ в год. Эффект воспроизведен в различных вариантах. Для получения двумерного электронного канала использованы полевые транзисторы на основе разных полупроводников, полупроводниковые гетероструктуры, поверхности раздела полупроводниковых кристаллитов различной ориентации. Предложены многочисленные теоретические модели, обнаружены любопытные нелинейные явления и, наконец, в еще более совершенных образцах найден дробный квантовый эффект Холла³, соответствующий дробным значениям фактора j . Во все эти исследования группа, возглавляемая фон Клитцингом, внесла значительный, а во многих случаях и определяющий, вклад.

Несомненно, квантовый эффект Холла — самый красивый эффект физики твердого тела, обнаруженный после открытий Р. Мессбауэра и Б. Джозефсона.

В. Т. Долгополов,
доктор физико-математических наук

Институт физики твердого тела
АН СССР
Черноголовка

¹ Подробнее о квантовом эффекте Холла см.: Семенчинский С. Г., Эдельман В. С. Полевой транзистор и постоянная тонкой структуры. — Природа, 1982, № 9, с. 38.

² Klitzing K. von, Dorda G., Pepper M. — Phys. Rev. Lett, 1980, v. 45, p. 494.

³ См.: Семенчинский С. Г. Дробный квантовый эффект Холла. — Природа, 1984, № 3, с. 34.

По химии — Дж. Карл и Г. А. Хауптман

Нобелевская премия по химии за 1985 г. присуждена американским кристаллографам Дж. Карлу и Г. А. Хауптману за выдающиеся достижения в разработке прямых методов определения структуры кристаллов.

Джером Карл (Jerome Karle) родился 18 июня 1918 г. в Нью-Йорке. Учился в Городском колледже Нью-Йорка, а затем в Гарвардском университете, который окончил в 1938 г. В 1943 г. получил степень доктора философии по специальности физическая химия в Мичиганском университете. В 1943—1944 гг. участвовал в Манхэттенском проекте. С 1946 г. работает в Исследовательской лаборатории Военно-морского флота США в Вашингтоне, где с 1967 г. возглавляет научные исследования в лаборатории структуры материи. Член Национальной академии наук США, а также Американского математического, физического и химического обществ.

Герберт Аарон Хауптман (Herbert Aaron Hauptman) родился 14 февраля 1917 г. в Нью-Йорке. Был одноклассником Дж. Карла в Городском колледже Нью-Йорка. Затем учился в Колумбийском университете. В 1955 г. получил степень доктора философии по математике в Мэрилендском университете. Работал в той же Исследовательской лаборатории ВМФ США, что и Дж. Карл, а с 1970 г. — профессор Нью-Йоркского университета в Буффало. С 1972 г. возглавляет исследовательскую работу в Медицинском центре в Буффало, являясь вице-президентом этой организации.

Совместные работы по методам исследования атомного строения кристаллов Дж. Карл и Г. А. Хауптман начали печатать с 1950 г. Плодотворное творческое сотрудничество продолжалось около 15 лет. Работы появлялись с завидной регулярностью и возможной пе-



Дж. Карл.

рестановкой порядка следования авторов. Именно в этот период практически были созданы современные прямые методы структурных исследований кристаллов по дифракционным данным. Позднее пути будущих лауреатов довольно резко разошлись.

На рубеже XIX и XX вв., когда завершалось строительство здания классической физики, пережила свое второе рождение и кристаллография. К 1890 г. основоположник современной структурной кристаллографии Е. С. Федоров и отдавший ему пальму первенства немецкий математик А. Шенфлис завершили вывод 230 пространственных групп симметрии — математического фундамента учения об атомном строении кристаллов. 22 года спустя в Мюнхене М. Лауэ (Нобелевская премия по физике за 1914 г.), В. Фридрих и П. Книппинг осуществили эксперимент по дифракции рентгеновских лучей на кристалле. Так была заложена основа для разработки методов исследования атомного строения кристаллов по данным рентгеновской дифракции. М. Лауэ сразу понял открывавшиеся здесь новые возможности. Од-



Г. Хауптман.

нако, взяв в качестве объекта исследований медный купорос, немецкие кристаллографы не справились с задачей, которую удалось другим авторам решить только через 20 лет. Осмотрительнее в смысле выбора объекта исследований оказались англичане отец и сын Г. и Л. Брэгги (Нобелевская премия по физике за 1915 г.), которые уже в 1913 г. дифракционными методами подтвердили предсказанную ранее У. Барлау атомную структуру кристалла хлористого натрия. Вскоре Г. Брэгг и наш соотечественник Г. В. Вульф получили весьма простое соотношение между межплоскостными расстояниями в кристалле, длиной волны используемого рентгеновского излучения и углом, под которым выходит из кристалла дифрагированный луч. Этим соотношением мы пользуемся и сегодня.

Металлы и сплавы, минералы, неорганические и органические соединения, белки и даже вирусы в кристаллическом состоянии характеризуют трехмерная периодичность строения. Хорошей аналогией здесь может служить плотная кирпичная кладка с заполнением про-

странства без пропусков. Элементарная ячейка кристалла («кирпич») в общем случае может быть косугольной. Минимальные межатомные расстояния в кристаллах зависят от вида атомов и характера химических связей и составляют от одного до нескольких ангстрем. Кратчайшие периоды повторяемости — ребра элементарных ячеек — изменяются от нескольких до десятков и даже сотен ангстрем. Последнее относится к кристаллам белков и вирусов. Можно сказать, что кристалл является созданной самой природой трехмерной дифракционной решеткой для излучения с длиной волны порядка ангстрема.

Если на монокристалл направить монохроматический рентгеновский луч и по определенному закону изменять ориентацию кристалла в пучке, то последовательно будут возникать и гаснуть отражения дифракционной картины кристалла. Для обычного кристалла удается зарегистрировать тысячи таких отражений; белковый кристалл дает их в десятки и сотни раз больше. В настоящее время созданы и успешно работают управляемые ЭВМ дифрактометры, которые в автоматическом режиме за несколько суток регистрируют интегральные интенсивности всех доступных измерению дифракционных отражений от одного кристалла. Набор экспериментальных рентгеновских интенсивностей пересчитывается в модули коэффициентов Фурье разложения в трехмерный ряд распределения электронной плотности в кристалле. Однако обычный дифракционный эксперимент не позволяет фиксировать фазы рентгеновских дифракционных отражений. Установление этих фаз было и остается центральной проблемой структурной кристаллографии. Дж. Карл и Г. А. Хауптман внесли определяющий вклад в развитие прямых методов вычисления фаз структурных амплитуд.

Пионерские работы по атомным структурам кристаллов выполнялись методом проб и ошибок. Если исследователь из каких-либо соображений строил атомную модель кри-

сталла, то по ней он мог рассчитать дифракционную картину. Сравнив эту картину с экспериментальной, он подтверждал или отвергал пробную модель. Естественно, так можно анализировать только достаточно простые структуры. Первое существенное продвижение в структурной кристаллографии было связано с работой А. Патерсона 1934 г. Он показал, как по дифракционным данным построить функцию распределения межатомных векторов в исследуемом кристалле и что эта функция может быть весьма полезной для конструирования атомной модели кристалла. Патерсоновские методы оказались эффективными для кристаллов, состоящих из атомов с разными номерами (причем важно наличие малого числа тяжелых атомов). На кристаллах органических соединений эти методы часто давали сбои.

Успешный старт прямых методов решения фазовой проблемы правомерно связывают с работой 1948 г. Д. Харкера и Дж. С. Каспера по соотношениям типа неравенств, которые в определенных случаях позволяли делать достоверные заключения о фазах сильнейших структурных амплитуд. Однако подлинный триумф прямых методов начался с развитием вероятностных подходов к фазовой проблеме.

50-е годы. Число публикаций о том, как можно извлечь структурную информацию из дифракционных данных заметно превосходит число экспериментальных исследований атомных структур кристаллов. Новые эффективные для практики структурных исследований методы создавались с большим трудом. Перечень различных подходов, и соответственно имен их авторов, первоначально был достаточно велик.

Практика структурных исследований жестко фильтровала идеи. Статистические подходы к проблеме требовали огромных объемов вычислений. Появилось новое требование: методы должны быть удобными для реализации на ЭВМ. В сложившейся ситуации мало было предложить идею и опубликовать теоретическую работу по фазовой проблеме. Необходи-

мо было разработать «технологии» определения фаз, доказать ее эффективность и привлечь к ней внимание экспериментаторов, занятых практикой структурных исследований.

Заметное выделение из общего списка исследователей имен сегодняшних лауреатов произошло в 1953 г., когда вышла в свет монография Г. А. Хауптмана и Дж. Карла «Решение фазовой проблемы. I. Центросимметричный кристалл». Многолетние исследования этих авторов, которые продолжают и поныне, всегда отличал фундаментальный характер и доведение теоретических разработок до соотношений, которые могут использоваться непосредственно в практике структурных исследований кристаллов. В настоящее время все те статистические связи, в которые вовлечены экспериментальные модули структурных амплитуд, и соответствующие фазовые соотношения, вместе с функциями распределения, позволяющими оценивать вероятности выполнения этих соотношений, используются в комплексах кристаллографических программ, реализованных на ЭВМ. Для структур с 30—40 базисными (независимыми по симметрии) атомами фазовая проблема на ЭВМ типа ЕС-1045 решается в автоматическом режиме за несколько десятков минут. Рекордные структурные исследования выполнены для кристаллов с 200—300 базисными атомами. Автоматизация дифракционного эксперимента и постановка на ЭВМ решения фазовой проблемы, уточнение модели атомной структуры кристалла методом наименьших квадратов и представление результатов методами машинной графики превратили рентгеноструктурный анализ в рабочий инструмент, которым пользуются физики и химики, минералоги и материаловеды, специалисты по молекулярной биологии.

Ежегодно в мире этими методами исследуется атомное строение порядка 5000 кристаллов разной природы — от металлов и сплавов до сложных органических веществ. Химики являются пока главными потребителями структурной информации.

Нобелевская премия, полученная Дж. Карлом и Г. А. Хауптманом, подводит черту под важным этапом структурной кристаллографии. За этой чертой уже видны новые горизонты.

Прецизионные структурные исследования дают возможность не только построить атомную модель кристалла, но и получить характеристики тепловых колебаний атомов, включая отклонения в этих колебаниях от гармонического закона, а это — механизм фазовых переходов, ионный транспорт и т. д. Более того, дифракционные методы дают ин-

формацию о перераспределении в кристаллах и молекулах валентных электронов, которое имеет место при образовании химической связи. В методическом плане осваиваются синхротронные источники рентгеновского излучения, позиционно-чувствительные детекторы рентгеновского излучения, разрабатываются экспериментальные методы измерения фаз структурных амплитуд, которые позволили бы продвинуться в область более сложных структур и исследовать те 5—7 % структур, которые не поддаются вероятностным методам.

Дж. Карл и Г. А. Хауптман в качестве гостей Академии наук СССР посещали Советский Союз, выступали с лекциями и докладами. Тепло и радушно принимали они и наших специалистов у себя.

Г. Н. Тищенко,
доктор химических наук

В. И. Симонов,
доктор физико-математических наук

Институт кристаллографии АН СССР
Москва

По медицине — М. Браун и Дж. Голдстейн

Нобелевская премия по медицине за 1985 г. присуждена американским исследователям генетику М. Брауну и врачу Дж. Голдстейну за раскрытие механизма регуляции холестерина обмена.

Майкл Стюарт Браун (Michael Stuart Brown) родился 13 апреля 1941 г. в Нью-Йорке. В 1962 г. он закончил Пенсильванский университет и в 1966 г. получил степень доктора медицины. Начиная с 1968 г. несколько лет работал в Национальном институте артрита и нарушений обмена веществ и в лаборатории биохимии Национального института сердца. В 1971 г. стал сотрудником Юго-западной медицинской школы Техасского университета в Далласе. С 1977 г. занимает пост директора Центра наследственных заболеваний в Научно-исследовательском медицинском центре Техасского университета. Член Национальной академии наук США.

Джозеф Леонард Голдстейн (Joseph Leonard Goldstein) родился 18 апреля 1940 г. в Сэмтере (штат Южная Каролина, США). В 1962 г. окончил университет Вашингтона и Ли в Лексингтоне (штат Виргиния), в 1966 г. получил степень доктора медицины в Техасском университете. С 1968 по 1972 г. за-

нимался научными исследованиями сначала в лаборатории биохимической генетики Национального института сердца, затем в отделении медицинской генетики Медицинской школы Вашингтонского университета в Сиэтле. В 1972 г. перешел в Техасский университет, где с 1977 г. возглавлял отдел молекулярной генетики Научно-исследовательского медицинского центра. Член Национальной академии наук США.

В 1981 г. М. Браун и Дж. Голдстейн получили премию Нью-Йоркской академии наук по биологии и медицине.

Исследования, проведенные Дж. Голдстейном и М. Брауном в последние годы, коренным образом изменили наши представления о механизме транспорта липидов в организме животных и человека. До появления их работ свойства белково-липидных комплексов — липопротеидов, в составе которых нерастворимые в воде липиды (и в частности, холестерин) транспортируются в плазме крови, исследователи характеризовали, главным образом, обычными биохимическими методами. Ситуация радикально изменилась после того, как в 1973 г. Дж. Голдстейн и М. Браун открыли рецепторы, способные связывать липопротеиды низкой плотности (ЛНП).

ЛНП — это циркулирующие в кровеносном русле частицы, являющиеся главным источником холестерина для большинства клеток организма человека и животных. Увеличение их концентрации в крови может быть причиной быстрого развития атеросклероза.

Вот что пишут сами авторы о начале своих исследований: «Все началось с того, что в 1973 г. в нашей лаборатории в Научно-исследовательском медицинском центре Техасского университета в Далласе были открыты рецепторы ЛНП. Мы изучали культуру клеток из кожи человека, называемых фибробластами. Как и все животные клетки, для построения своих поверхностных, или плазматических, мембран фибробласты нуждаются в холестерине. Было установлено, что клетки обеспечивают себя холестерином, извлекая его из липопротеидов сыворотки культуральной среды. В сыворотке крови человека содержится смесь различных липопротеидов, но мы выяснили, что источником холестерина для фибробластов являются, главным образом, липопротеиды низкой плотности»¹.

¹ Браун М. С., Голдстейн Д. Л. — В мире науки, 1985, № 1, с. 27.



М. Браун (слева) и Дж. Голдстейн.

Открытие рецепторов ЛНП повлекло за собой целый ряд фундаментальных исследований, в результате которых в современной биохимии и клеточной биологии сформировалось новое направление — изучение рецепторного метаболизма липопротеидов. Основную роль фактически во всех последовавших работах сыграли исследования Дж. Голдстейна и М. Брауна.

После обнаружения рецепторов ЛНП на фибробластах крови Дж. Голдстейн и М. Браун подробно изучили их роль в переносе холестерина внутрь клетки. Они установили, что взаимодействие ЛНП с клеточными рецепторами приводит к быстрому проникновению липопротеидных частиц внутрь клеток за счет процесса, получившего название рецепторного эндоцитоза. Холестерин, проникший в клетку за счет рецепторного эндоцитоза, блокирует синтез рецепторов ЛНП и предотвращает таким образом избыточное накопление липидов в клетке.

Вскоре после этих работ рецепторы ЛНП были обнаружены на клетках крови человека,

а также в клеточных мембранах многих других тканей человека и различных видов животных. Одновременно был проведен целый ряд исследований, убедительно доказывающих важную физиологическую роль рецепторов ЛНП в организме животных и человека. Было показано, в частности, что взаимодействие ЛНП с рецепторами определяет концентрацию ЛНП в крови и скорость их выведения из кровотока.

В 1980 г. в лаборатории Дж. Голдстейна и М. Брауна рецептор ЛНП был выделен из надпочечников в чистом виде и определены его характеристики. Оказалось, что это гликопротеин (белок, к полипептидной цепи которого присоединены цепочки сахаров) с молекулярной массой 160 тыс. D. В дальнейшем к этому белку удалось получить моноклональные антитела, которые в настоящее время используются для изучения свойств рецептора ЛНП. Так, при помощи моноклональных антител было установлено, что ген, кодирующий синтез рецептора ЛНП, расположен в 12-й хромосоме — там же, где и ген апобелка В-100, через который рецептор связывается с ЛНП.

В этой же лаборатории была клонирована комплемен-

тарная ДНК, синтезированная на мРНК рецептора, и затем определена последовательность нуклеотидов в ДНК. По этим данным была установлена аминокислотная последовательность молекулы рецептора (в нем 839 аминокислотных остатков). Были найдены также места присоединения сахаров и участок белка, который находится в цитоплазматической мембране.

Кроме рецепторов ЛНП, в настоящее время известны еще два типа рецепторов, участвующих в метаболизме липопротеидов. Это рецепторы для так называемых модифицированных ЛНП и апоЕ-рецепторы. Заслуга открытия рецепторов для модифицированных ЛНП также принадлежит Дж. Голдстейну и М. Брауну. Обнаружив эти рецепторы на поверхности макрофагов, они сформулировали предположение о возможном механизме избыточного накопления липидов в клетках. Важная особенность этих рецепторов состоит, как оказалось, в том, что холестерин, поступая в клетки путем взаимодействия модифицированных ЛНП с рецепторами, не может ингибировать синтез рецепторов, как в случае обычных липопротеидов. Сейчас эти рецепторы также получены в очищенном виде и интенсивно изучаются. АпоЕ-рецепторы, обеспечивающие транспорт липопротеидных частиц в клетки печени, были открыты сотрудниками Медицинской школы Калифорнийского университета в Сан-Франциско Р. Мали и Т. Иннерарити, однако в изучении свойств этих рецепторов Дж. Голдстейн и М. Браун также принимали активное участие.

Общепризнано, что открытие рецепторов ЛНП сыграло важную роль в развитии как клеточной биологии, так и биохимии липидного обмена, однако наибольшую значимость этому открытию придало его значение для медицины. Непосредственная связь работ Дж. Голдстейна и М. Брауна с медициной проявилась уже на самых ранних этапах исследований, ставших в настоящее время классическими. Так, уже в первой посвященной рецепторам ЛНП работе было показано, что рецепторы ЛНП нет у некоторых лю-

дей. Это были больные, страдающие гомозиготной формой семейной гиперхолестеринемии — тяжелым врожденным заболеванием, при котором концентрация холестерина и ЛНП в крови увеличены, а это приводит к развитию атеросклеротических поражений сосудов сердца уже в молодом возрасте. При гомозиготной форме заболевания (когда оба аллеля гена рецепторов ЛНП мутантны), встречающейся с частотой один случай на миллион, концентрация ЛНП в крови в шесть раз превышает норму; такие больные погибают от сердечно-сосудистых заболеваний, как правило, в возрасте до 20 лет. При гетерозиготной форме заболевания (с одним нормальным аллелем гена и одним дефектным), которая встречается с частотой один случай на пятьсот, концентрация ЛНП в крови увеличивается в два-три раза, а поражение сердечно-сосудистой системы развивается к 35 годам.

Детальные исследования, проведенные в течение последних десяти лет в лаборатории Дж. Голдстейна и М. Брауна, позволили выявить целый ряд мутаций, приводящих к нарушению функций рецепторов ЛНП. Причиной таких нарушений может быть блокада синтеза рецепторов, нарушение их посттрансляционной модификации или же функционирования на уровне клеточной мембраны. В орга-

низме больного все эти нарушения приводят к одному клиническому симптому — к увеличению концентрации ЛНП в плазме крови с последующим поражением сердечно-сосудистой системы.

Выяснение роли рецепторов ЛНП в развитии семейной гиперхолестеринемии позволило Дж. Голдстейну и М. Брауну наметить пути лечения больных, страдающих гетерозиготной формой этого заболевания. Поскольку избыток холестерина блокирует синтез рецепторов ЛНП, активность нормального гена можно усилить, снижая концентрацию холестерина в клетке. Для этого Дж. Голдстейн и М. Браун предложили использовать одновременно два лекарственных препарата: холестерин, который блокирует всасывание желчных кислот (на их синтез в печени расходуется большая часть холестерина) в кишечнике, и мевалолин, который подавляет синтез холестерина в печени. В настоящее время это единственный способ лечения семейной гетерозиготной гиперхолестеринемии.

Значение исследований Дж. Голдстейна и М. Брауна станет еще более очевидным, если учесть, что причиной поражения сердечно-сосудистой системы при семейной гиперхолестеринемии является атеросклероз, который в наши дни служит причиной 50 % случаев

смерти в большинстве экономически развитых стран. В настоящее время еще нет однозначных доказательств нарушений функций липопротеидных рецепторов при всех заболеваниях атеросклерозом.

Однако Дж. Голдстейн и М. Браун предполагают, что даже в тех случаях, когда больной атеросклерозом не имеет явно выраженных генетических дефектов, затрагивающих липопротеидные рецепторы, развитие этого заболевания может быть следствием неадекватного функционирования генетически нормальных рецепторов.

Присуждение М. С. Брауну и Дж. Л. Голдстейну Нобелевской премии свидетельствует о признании не только основополагающего вклада этих ученых в изучение роли клеточных рецепторов в регуляции транспорта холестерина в организме человека и животных, но и об огромной научной и практической значимости этой области биологической и медицинской науки. Можно не сомневаться, что столь высокая оценка окажется стимулом для быстрого и успешного развития исследований в этой области и за рубежом, и в нашей стране.

С. Н. Преображенский,
кандидат медицинских наук

Всесоюзный кардиологический
центр
Москва

В 1986 г. В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «НАУКА» ВЫЙДЕТ СБОРНИК

«Семь путешествий в микромир»

Он составлен из статей, опубликованных в последние годы в журнале «Природа».

Как зарождалась нейтринная физика? Распадается ли протон — основа мироздания? Существуют ли глюболы — необычные частицы, составленные из квантов калибровочных полей? Могут ли численные эксперименты на ЭВМ заменить традиционные эксперименты на ускорителях? Каким образом из кварка или глюона рождаются адронные струи и какую информацию о структуре микрочастиц они несут? Ответы на эти вопросы ждут читателей сборника. Сре-

ди его авторов — академики Б. М. Понтекорво и А. А. Логунов, член-корреспондент АН СССР С. С. Герштейн.

Объем сборника — 10 печ. л., д. 70 к. Желющие приобрести книгу могут направлять заказы по адресу: 117192, Москва, Мичуринский проспект, 12, магазин «Книга — почтой» Центральной конторы «Академкнига»; 197345 Ленинград, Петрозаводская ул., 6, магазин «Книга — почтой» Северо-Западной конторы «Академкнига». Аналогичные магазины есть во многих городах страны.

Космические исследования

«Союз Т-14»

17 сентября 1985 г. в 16 ч 39 мин по московскому времени в Советском Союзе был запущен космический корабль «Союз Т-14» с экипажем в составе: командир корабля В. В. Васютин, бортинженер летчик-космонавт СССР Г. М. Гречко и космонавт-исследователь А. А. Волков. 18 сентября в 18 ч 15 мин «Союз Т-14» состыковался с орбитальным комплексом «Салют-7» — «Союз Т-13», и космонавты перешли в помещение станции.

Программа исследований, рассчитанная на восемь суток, предусматривала проведение геофизических, астрофизических, медико-биологических, технических и биотехнологических экспериментов.

Поскольку по программе дальнейшие работы на станции продолжают В. В. Васютин, В. П. Савиных и А. А. Волков, а В. А. Джанибеков и Г. М. Гречко возвратились на Землю на корабле «Союз Т-13», в спускаемом аппарате этого корабля был демонтирован индивидуальный ложемент кресла В. П. Савиных и установлен ложемент Г. М. Гречко.

Научную работу на орбите экипаж из 5 космонавтов начал с биотехнологических исследований. На новой электрофоретической установке «ЭФУ-робот», доставленной «Союзом Т-14», выполнены несколько серий экспериментов. «ЭФУ-робот» — автоматизированная установка, предназначенная для отработки технологии получения в условиях невесомости сверхчистых биологически активных веществ для нужд здравоохранения, пищевой промышленности, сельского хозяйства.

По программам биологических исследований на установке «Светоблок-7» был проведен эксперимент по формированию синтетического геля, который



Экипаж космического корабля «Союз Т-14» (справа налево): командир корабля В. В. Васютин, космонавт-исследователь А. А. Волков и бортинженер Г. М. Гречко.

может быть использован для электрофоретической очистки веществ на Земле.

Вновь прибывшие космонавты провели серию медицинских исследований. Результаты эксперимента «Оптокинез» помогут оценить причины возникновения вестибулярных расстройств в острый период адаптации к невесомости. В экспе-

рименте «Сигнал-РД» изучались возможности применения метода рефлексодиагностики для оценки состояния организма в период адаптации.

В нескольких циклах геофизических экспериментов изучалась структура земной атмосферы, определялись ее оптические и спектральные характеристики. Так, в эксперименте «Экстинкция» определялась плотность аэрозольных слоев космического происхождения в земной атмосфере: с помощью электронного фотометра ЭФО-1 измерялись изменения яркости звезд при заходе их за горизонт Земли.

Космонавты приняли участие в очередном этапе комплексного эксперимента «Черное море-85», проводившегося по программе «Интеркосмос» и подготовленного специалистами НРБ, ГДР, ПНР и СССР. В нем отрабатывались методы дистанционного определения гидрофизических и биологических характеристик водной поверхности. Фотосъемка и спектрометрирование отдельных районов Черного моря проводились одновременно со станции «Салют-7», специализированных спутников Земли, самолетов-лабораторий и научно-исследовательских судов.

Для определения динамических характеристик орбитального комплекса и нагрузок, действующих на его конструкцию, космонавты выполнили технический эксперимент «Резонанс».

25 сентября 1985 г. в 7 ч 58 мин «Союз Т-13» с космонавтами В. А. Джанибековым и Г. М. Гречко отстыковался от станции «Салют-7». В ходе автономного полета экипаж «Союза Т-13» отрабатывал методы сближения космических аппаратов. 26 сентября в 13 ч 52 мин В. А. Джанибеков и Г. М. Гречко возвратились на Землю; спускаемый аппарат совершил посадку в 220 км северо-восточнее г. Джезказган.

Время космического полета В. А. Джанибекова составляет 112 сут 3 ч 12 мин, Г. М. Гречко — 8 сут 21 ч 13 мин.

С. А. Никитин
Москва

Астрофизика

Внегалактический источник γ -квантов сверхвысоких энергий

П. Прозеро и Р. Клей (R. Y. Protheroe, R. W. Clay; Аделаидский университет, США) проанализировали данные по регистрации широких атмосферных ливней, генерируемых частицами высоких энергий в атмосфере Земли. Одной из задач, которые ставили перед со-

бой исследователи, был поиск дискретных источников γ -квантов сверхвысоких энергий (больше $3 \cdot 10^{15}$ эВ), обнаружение которых позволило бы понять, где возникают космические лучи.

До настоящего времени окончательно не ясно, где и как ускоряются космические лучи (диапазон их энергий охватывает интервал от 10^8 до 10^{20} эВ). Непосредственно из наблюдений этот вопрос решить нельзя. Дело в том, что космические лучи состоят из заряженных частиц высоких энергий. Их движение в запутанных галактических магнитных полях приводит к эффективному перемещению частиц в пространстве. В результате они «забывают» место своего рождения, и их поток у Земли имеет высокую степень изотропии. Поэтому их источники можно было бы обнаружить, если бы наряду с космическими лучами они инжектировали в космическое пространство нейтральные частицы, движение которых не подвержено влиянию магнитных полей. Такими частицами могут быть γ -кванты, которые образуются в результате различного рода процессов с участием космических лучей.

Примерно два года назад появились сообщения, что на установках по регистрации широких атмосферных ливней зарегистрированы γ -кванты сверхвысоких энергий от дискретного источника Лебедь X-3. К настоящему времени в ходе наблюдений удалось обнаружить еще один источник — Велу X-1. Оба источника являются галактическими; наряду с гамма-, они генерируют также рентгеновское излучение. Представляют собой источники двойные системы, в состав которых входит нейтронная звезда.

Р. Прозеро и Р. Клей пытались обнаружить поток γ -квантов высоких энергий от других известных двойных рентгеновских источников. Были проанализированы данные по регистрации широких атмосферных ливней от 14 таких источников, расположенных в Южном небе. Для 13 из них были получены лишь верхние пределы на величину потока γ -квантов, и только для одного удалось установить величину потока.

Этим источником оказался внегалактический источник LMC X-4, расположенный в Большом Магеллановом Облаке. Он представляет собой двойную систему с орбитальным периодом 1,408 ч. В ее состав входит нейтронная звезда массой $1,6 M_{\odot}$ и звезда-компаньон массой $17 M_{\odot}$.

Поток γ -излучения от этого объекта (при энергии γ -квантов больше $3 \cdot 10^{15}$ эВ) оценивается величиной 10^{38} эрг/с, что примерно равно потоку от этого источника в рентгеновском диапазоне. Светимость LMC X-4 в γ -диапазоне в 20 раз больше, чем у Лебедя X-3, и в 5000 раз превосходит светимость Велу X-1. Таким образом, пока это самый яркий источник γ -квантов сверхвысоких энергий.

Nature, 1985, v. 315, № 6016, p. 205—207 (Великобритания).

Астрофизика

Новый класс рентгеновских источников

Приборы Европейской орбитальной рентгеновской обсерватории «EXOSAT» обнаружили необычный рентгеновский источник, который свидетельствует, по-видимому, о существовании нового класса объектов.

Высокая чувствительность приборов станции позволила исследовать характеристики рентгеновских источников с временным разрешением около 250 мкс. В частности, велось наблюдение яркого источника GX1-5, расположенного в центральной области Галактики. Из прежних наблюдений уже было известно, что блеск его хаотически колеблется с характерными временами вплоть до миллисекунд, однако на фоне этих флуктуаций «EXOSAT» обнаружил слабую квазипериодическую составляющую.

В отличие от рентгеновских пульсаров, у которых период повторения импульсов изменяется очень медленно — за сотни и тысячи лет, — период, обнаруженный у GX1-5, меняется буквально на глазах в интервале 25—50 мс (с частотой колебаний — 20—40 Гц).

Оказалось, что чем больше светимость источника, тем меньше период, а при превышении определенного порога светимости периодическая составляющая пропадает совсем.

Известно, что у пульсаров колебания блеска возникают из-за того, что излучающая область вращается вместе с нейтронной звездой; поэтому в них период колебаний блеска совпадает с периодом вращения нейтронной звезды. Отсутствие стабильного периода у GX1-5 свидетельствует об ином механизме переменности. Все предложенные гипотезы основываются на предположении, что рентгеновское излучение возникает при аккреции вещества на нейтронную звезду, обладающую магнитным полем. Квазипериодические колебания блеска могут возникать, например, при взаимодействии аккреционного диска с магнитосферой, вращающейся вместе с нейтронной звездой. Возможно и другое объяснение: магнитное поле направляет падающее вещество в район магнитных полюсов нейтронной звезды, где оно накапливается, пока вес образовавшегося «столба» не превысит давления магнитного поля; тогда эта порция вещества разбрызгивается по поверхности звезды. Затем процесс повторяется, и в результате могут наблюдаться колебания блеска, частота которых пропорциональна темпу аккреции, а значит, и светимости источника.

Дальнейшие наблюдения показали, что подобным свойством обладает и Скорпион X-1 — самый яркий после Солнца рентгеновский источник. Он был открыт в 1962 г. и с тех пор интенсивно изучался, однако только теперь с помощью «EXOSAT» обнаружено, что в периоды пониженной светимости у источника появляется квазипериодическая составляющая с частотой от 7 до 17 Гц.

Таким образом, можно говорить о существовании нового класса рентгеновских источников. Отмечается их аналогия с некоторыми системами типа AM Геркулеса — тесными двойными системами, в которых аккреция вещества происходит на белый карлик с магнитным полем напряженностью 10^7 — 10^8 Гс. У некоторых источников

такого типа в оптическом диапазоне наблюдаются квазипериодические колебания блеска с характерными периодами около 1 с. Возможно, мы сталкиваемся с процессами одинаковой природы, а различие в периодах и диапазоне, в котором возникают колебания, объясняется различием в масштабах: размеры нейтронных звезд значительно меньше, а магнитные поля у них значительно сильнее, чем у белых карликов.

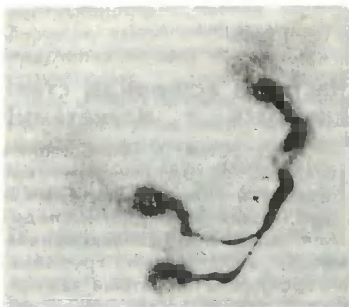
IAU Circular, 1985, № 4043, 4060, 4068.

Астрофизика

Внегалактическое торнадо

Американские радиоастрономы Ф. Оуэн, К. О'Деа, Дж. Эйлек (F. Owen, Ch. O'Dea, J. Eilek; Национальная радиоастрономическая обсерватория, Сокорро, и Институт горного дела и технологии, Нью-Мексико), а также японский радиоастроном М. Иноуэ (M. Inoue; Токийская радиоастрономическая обсерватория) провели наблюдение центральных областей известного радионисточника 3C 75 на «Очень большой решетке радиоастрономических антенн» (VLA). Этот радионисточник отождествлен со скоплением галактик, находящимся на расстоянии около 100 Мпк. По данным наблюдений удалось построить радиоизображение центральной области наиболее яркой из галактик, входящих в скопление. Полученный результат немало озадачил астрономов.

На изображении отчетливо видны протяженные структурные детали, которые принято называть джетами (выбросами). На сегодняшний день известно около 150 внегалактических радионисточников, имеющих один или два джета¹. Феномен джетов у внегалактических источников если и не до конца понятен, то во всяком случае



Радиоизображение центральной области доминирующей галактики, входящей в состав радионисточника 3C 75. Отчетливо видны три джета.

стал привычным. Однако в описываемом случае астрономы впервые столкнулись с источником, у которого количество джетов больше двух.

Согласованной теории образования джетов пока не существует. Не вызывает сомнения, что это плазменные струи, которые с большой скоростью выбрасываются из центров активности. Наиболее обоснованной принято считать модель, в которой образование джетов происходит за счет «переработки» вещества, падающего на сверхмассивную черную дыру. Однако не исключены и иные механизмы. В рассматриваемом случае, по-видимому, мы имеем дело с взаимодействующими джетами, генерируемыми двумя центрами активности. Внешне наблюдаемая структура напоминает торнадо, что наталкивает на мысль о существенной роли гидродинамических процессов в формировании джетов.

К старым вопросам о природе джетов добавляются новые. Каков механизм взаимодействия центров активности, ответственных за генерацию джетов? Являются ли центры активности генетически связанными или представляют собой результат галактического «каннибализма», в результате которого один объект захватывается гравитационным полем другого? Какова динамика взаимодействия джетов между собой?

Решить эти вопросы могут только дальнейшие исследования источника 3C 75.

The Astrophysical Journal, 1985, v. 294, L.85—L. 88 (США).

¹ См., напр.: Bridle A. H., Perley R. A.—Ann. Rev. Astron. Astrophys., 1984, v. 22, p. 319.

Астрономия

Часто ли астероиды сталкиваются с планетами!

Д. Стил и У. Баггалея (D. Steel, W. Baggageley; Кентерберийский университет, Крайстчерч, Новая Зеландия) исследовали вопрос о столкновениях между некоторыми группами астероидов и планетами земной группы. Известно несколько десятков астероидов типа Амур, Атен, Аполлон, орбиты которых заходят внутрь орбит Марса, Земли и Венеры. Подсчитав полное количество астероидов подобного типа, имеющих диаметр более 1 км, и учтя характер их движения, новозеландские ученые определили среднюю частоту столкновения этих астероидов с планетами. Оказалось, чаще других должна испытывать такие столкновения Земля: в среднем один раз за 160 тыс. лет. Затем следует Венера (300 тыс. лет), Марс (1,5 млн лет) и Меркурий (5 млн лет).

Конечно, для планет такие столкновения почти незаметны. А вот для астероидов они заканчиваются гибелью. Каково же среднее время жизни астероидов, орбиты которых проходят через внутреннюю часть Солнечной системы? У астероидов группы Амура (они могут сталкиваться только с Марсом) время жизни около $3 \cdot 10^9$ лет. У астероидов группы Атена (их орбиты пересекают только орбиту Земли) время жизни всего $2,5 \cdot 10^7$ лет. А аполлоны (они пересекают пути всех планет земной группы) живут около 10^8 лет. Впрочем, для многих астероидов группы Аполлона и Амура возможны столкновения с планетами-гигантами, а также с другими астероидами основного пояса, расположенного между Марсом и Юпитером. Это еще сильнее сокращает срок их жизни.

Почему же до сих пор существуют астероиды описанного типа? По-видимому, их число постоянно пополняется за счет астероидов основного пояса, сошедших со своих траекторий под действием гравитационных возмущений со стороны планет и друг друга. Не-

исключено, что в семейство астероидов с высокоэксцентричными орбитами (аполлоны) попадают и старые ядра комет.

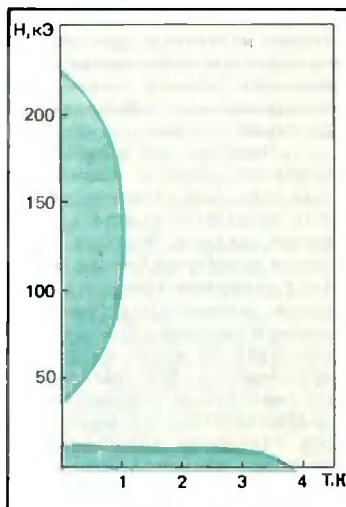
Monthly Notice of the Royal Astronomical Society, 1985, v. 212, № 4, p. 818—836 (Великобритания).

Физика

Магнитное поле разрушает и... восстанавливает сверхпроводимость

Обычно внешнее магнитное поле разрушает сверхпроводимость. Однако, как показали исследования группы швейцарских и французских ученых, из этого правила возможны исключения. В сверхпроводящих псевдотройных сплавах $\text{Eu}_x\text{Sn}_{1-x}\text{Mo}_6\text{S}_8$ при определенной концентрации $x \approx 0,75$ наблюдается удивительное явление: при температуре 0,5 К магнитное поле напряженностью 10 кЭ разрушает сверхпроводимость, однако в полях свыше 50 кЭ сверхпроводимость опять восстанавливается и исчезает лишь при 220 кЭ и выше.

Как объяснить это явление? Напомним, что сверхпроводимость возникает благодаря образованию пар электронов — так называемых куперовских пар. Электроны в этой паре имеют противоположные импульсы и магнитные моменты. В магнитном поле на движущуюся заряженную частицу действует сила Лоренца, пропорциональная скорости. Поскольку импульсы электронов в куперовской паре противоположны, то противоположны и их скорости, а значит, на электроны пары будут действовать противоположно направленные силы. Магнитное поле стремится, таким образом, разорвать куперовскую пару (этот механизм подавления сверхпроводимости носит название орбитального эффекта). Кроме того, магнитное поле стремится ориентировать противоположные спины куперовской пары (т. е. их магнитные моменты) в одном направлении — по полю, и тем самым разрушить ее (парамагнитный эффект).



Фазовая диаграмма соединения $\text{Eu}_x\text{Sn}_{1-x}\text{Mo}_6\text{S}_8$ в магнитном поле. Цветом показаны сверхпроводящие области.

Обычно основную роль играет орбитальный эффект. Однако примеси, а также большая величина эффективной электронной массы могут сильно ослабить его роль; именно такая ситуация и реализуется в рассматриваемом соединении. В нем определяющим стало действие магнитного поля на спины электронов. Важная особенность соединения $\text{Eu}_x\text{Sn}_{1-x}\text{Mo}_6\text{S}_8$ — наличие магнитных атомов Eu. Магнитное поле стремится выстроить магнитные моменты Eu по направлению поля. Магнитные моменты Eu благодаря квантовому обменному взаимодействию влияют на электронные спины, причем знак этого взаимодействия может быть любым. В результате на электронные спины действует как внешнее магнитное поле, так и «эффективное» поле со стороны атомов Eu, причем в $\text{Eu}_x\text{Sn}_{1-x}\text{Mo}_6\text{S}_8$ они направлены в противоположные стороны. В итоге появляется возможность компенсировать внешнее поле эффективным.

В слабых магнитных полях, благодаря довольно сильному обменному взаимодействию, основную роль играет эффективное поле атомов Eu.

С ростом внешнего поля все большее число моментов Еи выстраивается по полю, и, наконец, происходит разрушение сверхпроводимости. Дальнейшее увеличение поля приведет к тому, что все моменты Еи выстроятся по полю и их разрушающее влияние на сверхпроводимость перестанет расти. Тогда и происходит компенсация постоянного эффективного поля атомов Еи внешним магнитным полем. В результате в поле восстанавливается сверхпроводимость. Еще большее увеличение поля приводит к эффекту перекомпенсации и окончательному разрушению сверхпроводимости.

Теоретически явление возрождения сверхпроводимости в поле было предсказано В. Жаккарини и М. Петером (США) еще в 1962 г., т. е. более 20 лет назад.

Journal of Applied Physics, 1985, v. 57, № 1, p. 3099—3102 (США).

Физика

Мощный квазинепрерывный лазер в видимой области спектра

При накачке некоторых благородных газов пучком быстрых электронов происходит эффективное заселение возбужденных высоких р- и d-уровней. Это позволило получить мощное излучение на d—p-переходах в инфракрасной области спектра. Создать аналогичным образом излучение в видимой области спектра невозможно из-за малой скорости опустошения нижних метастабильных лазерных уровней.

Группа исследователей под руководством Н. Г. Басова (Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР) предложила опустошать нижние резонансные лазерные уровни с помощью примесей других инертных газов (Не, Kr, Хе). Дело в том, что потенциал ионизации Не, Kr и Хе меньше энергии лазерных уровней, которые необходимо опустошать. При столкновении атомов рабочего газа (например, Не) в метастабильном (нижнем лазерном) состоянии с легкоионизируемыми атомами «ту-

шителя» (Kr) происходит эффективная передача энергии от Не к Kr, в результате нижние лазерные уровни опустошаются.

В смеси Не—Не—Kr при давлении 0,1—5 атм получено мощное квазинепрерывное излучение на длине волны 585,25 нм с КПД 0,4 %, удельной мощностью 15 кВт/л в объеме 4 л. Необходимая плотность электронного тока накачки составила 0,3 мА/см² при длительности импульса до 180 мкс. Обычно высокие мощности излучения получают за счет сильного уменьшения длительности импульса (до нано- и пикосекунд), что и позволяет говорить об излучении длительностью 180 мкс как о квазинепрерывном.

Квантовая электроника, 1985, т. 12, № 1, с. 228.

Физика

Конкуренция между синхротронами и рентгеновскими трубками

В последнее десятилетие возможности рентгеновских дифракционных экспериментов, с помощью которых свыше 70 лет изучаются кристаллические структуры минералов, значительно расширились благодаря применению источников синхротронного излучения. По мощности они превосходят рентгеновские трубки в сотни и даже тысячи раз. Однако, по мнению французского кристаллографа А. Гинье (А. Guinier), чтобы эффективно использовать синхротроны, необходимо прежде всего понять, для каких структурных исследований они предпочтительнее рентгеновских трубок¹.

Напомним, что основное различие между двумя источниками заключается в том, что в рентгеновской трубке электроны при соударении с анодом теряют свою энергию, почти полностью превращая ее в тепло, тогда как в синхротроне энергия электрона практически целиком переходит в электро-

магнитное излучение. Большая интенсивность и малая расходимость пучка синхротронного излучения весьма полезны при структурных исследованиях очень мелких кристаллов. Именно таким путем была получена четкая дифракционная картина от монокристалла флюорита с ребром около 0,006 мм. А вот с помощью достаточно мощной (3 кВт) рентгеновской трубки аналогичную картину удалось получить от кристалла флюорита с объемом, почти в 10 раз большим².

Не может ли синхротронный источник, таким образом, полностью заменить относительно слабые рентгеновские трубки? Как показал опыт работы центров синхротронного излучения, наоборот, внедрение синхротронных источников стимулирует работу лабораторий, оснащенных обычным оборудованием.

Дело в том, что благодаря высокой мощности синхротронные источники имеют значительное преимущество в тех случаях, когда требуется использовать полихроматический пучок, например при изучении структурных изменений, происходящих в кристалле в процессе сжатия или химической реакции³. В итоге появляется возможность рентгенографически фиксировать изменение вещества через каждую тысячную долю секунды.

А в дифракционных экспериментах, основанных на использовании монохроматического рентгеновского пучка, преимущества синхротронного излучения уже не столь велики. Мощность рентгеновского луча,

² Bachmann R. et al. — Angew. Chem., 1983, v. 95, № 12, S. 1013.

³ Широкий набор достаточно интенсивных волн, присутствующих в рентгеновском спектре синхротронного излучения, позволяет получить информацию о структуре, практически не меняя ориентации образца, что особенно важно для подобных исследований. В спектре обычных рентгеновских трубок лишь отдельные волны характеризуются высокой интенсивностью.

¹ Guinier A. — The Rigaku J., 1984, v. 1, № 2, p. 1.

выделяемого с помощью монохроматора, оказывается не намного выше мощности пучка обычной рентгеновской трубки. В этом случае основное преимущество синхротронных источников — великоколепная коллимация создаваемого пучка, которая существенно повышает точность и ясность дифракционной картины.

При сравнении обоих типов источников рентгеновских лучей нельзя не учитывать, что синхротрон — большая установка, которую обслуживает многочисленный персонал. Число подобных ускорителей во всем мире измеряется единицами и вряд ли существенно изменится в обозримом будущем. Многие исследовательские группы, стремясь «пробиться» на синхротрон, вынуждены ждать несколько месяцев. Несомненно, в этом случае можно быстрее реализовать дифракционный эксперимент, используя обычную рентгеновскую трубку, даже если продолжительность эксперимента окажется в 10 раз более длительной.

Итак, синхротрон в первую очередь необходим для детальных исследований структурных изменений, предвзвешенно выявленных традиционными методами.

Д. Ю. Пуцаровский,
доктор геолого-минералогических наук
Москва

Физика

Лазерное усиление рентгеновского излучения

В разных лабораториях мира продолжают поиски, направленные на создание лазеров рентгеновского диапазона. В США вслед за Ливерморской лабораторией, в которой была получена инверсная заселенность уровней неоподобных ионов селена¹, о наблюдении стимулированной эмиссии линий водо-

родоподобного иона углерода сообщила группа исследователей из Принстонской лаборатории по физике плазмы.

В Принстоне инверсную заселенность уровней получили по схеме, предложенной в 1964 г. Л. И. Гудзенко и Л. А. Шелепиным (Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР): сначала создается облако горячей плотной плазмы для получения соответствующих многозарядных ионов, а затем плазма быстро охлаждается. При рекомбинации в первую очередь заселяются высоковозбужденные уровни с большими главными квантовыми числами n . Более низкие уровни заполняются благодаря каскадным переходам с верхних уровней при столкновениях частиц. Уровни с малыми n «очищаются» из-за спонтанных радиационных переходов. В водородоподобных ионах с максимальной скоростью происходят радиационные переходы с уровня $n=2$ на уровень $n=1$. В результате возникает инверсная заселенность уровней $n=3$ и $n=4$ по отношению к уровню $n=2$. Наиболее сильная инверсия должна наблюдаться для переходов $n=3 \rightarrow n=2$ (для водородоподобного иона углерода C VI этот переход соответствует длине волны 182,2 Å).

Обычно для охлаждения используют быстрое расширение плазмы, однако при этом трудно получить длинный и однородный плазменный столб. В экспериментах принстонской группы плазменное облако плотностью $(6-7) \cdot 10^{18}$ электронов/см³ и температурой электронов 10–20 эВ, созданное облучением углеродной мишени излучением импульсного CO₂-лазера, помещалось в магнитное поле соленоида напряженностью 90 кГс. Благодаря сильному магнитному полю разлет плазмы был почти одномерным — отношение длины плазменного столба (несколько миллиметров) к его радиусу (доли миллиметров) равнялось 100, — а охлаждение плазмы происходило не за счет расширения, а в результате линейчатого излучения многозарядных ионов. Так как интенсивность излучения пропорциональна квадрату плотности электронов и четвер-

той степени заряда ионов, в плотной плазме многозарядных ионов этот процесс весьма эффективен.

Измерялась интенсивность излучения вдоль и поперек плазменного столба для линий иона C VI 182 Å и 135 Å, соответствующих переходам $n=3 \rightarrow n=2$ и $n=4 \rightarrow n=2$. Для обеих линий эмиссия вдоль столба плазмы превышала эмиссию радиальную; причем в соответствии с теорией для линии 135 Å это превышение было невелико — в 1,5–2 раза, а для линии 182 Å излучение вдоль столба было в 120 раз интенсивнее, чем по радиусу. Подобный эффект можно объяснить лишь сильной инверсией и стимулированным излучением, т. е. усилением света при его распространении по среде с инверсной заселенностью.

Чтобы дополнительно проверить наличие инверсной заселенности, через плазменный столб было пропущено его собственное излучение с длиной волны 182 Å, отраженное многослойным сферическим зеркалом. При коэффициенте отражения зеркала менее 12 % интенсивность излучения в аксиальном направлении почти удваивалась, тогда как излучение в радиальном направлении практически не менялось. Полученный результат однозначно доказывает наличие лазерного эффекта.

Яркая температура плазменного столба на длине волны 182 Å в аксиальном направлении равнялась 1,2 кэВ (интенсивность излучения 10^5 Вт/стерадиан), что в 60–120 раз выше истинной температуры электронов и также подтверждает наличие стимулированного излучения.

Preprint Princeton Plasma Physics Laboratory 2207, 1985 (США).

Генетика

Гормоны вызывают только ограниченное число мутаций

Способность гормонов вызывать структурные мутации

¹ Rosen M. D. et al. — Phys. Rev. Lett., 1985, v. 54, p. 106; Matthews D. L. et al. — Ibid., p. 110.

хромосом позволяет рассматривать их как одну из причин спонтанного мутационного процесса¹. Этим и определяется интерес к их мутагенному действию в качестве возможной экспериментальной модели спонтанного мутагенеза. А поскольку гормоны широко применяются в медицине, важно знать, какие последствия они могут вызывать.

Л. И. Лебедев и С. В. Скорова (Институт цитологии и генетики СО АН СССР, Новосибирск) изучили закономерности хромосомного мутагенеза, вызванного некоторыми гормонами: гистамином, брадикинином, эстрадиолом и прогестероном. Исследования велись на культуре эмбриональных фибробластов мышей; гормоны вводили в культуру клеток, находящихся на разных стадиях митотического деления, чтобы выяснить, какому процессу — спонтанному или индуцированному — больше соответствуют изменения, вызываемые гормонами.

Между этими процессами есть существенные различия: по первому из них хромосомы разрываются в интерфазе (стадия жизненного цикла клетки между двумя последовательными делениями, когда каждая хромосома представлена единичной нитью), а по второму — в метафазе, во время которой хромосомы сосредоточиваются в экваториальной области ядра, формируют экваториальную пластинку, а затем разъединяются на хроматиды. В результате хромосомных мутаций при любом процессе хроматиды разрываются с образованием ацентрических фрагментов. Если процесс спонтанный — ацентрики располагаются вне экваториальной пластинки, если индуцированный —

они сосредоточиваются в самой пластинке. По расположению ацентриков и отличаются спонтанный мутагенез от индуцированного.

Оказалось, что при введении гормонов разрывы в хроматидах образуются на стадии интерфазы, следовательно, гормональное воздействие по своему механизму подобно спонтанному мутагенезу. При добавлении гормонов в культуру клеток количество хроматидных разрывов возрастает и, достигнув 7—8 % от общего числа клеток, дальше не изменяется, даже при увеличении концентрации гормонов в 5 раз. Интересно, что частота таких разрывов не зависит от того, один или несколько гормонов оказывают действие.

Выявив порог частоты мутаций, вызываемых гормонами, авторы исследования делают вывод, что в клетке существует своеобразный механизм, который допускает только ограниченное число структурных мутаций. Агенты, вызывающие ограниченное число мутаций, названы авторами мутагенами ограниченного действия (МОД). Эти мутагены инициируют процесс, сходный со спонтанным мутагенезом, но отличающийся меньшей интенсивностью: МОД оказывают действие только на 7—8 % клеток.

Доклады АН СССР, 1985, т. 282, № 1, с. 173—176.

Иммунология

Предупреждение повышенной чувствительности к аллергену

Один из возможных путей предупреждения аллергии заключается в блокировании клеточных рецепторов иммуноглобулинами Е (IgE), не обладающими активностью антитела. Р. Геа, Б. Хелм и Х. Гоулд (R. S. Geha, B. Helm, H. Gould;

Медицинская школа Гарвардского университета, США; Лондонский королевский колледж, Великобритания) попытались решить задачу создания фрагмента IgE с необходимыми свойствами с помощью методов генной инженерии. Был выделен участок ДНК, кодирующий так называемую постоянную область тяжелой цепи IgE человека. Именно эта область непосредственно реагирует с клеточным рецептором. Участок ДНК вводился в клетку кишечной палочки, которая синтезировала соответствующий белок.

Активность этого белка, представляющего собой фрагмент IgE, была проверена в кожной пробе. Аллергические проявления предотвращались, если перед введением под кожу здорового человека сыворотки крови, содержащей антитела к определенному аллергену, и последующей инъекцией аллергена в то же место вводился фрагмент IgE, синтезированный кишечной палочкой. Предупреждающий эффект длился до 12 дней.

На основании анализа аминокислотной последовательности тяжелых цепей иммуноглобулинов человека Г. И. Чипенс и сотрудники (Институт органического синтеза АН Латвии, Рига) установили структуру потенциально активного центра молекулы IgE — нонапептида, локализованного на С-конце молекулы и определяющего взаимодействие с клеточным рецептором. Пептиду дано условное название «игерцин», образованное из первых букв комплекса «IgE-рецептор», окончание «ин» указывает на проявление им некоторых свойств кининов².

Синтез игерцина осуществлен методами пептидной химии. Целевой продукт получен с выходом 92 %, его чистота и индивидуальность подтвержде-

¹ Строго говоря, спонтанный мутагенез значит самопроизвольный, без воздействия. На самом же деле под спонтанным мутагенезом подразумевается процесс, происходящий под влиянием внутриклеточных факторов, а под индуцированным — тот, который возникает при действии на клетку внешних факторов.

¹ См.: Выяснено строение рецептора для иммуноглобулина Е.— Природа, 1985, № 10, с. 108.

² Кинины — группа полипептидов, образующихся в тканях и плазме крови при различных повреждающих воздействиях. Они регулируют местный кровоток, снижают артериальное давление, участвуют в процессе возникновения болевых реакций организма.

ны несколькими видами анализа. Проведенные биологические испытания показали, что игерцин предотвращает различные типы аллергических реакций, а также обладает некоторыми кининоподобными эффектами.

Nature, 1985, v. 315, № 6020, p. 577—578 (Великобритания); Биоорганическая химия, 1985, т. 11, № 5, с. 590—597.

Иммунология

Новые белки из иммуноглобулинового суперсемейства

Белки, расположенные на мембранах лимфоцитов, играют решающую роль в специфическом иммунном распознавании и развитии иммунного ответа. В последние дни выяснилось, что и рецепторы Т-лимфоцитов, и белки главного комплекса гистосовместимости (ГКГ) по своему строению очень похожи на иммуноглобулины. Поэтому их стали относить к иммуноглобулиновому суперсемейству белков. Однако на поверхности Т-лимфоцитов встречаются и другие белки: мембранные гликопротеины Т-лимфоцитов человека, названные Т4 и Т8. Т4-белки встречаются главным образом на Т-хелперах — Т-лимфоцитах, помогающих синтезу антител В-лимфоцитами. Т8-белки обнаруживаются на Т-киллерах, ответственных за цитотоксическую активность, и на Т-супрессорах, подавляющих синтез антител. Судя по тому, что моноклональные антитела к белкам Т4 и Т8 блокируют активность Т-лимфоцитов, можно полагать, что оба белка играют важную роль в узнавании этими клетками антигенов.

Недавно в Колумбийском университете (Нью-Йорк, США) Д. Литман (D. R. Littman) и сотрудники установили нуклеотидную последовательность гена, кодирующего Т8-белок, и на ее основе определили первичную структуру самого белка. Оказалось, что один из основных участков полипептидной цепи Т8-белка длиной в 113 аминокислот очень похож по строению на вариабельную

часть легких каппа-цепей иммуноглобулинов. Ген Т8 тесно сцеплен с генами этих легких цепей на хромосоме 2. Очевидно, что Т8-белок следует отнести к иммуноглобулиновому суперсемейству.

Предполагается, что функция белков Т4 и Т8 заключается во взаимодействии с белками ГКГ других клеток. Изучение их вместе с другими белками иммуноглобулинового суперсемейства необходимо для решения центральной проблемы иммунологии — проблемы специфического иммунного распознавания.

Cell, 1985, v. 40 № 2, p. 237—246 (США).

Молекулярная биология

Клонирована ДНК из мумии

Молекулярная биология, по-видимому, может оказать весьма существенную помощь в решении ряда задач археологии, эволюции человека, развития и миграции популяций. На такую возможность указывают результаты, полученные С. Пяббо (S. Pääbo; Уппсальский университет, Швеция) в опытах по клонированию ДНК, выделенной из тканей египетской мумии.

Материалом служили поверхностные ткани ноги мумифицированного мальчика, умершего в Египте около 2400 г. до н. э. Фрагменты ДНК были встроены в ДНК бактериальной плазмиды, размножены, а затем была расшифрована первичная структура одного из фрагментов длиной в 3,4 тыс. пар оснований. Оказалось, что изученный отрезок ДНК мумии в ходе мумификации и хранения остался неповрежденным. Таким образом, доказана принципиальная возможность выделения и изучения достаточно больших отрезков ДНК, имеющих весьма древний возраст.

Очевидно значение этой работы не только для многих вопросов, связанных с проблемами египтологии (например, происхождение популяций долины Нила, взаимоотношения между династиями фараонов, инди-

видуальное родство членов семей фараонов), но и для более общих проблем эволюции человека, поскольку мумифицированные останки были обнаружены не только в Египте, но и в Перу, Японии, Австралии и в Европе. Разумеется, подобные работы приобрели бы особую ценность, если бы удалось установить какие-либо структурные особенности в расшифрованных генах, возникшие в результате определенных мутаций.

Nature, 1985, v. 314, № 6012, p. 576—579 (Великобритания).

Биохимия

Механизм действия нитроглицерина

З. В. Куроптева и О. Н. Пастушенко (Институт химической физики АН СССР) методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) изучали парамагнитные комплексы, образующиеся в крови и печени животных после инъекций нитроглицерина. Сопоставлялись спектры ЭПР крови и ткани печени лабораторных животных до и после внутрибрюшинных инъекций. Установлено, что введение нитроглицерина приводит к значительному увеличению концентраций свободных радикалов и появлению нитрозильных комплексов железосодержащих белков: железосерусодержащих центров и гемсодержащих белков, в том числе гемоглобина. Сигналы ЭПР, свидетельствующие о появлении этих комплексов в крови, регистрировались почти сразу после введения препарата; наблюдалось также увеличение сигнала метгемоглобина и небольшое уменьшение сигнала трансферрина. В печени нитрозильные комплексы четко фиксировались уже через 10 минут после инъекций, причем интенсивность сигналов от них была существенно больше, чем в крови.

Итак, нитроглицерин, как и другие органические нитропроизводные, метаболирует в организме животных с выделением окиси азота, которая связывается железосодержащими

белками с образованием нитрозильных комплексов.

Само по себе образование таких комплексов должно вызывать гипоксию. Известно, однако, что уже в первые минуты после введения нитроглицерина происходит расширение сосудов, причем расширение вен преобладает над расширением артерий, что способствует восстановлению венозного кровотока. Таким образом, одновременность процессов образования нитрозильных комплексов и расширения сосудов позволяет предполагать существование связи между ними.

По-видимому, биотрансформация нитроглицерина в организме последовательно приводит к выделению окиси азота и образованию нитрозильных комплексов, которые активируют гуанилатциклазу, способствуя увеличению содержания внутриклеточного ц-гуанозинмонофосфата (одного из ключевых клеточных ферментов), ослаблению мышц сосудов, их расширению и восстановлению кровообращения.

Доклады АН СССР, 1985, т. 281, № 1, с. 189—192.

Биохимия

Выделен гемсодержащий белок

Л. Д. Евдокимов и Н. Р. Елаев (Институт токсикологии Министерства здравоохранения СССР и Петрозаводский университет) выделили из крови крыс гемсодержащий белок, способный обезвреживать в организме лекарственные препараты (атропин, амизил и глипин), которые блокируют внутриклеточную биохимическую систему взаимодействия с медиатором нервных окончаний ацетилхолином.

С помощью хроматографических и электрофоретических методов удалось достичь высокой степени очистки нового белка. Его молекулярная масса составляет 73—80 тыс. дальтон, а содержание не превышает 0,1 % общего количества белков крови. Наличие в молекуле белка гемогруппы под-

тверждено химическими и спектральными методами. На одну макромолекулу белка приходится один атом железа. Белок не связывает кислород и не расщепляет перекись водорода, что позволяет отличить его от гемоглобина и каталазы. Авторы считают, что выделенный ими белок относится к группе цитохромов, т. е. ферментов, участвующих в окислении различных физиологически активных веществ в организме.

Способность нового гемсодержащего белка обезвреживать атропин и родственные ему соединения оценивали в опытах *in vitro* по уменьшению их концентраций в буферных растворах. Концентрация атропина снижалась в 2—3 раза по сравнению с контрольными опытами. 1 мкмоль белка способен инактивировать не менее 3100 мкмоль атропина за 1 час.

Биохимия, 1985, т. 50, № 4, с. 576—580.

Биохимия

Пластмасса из сахара

В химических лабораториях британской корпорации «Ай-Си-Ай» получен новый вид пластмассы — полигидроксibuтират (ПГБ), которая по своим свойствам близка к широко распространенному полипропилену. Вырабатывается она в процессе жизнедеятельности микроорганизмов, а основным исходным сырьем служит сахар. Поначалу открытие рассматривалось лишь как курьез, тем более что себестоимость новинки вдвое превышала обычную стоимость пластмассы. Однако вскоре выяснились преимущества нового продукта, в частности способность легко разлагаться в почве и другой биологической среде. В организме человека ПГБ распадается по заранее известной схеме, не вызывая ни воспалительных процессов, ни токсикоза. Отсюда — возможность использовать ПГБ для изготовления хирургической нити, временных скоб и скреп, служащих при лечении переломов, для вживления капсул с лекарствами, для повязок и других ме-

дицинских целей. Изготовленные из ПГБ мешки для мукки, соли и сахара, ирригационные трубы не уступают по качеству сделанным из традиционных пластмасс.

Дальнейшие исследования показали, что вполне возможно значительно снизить стоимость производства ПГБ. Цена сахара в Западной Европе достаточно высока, но если соорудить крупные ферментационные установки там, где сахар имеется в изобилии, будучи продуктом местного производства, его себестоимость (без перевозок) резко уменьшится.

Во многих районах Юго-Восточной Азии, Карибского региона, Бразилии, где сбор сахара встречает трудности, ПГБ может стать конкурентоспособным с пластиками, изготавливаемыми на основе нефтепродуктов, в том числе и с пропиленом. Это особенно важно для стран, бедных запасами природного газа и нефти, но имеющих большие сахарные плантации.

New Scientist, 1985, v. 105, № 1443, p. 29 (Великобритания).

Микробиология

Жизнеспособные микробы из вечной мерзлоты

Группа исследователей факультета почвоведения Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова и Института почвоведения и фотосинтеза АН СССР изучила численность и состав микроорганизмов в постоянно мерзлых осадочных породах и погребенных почвах тундровой зоны Колымской низменности. Исследователи извлекли разновозрастные образцы четвертичных отложений и сделали посе-вы на микробиологические среды из каждого образца. При этом, как указывают авторы, были приняты меры, которые могли бы предотвратить заражение образцов посторонней микрофлорой, а также размножение микроорганизмов в образцах. Во взятых из двух скважин 19 образцах подсчитано число выросших микробных

клеток, определены активность некоторых ферментов и количество органического углерода.

Сколько-нибудь четкой зависимости между количеством оживших микроорганизмов и возрастом породы или механическим составом мерзлых почв авторам обнаружить не удалось. Больше всего бактерий было в породах с высоким содержанием углерода — источника питания — и низкой степенью льдистости (известно, что при замерзании воды образующиеся кристаллы льда губят клетки). Наиболее богатым жизнью оказался, как утверждают авторы, самый древний слой, возраст которого оценивается примерно в 1 млн лет: здесь в каждом грамме образца насчитывалось около 10^4 клеток; в других отложениях, вплоть до самых молодых (15—7 тыс. лет) число клеток составляло 10^3 — 10^4 .

Состав микроорганизмов довольно разнообразен. Часто встречаются коринеморфные бактерии (до 85 %), неспороносные палочки (в разных образцах — от 12 до 72 %) и кокковидные формы (5—84 %). Споровые бактерии найдены в наиболее древних осадках (около 1 млн лет назад); в двух образцах обнаружены актиномицеты. В целом состав микроорганизмов сходен с составом современных тундровых почв.

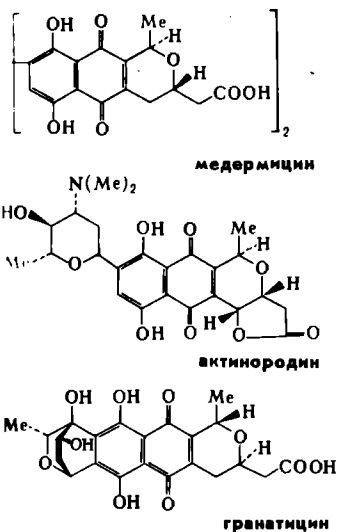
На основании полученных данных авторы полагают, что микроорганизмы могут сохранять жизнеспособность в мерзлых породах в течение нескольких миллионов лет, пребывая в состоянии если и не абсолютного анабиоза, то, во всяком случае, очень близком к нему.

Микробиология, 1985, т. 54, вып. 1, с. 155—161.

Биотехнология

Новый способ создания антибиотиков

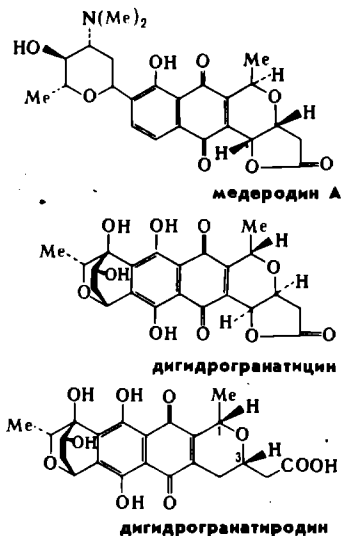
Д. Хоупвуд (D. Hopewood) из Института Дж. Инна (Норвич, Великобритания), Г. Икеда (G. Ikeda) из Университета Кита-сао (Токио, Япония) и Дж. Дан-сэн (J. Dupson) из отделения



Структура изохроманхиноновых антибиотиков. Актинородин, медермицин и гранатицин — антибиотики, продуцируемые обычными штаммами стрептомицетов; медеродин А, дигидрогранатицин, дигидрогранатиродин — гибридные антибиотики, полученные благодаря методам переноса генов из одного штамма в другие.

химии Университета штата Огайо (США) получили новые «гибридные» антибиотики с помощью переноса генов из штамма бактерий, синтезирующего определенный антибиотик, в штамм, который продуцирует другой антибиотик.

В качестве исходных штаммов были использованы бактерии *Streptomyces coelicolor* A3, продуцирующие антибиотик актинородин (см. рис.), *Streptomyces* sp. AM-7161, продуцирующие медермицин, и *Streptomyces violaceoruber* 22, продуцирующие гранатицин. Методами молекулярного клонирования исследователи выделили из каждого вида этих микроорганизмов ген, контролирующий синтез антибиотика. Далее обычными методами генной инженерии эти гены были перенесены с помощью кольцевой ДНК в тот штамм стрептомицетов, который не содержал этих генов. Благодаря совместному участию генетического материала донорного и реципиентного организмов были получены антибиотики, не существовавшие ранее в при-



роде: медеродин А (оксимедермицин), дигидрогранатицин и дигидрогранатиродин.

В специальных опытах доказано, что «гибридный» антибиотик образуется действительно благодаря участию генетического материала из разных штаммов, а не вследствие активации геном донора молчащих генов реципиента. После переноса гена и его экспрессии (начала работы) в штамме реципиента становится возможной метаболическая кооперация между ферментами биосинтеза разных антибиотиков, что и создает возможность образования новых лекарств.

Nature, 1985, v. 314, p. 642—644 (Великобритания).

Вирусология

Вирусы и возникновение атеросклероза

К. Фабрикант с сотрудниками (K. Fabricant; Корнеллский университет, США) пришли к заключению, что в возникновении атеросклероза сосудов важную роль могут играть некоторые вирусы. Вирусы часто обнаруживаются в стенках артерий, удаляемых при хирургических операциях. На культуре клеток почек кошки исследователи ус-

тановили, что вирусы герпеса вызывают накопление в клетках липидов и холестерина. Позднее было обнаружено, что вирус герпеса может вызвать изменение метаболизма липидов и в культуре клеток артерии цыпленка, что выражается в накоплении холестерина и его эфиров. Кроме того, выяснилось, что цитомегаловирус вызывает пролиферацию (новообразование посредством деления) клеток артерии человека и накопление в них холестерина.

При исследовании клеток артерии человека, полученных от более чем 200 пациентов при хирургических операциях, К. Фабрикант обнаружила почти в половине случаев присутствие цитомегаловируса. Точный молекулярный механизм действия вирусов на стенку сосудов и их роль в образовании атеросклеротических бляшек остаются неизученными. Известно, что практически все люди заражены, по крайней мере, одной разновидностью вируса герпеса, который может годами, а то и десятилетиями оставаться в латентной форме, а потом активизироваться под действием некоторых факторов. Вирусная гипотеза возникновения атеросклероза в настоящее время проверяется экспериментально.

Nature, 1985, v. 303, p. 735¹-737 (Великобритания).

Онкология

Исследуются онкогены

В лаборатории Колд Спринг Харбор, руководимой Дж. Уотсоном, проводится работа по выяснению функции белков, кодируемых онкогенами. М. Виглер (M. Wigler) и сотрудники изучали белковый продукт онкогена группы *gas*. Эти белки, состоящие из 188—189 аминокислотных остатков, способны связывать гуанозинтрифосфат (ГТФ).

Исследования проводились на клетках дрожжей сахаромикетов, споры которых при удалении генов *gas* не способны к клеточному делению. Если же в геном спор вводили гены

gas дрожжей или человека, деление восстанавливалось. Очевидно, что функционирование генов *gas* необходимо для клеток и сохраняется в эволюции, о чем говорит высокая степень гомологии онкобелков дрожжей и человека, кодируемых этими генами.

Поскольку белки, связывающие ГТФ, обладают регулирующим влиянием на активность фермента аденилатциклазы, то в последующих опытах авторы изучали активность этого фермента в дрожжевых клетках-мутантах по гену *gas*. Оказалось, что для поддержания нормальной активности фермента необходимо, чтобы по крайней мере один из двух генов *gas* был неповрежден. В то же время добавление белка *gas* в клетки, у которых оба гена *gas* были повреждены, восстанавливало активность аденилатциклазы, что очень важно для регуляции размножения клеток.

Недавно группа австралийских ученых из Мельбурнского института медицинских исследований во главе с Дж. Адамсом (J. Adams) обнаружила новый вариант активации онкогена *c-myc*, который ответствен за злокачественное перерождение В-лимфоцитов. Как правило, ген *c-myc* активируется в результате переноса участка хромосомы, где он расположен, на другую хромосому, поблизости от усилителя транскрипции локуса тяжелых цепей иммуноглобулинов.

Авторы обнаружили опухоль плазматических клеток мышей, в которой усилитель транскрипции из локуса тяжелых цепей иммуноглобулинов сам переносился к онкогену *c-myc* на хромосому 15. Предстоит выяснить, участвует ли перенос усилителя транскрипции в активации и других онкогенов.

Cell, 1985, v. 40, № 1, p. 19—26, 71—79 (США).

Медицина

Поиски новых препаратов инсулина

Используемые для лечения диабета препараты инсу-

лина пролонгированного действия, основанного на медленном поступлении инсулина в кровь, обычно бывают эффективны в течение 28 часов. Их влияние в первые часы после введения выражено слабо, что вызывает необходимость дополнительных инъекций. В последние годы ведутся поиски препарата инсулина длительного действия, эффективность которого была бы высокой с первого часа после введения.

Сотрудники лаборатории биохимии Института хирургии им. А. В. Вишневского АМН СССР, Московского медицинского стоматологического института им. Н. А. Семашко и кафедры биохимии Университета дружбы народов им. П. Лумумбы С. А. Моренкова, Ф. Б. Левин, А. А. Карелин и Т. Т. Березов исследовали препарат инсулина, химически связанного с эритроцитами. Его готовили путем ковалентной фиксации кристаллического инсулина на эритроцитах человека. Действие препарата изучалось на кроликах с нормальным содержанием сахара в крови и на крысах с экспериментально вызванным диабетом. В виде водной суспензии его однократно вводили животным подкожно. Препарат сравнивался по эффективности с двумя коммерческими препаратами пролонгированного действия: отечественным протамин-цинк-инсулином и инсулином фирмы «Лента» (Индия).

Инсулин, связанный с эритроцитами, обеспечивал снижение содержания сахара в крови у кроликов в течение 40 часов, причем снижение наблюдалось с первого часа. Протамин-цинк-инсулин действовал только 6 часов. У крыс новый препарат вызывал стойкое понижение содержания сахара в крови в течение 3 суток; инсулин «Лента» в тех же условиях действовал в течение одних суток. Исследование устойчивости препарата к воздействию внешних условий показало, что в высушенном состоянии в закрытых флаконах при температуре рефрижератора он сохраняет активность в течение 60 дней. В случае успешного прохождения испытаний в клинике новый препарат инсулина может найти применение при

лечении ряда заболеваний, для которых характерно повышенное содержание сахара в организме: диабета, хирургического сепсиса, обширных инфицированных ран, ожогов и пр.

Бюллетень экспериментальной биологии и медицины, 1984, т. ХСVII, № 6, с. 647—648.

Медицина

Новые перспективы лечения бруцеллеза

В 1983 г. К. Дис с сотрудниками (С. Dees; Университет Оберна, США) установили, что антибиотик гентамицин, заключенный в липосомы, способен проникать в фагоциты и сохранять активность внутри этих клеток весьма длительное время. В 1985 г. авторы испробовали действие липосомального гентамицина на культуру фагоцитов быка, зараженных возбудителями бруцеллеза *Brucella abortus*. При этом уничтожение бруцелл в клетках значительно усилилось в сравнении с действием свободного гентамицина. Следующая серия опытов была проведена на морских свинках. И здесь новый метод был более эффективен.

Эти результаты открывают хорошую перспективу борьбы с бруцеллезом у животных и людей, особенность которого состоит в том, что его возбудители способны жить внутри клеток, в том числе и фагоцитов, куда закрыт доступ лекарствам и антителам.

Veterinary, Immunology and Immunopathology, 1985, v. 8, p. 171—182 (Нидерланды).

Медицина

Еще раз о вреде курения...

Установлено, что табачный дым, поступающий в клетки легких, способен вызывать нарушения целостности нитей

ДНК, что может стать причиной возникновения рака. Оставалось неясным, какие вещества, содержащиеся в дыме, оказывают такое воздействие. Сотрудники отдела биофизики Национального центра исследования рака в Токио (Япония) под руководством Т. Накаямы (Т. Nakayama) показали, что в культуре клеток дым одной лишь сигареты вызывает поломки в тысячах звеньев цепи ДНК каждой клетки. Такие поломки не всегда полностью восстанавливаются, и их постепенное накопление может привести к тяжелым нарушениям. Авторам удалось выяснить, что причиной этих поломок служит присутствие в табачном дыме активного кислорода.

Известно, что табачный дым вредно действует не только на самих курильщиков, но и на окружающих их людей. Среди подтверждающих этот факт исследований особый интерес вызывает недавняя работа, выполненная сотрудниками Национального института исследования здоровья и окружающей среды (штат Северная Каролина, США) во главе с Д. Сандлером (D. P. Sandler). Было обследовано 369 человек, больных различными формами рака (кроме рака кожи), в возрасте от 15 до 59 лет, и 409 здоровых людей. Установлено, что чем более длительное время некурящие люди подвергались воздействию табачного дыма со стороны живущих вместе с ними родственников, тем выше становился для них риск заболеть той или иной формой рака. Также установлено, что пассивное поглощение никотина особенно повышает риск заболевания двумя видами рака крови: лейкоемией и лимфомой. Так, если принять риск заболевания у тех, кто не подвергался влиянию чужого табачного дыма, за 1, то при воздействии на некурящего одного курильщика в семье риск возрастает до 2,5, при воздействии двух курильщиков — до 5,1, а трех — до 6,8.

Nature, 1985, v. 314, № 6010, p. 462—464 (Великобритания); Lancet, 1985, v. 1, № 8425, p. 312—314 (Великобритания).

Зоология

Примитивные прямокрылые

Первые прямокрылые (к которым относятся кузнечики, сверчки и саранчовые) появились на Земле в конце палеозойской эры. С этого времени они прошли длительный путь эволюции, но наряду с сильно изменившимися формами среди них по сей день сохраняются некоторые древние и примитивные. Интересно, что часть из них специализирована на примитивных группах растений — водорослях, папоротниках и других споровых.

Семь новых видов таких прямокрылых удалось в 1985 г. описать участникам экспедиции Британского королевского энтомологического общества, работавшей в Индонезии на о. Сулавеси. Эти насекомые принадлежат к семейству Tetrigidae и питаются водорослями, встречающимися на камнях в глубоких оврагах тропического леса. Еще один вид примитивных прямокрылых из семейства Tridactylidae был обнаружен на берегах рек в джунглях. Эти насекомые также питаются водорослями, однако вместе с ними заглатывают и песок, в который им свойственно зарываться. Подобно земляному червю, такое насекомое оставляет на поверхности кучки помета, смешанного с почвой. Древнейшие представители тетригид и тридактилид обнаружены в меловых отложениях.

Одним из самых примитивных оказался кузнечик *Karpudya gracilipes*, принадлежащий к семейству Eumastacidae. Он встречается только на о. Сулавеси. Крыльев у него нет, а задние конечности, в отличие от большинства прямокрылых, перпендикулярны туловищу. Другие эвмастациды, живущие в иных районах, питаются папоротниками; сулавесийский же вид употребляет в пищу только плауны (*Lycopodium*). В ископаемом достоянии эвмастациды известны с юрского периода.

New Scientist, 1985, v. 105, № 1449, p. 22 (Великобритания).



Экология

Безвредный репеллент

Многие репелленты (отпугивающие насекомых вещества) раздражающе влияют на кожу и слизистую оболочку человека или, в лучшем случае, обладают неприятным запахом. Даже имеющий естественное, растительное, происхождение репеллент пиретрум страдает таким недостатком.

Новый репеллент, не влияющий вредно на организм человека и отличающийся приятным запахом, обнаружили индийские специалисты Д. Сингх, С. М. РАО и А. К. Трипати (D. Singh, S. M. Rao, A. K. Tripathi; Центральный институт медицинских и ароматических растений в Лакхнау, штат Уттар-Прадеш). Им оказалось кедровое масло. В распыленном виде оно губительно для индийского комара анофелеса (*Anopheles stephensi*), переносчика малярии. Еще ранее было замечено, что запах кедра не переносят моль и другие поедающие ткани насекомые.

Кедровое масло, в широких масштабах добываемое из стружки гималайского кедра (*Cedrus deodara*), давно применяется в качестве ароматизирующего вещества при производстве мыла и другой парфюмерной продукции. Стоимость его невысока. Для гибели комаров достаточно однопроцентной его концентрации.

Опыты показали также полную непереносимость кедрового масла тараканами и домашними мухами.

Naturwissenschaften, 1985, v. 71, p. 264 (ФРГ).

Экология

Свинца в организме древних людей было меньше

Английские биохимики Дж. Роджерс (J. Rogers; Бристольская королевская больница) и Т. Уолдрон (T. Waldron; Лондонская школа гигиены и тропической медицины) исследовали костные остатки древних

людей, живших на Британских островах около 5 тыс. лет назад.

В ребрах трех мужчин из погребальной камеры в Хейзелтоне (район Котсуолда) среднее содержание свинца оказалось равным 14,3 мг на 1 г сухого веса. В костях современного нам человека среднее содержание свинца составляет 34,5 мг на 1 г сухого веса.

Достоверность измерения подтверждается тем, что погребальная камера с останками людей каменного века сохранилась в неповрежденном состоянии. Кроме того, тела пролежали 5 тыс. лет на «подстилке» из камня и были засыпаны не землей, а в основном каменными обломками, что и препятствовало их загрязнению свинцом извне.

New Scientist, 1985, v. 106, № 1455, p. 21 (Великобритания).

Ботаника

Галантамин из листьев нарцисса

Алкалоид галантамин — ценный лекарственный препарат, применяющийся при нарушениях чувствительности и двигательных функций, которые связаны с заболеваниями или травматическими повреждениями нервной системы, кишечника и мочевого пузыря. Будучи антагонистом курареподобных соединений, галантамин стимулирует нервно-мышечную передачу, повышает тонус гладких мышц. В медицинской практике чаще применяют гидробромид галантамина.

Впервые галантамин был обнаружен и выделен в 1952 г. из луковиц подснежника Воронова (*Galanthus woronowii*), откуда и название препарата. В поисках новых видов сырья для него были изучены другие виды растений из семейства амариллисовых. В 1955 г. галантамин был выделен из луковиц нарциссов, однако они довольно дорого стоят. Значительно увеличить заготовки сырья и удешевить производство препарата позволяют результаты исследований Н. И. Майсурадзе,

О. А. Черкасова и В. А. Стихина (Всесоюзный научно-исследовательский институт лекарственных растений, Московская обл.). Они установили, что в период цветения содержание галантамина в листьях нарцисса не отличается от его содержания в луковицах и составляет в некоторых сортах 0,15—0,20 % сухого вещества.

Таким образом, целесообразно создание многолетних плантаций нарциссов, на которых после срезки цветов на продажу можно скшивать листья для переработки в фармацевтической промышленности.

Химико-фармацевтический журнал 1985, т. 19, № 3, с. 190—191.

Геология

Первые итоги Европейского геотраверса

Европейский геотраверс — крупномасштабный международный проект, начатый под руководством Европейского научного фонда в 1983 г. и выполняемый специалистами большинства западноевропейских стран при участии СССР¹. Цель проекта — изучение земной коры и верхней мантии различными (преимущественно сейсмическими) методами. Исследования сосредоточены вдоль разреза, проходящего от северной оконечности Скандинавского полуострова через Центральную Европу и Средиземное море к Северной Африке. Чтобы получить единую картину геологии Европы, в ходе осуществления проекта анализируются обширные данные, полученные ранее; дополнительно ведутся работы еще по нескольким геофизическим разрезам, которые должны пополнить недостающие сведения о глубинном строении Европейского континента.

Геотраверс разделен на три участка. Северный включает

¹ См. также: Европейский геотраверс. — Природа, 1984, № 3, с. 111.

Балтийский щит и платформу. Методом глубинного сейсмического зондирования структура земной коры изучалась в северной части ФРГ, южной части Норвегии, юго-восточной части Швеции. В пределах щита мощность литосферы достигает 110—170 км; на глубине более 150 км фиксируется понижение скорости сейсмических волн, отвечающее волноводу. Мощность коры на Балтийском щите варьирует от 30 до 50 км, причем в северном и южном направлениях ее толщина уменьшается относительно наиболее мощного участка, лежащего в самом центре щита. В районе так называемой линии Торнквиста — Тейссера, отделяющей Балтийский щит от молодых плит Западной Европы, отмечена высокая аномалия теплового потока, а на самом щите — значительные вариации геоэлектрического поля.

Центральный фрагмент геотранверса проходит по территории ФРГ. Здесь мощность земной коры составляет 29—30 км. Нижняя ее часть обладает высокой отражающей способностью и характеризуется сложной дифракционной картиной сейсмических волн, что свидетельствует о ее высокой неоднородности. Граница Мохоровичича (раздел между земной корой и мантией) залегает на глубине 29—30 км.

Южная часть геотранверса пересекает Альпы и Средиземное море. Глубинное сейсмическое зондирование проводилось в Южных и Западных Альпах, в Северных Апеннинах, на Сардинии и в Корсике, а также в Алжире. Морская часть геотранверса исследовалась в Лигурийском море. Первые результаты показывают, что граница Мохоровичича, например, в бассейне р. По (Северная Италия) проходит на глубине 40 км. К югу мощность коры уменьшается, и в Лигурийском море она не превосходит 20 км. Под Корсикой и Сардинией кора имеет нормальную для континента мощность — 30—35 км.

Геофизика

Повышенное содержание ^{235}U в вулканических породах

Исследователи из Аргонской национальной лаборатории (штат Иллинойс, США) и Филдовского музея естественной истории (Чикаго, США) вели поиски ^{239}Pu и изотопных аномалий урана (избытка изотопа ^{235}U) в породах вулканического происхождения.

Известно, что в урановых рудах нейтроны генерируют изотоп плутония ^{239}Pu (период полураспада 24 400 лет). Вероятность этой ядерной реакции невелика. Поэтому концентрация плутония в урановых рудах очень мала — 10^{-12} от концентрации в них урана. Но если плутоний мигрирует из такой руды и накапливается в породе, где содержание урана низкое, то в ней соотношение Pu/U может стать очень высоким. Если порода окажется в вулканическом очаге, то в расплавленной магме, выброшенной из вулкана, отношение Pu/U может быть высоким. Мало того, в породе, обогащенной плутонием, должен измениться изотопный состав урана: при α -распаде ^{239}Pu получается изотоп урана ^{235}U . Поэтому следует ожидать и избытка распространенности ^{235}U в сравнении с ураном обычных земных пород.

Другая возможность обогащения пород ^{239}Pu и, следовательно, ^{235}U — распад гипотетических тяжелых элементов, радиоактивных предшественников плутония в земных недрах.

Американские исследователи предприняли специальные меры, чтобы избежать загрязнения проб техногенным плутонием, оставшимся после ядерных испытаний в атмосфере: изучались образцы вулканических пород, собранные еще в «доядерную» эру, в 20-е годы, и находившиеся с тех пор в музейных хранилищах в закрытых контейнерах. Изучались лавы и пеплы из вулканов Килауэ (Гавайские о-ва), Катмай (Аляска), Везувий (Италия), с о. Св. Елены. Изотопный состав 10^{-6} г урана измерялся с погрешностью, меньшей $\pm 0,05\%$.

Наиболее интересные два из полученных результатов. Во-первых, в лаве вулкана Килауэа соотношение Pu/U более чем в 10 раз превышает то же соотношение в урановых минералах, хотя оно и не столь велико, как сообщалось ранее другими исследователями. Таким образом, в природе, видимо, происходит фракционирование урана и образующегося из него плутония.

Во-вторых, если в уране большинства исследованных образцов соотношение изотопов $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ близко к нормальному значению 0,007254, в трех пробах все же удалось наблюдать статистически значимое отклонение от этой величины: в лаве вулкана Катмай и в двух образцах лав вулкана Килауэа найден избыток изотопа ^{235}U . Соотношение $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ отличается от нормального на 0,18 %, достигая величины 0,007267.

Итак, вулканические породы обогащены изотопом ^{235}U , но окончательного объяснения этому факту не дано; неясно, результат ли это химического фракционирования урана и плутония, образующегося при облучении урановых минералов нейтронами, либо это следствие распада гипотетического тяжелого трансуранового элемента.

Nature, 1985, v. 313, p. 301—303 (Великобритания).

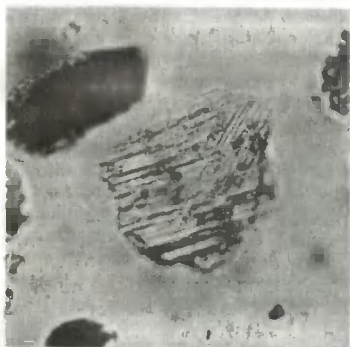
Минералогия

Подтверждение гипотезы космической катастрофы

Аномально высокое содержание иридия в осадочных отложениях на границе мезозоя и кайнозоя (мелового и палеогенового периодов) некоторые исследователи связывают с выпадением на Землю космического вещества¹. Оно могло поступить либо во время прохождения Земли через облако космической пыли, либо при

Eos (Transactions of the American Geophysical Union), 1985, v. 66, № 10, p. 112 (США); Terra Cognita, 1985, v. 5, № 1, p. 62 (Франция).

¹ Alvarez L.— Proc. Gref.— Tert. Boundary Events Symp., 1979, v. 11, p. 69. См. также: Ч у я н о в В. А. Следы космической катастрофы? — Природа, 1982, № 3, с. 31.



Зерно кварца [в центре] с двумя системами планарных элементов (увел. примерно в 250 раз).

соударении с Землей крупного космического тела (или роя тел). Подтверждению этой гипотезы служат находки в Северной Америке и Западной Европе — как раз в пределах иридиевой аномалии на границе мела и палеогена — кварцевых зерен, несущих следы ударного метаморфизма².

Изменение первоначального облика горной породы при воздействии на нее ударной волны выражается в различных структурных преобразованиях, разупорядочивании кристаллической решетки минералов и образовании фаз высокого давления. Наряду с этим одним из основных признаков ударного метаморфизма являются планарные элементы — прямолинейные системы оптических нарушений в зерне минерала.

В Институте геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского АН СССР изучались образцы кварца из нескольких стратотипических мел-палеогеновых разрезов на территории СССР (Мангышлак, Копет-Даг и Малый Балхан) и Дании (Стивенс-Клинт). Содержащие их слои тоже характеризуются аномально высокой концентрацией иридия.

Часть зерен кварца из пограничных отложений всех перечисленных районов содержат планарные элементы —

до трех систем на одно зерно. (Выше и ниже по изученному разрезу такой кварц отсутствует.) Распределение частоты встречаемости кристаллографических ориентировок планарных элементов в этих зернах кварца аналогично их распределению в кварце из пород взрывных метеоритных кратеров. Сравнение степени воздействия ударной волны на кварц из пограничных мел-палеогеновых отложений с результатами экспериментального моделирования ударного метаморфизма дает величину динамической нагрузки в 100—150 кбар. Структуры, похожие на планарные, отмечены, помимо кварца, в единичных зернах полевого шпата.

Таким образом, комплекс имеющихся данных позволяет предположить, что присутствие ударно-метаморфизованных минералов — глобальное свойство пограничных мел-палеогеновых отложений. Их широкое распространение по площади объясняется, вероятно, тем, что газопопылевое облако, возникшее при образовании взрывного кратера (кратеров), могло попасть в стратосферу и было затем рассеяно ветром.

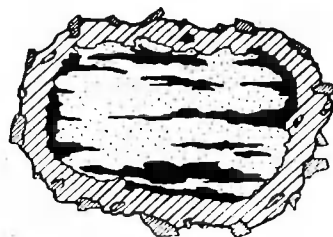
Находка зерен кварца с планарными элементами служит прямым минералогическим доказательством столкновения Земли примерно 65 млн лет назад с высокоскоростным космическим телом — с астероидом, кометой или группой космических тел.

Д. Д. Бадюков
Москва

Минералогия

Сребродольскит — новый минерал

Б. В. Чесноков и Л. Ф. Баженова (Ильменский заводник им. В. И. Ленина Уральского научного центра АН СССР, г. Миасс) описали новый минерал — сребродольскит, который представляет собой сложный окисел состава $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$. Как оказалось, это типичный минерал, возникающий в очагах самовозгорания углесодержащих пород. Впервые он был найден Б. В. Чесноковым в 1982 г. в



«Орех», возникающий при обжиге куска окаменелого дерева в горящем террикоме угольной шахты (редкая носая штриховка — ангидрит, частая штриховка — обожженные обломки углесодержащих пород, пунтир — землистое ядро, черное — сребродольскит).

терриконах угольных шахт г. Копейска (Челябинский угольный бассейн на Южном Урале), а назван в честь советского украинского минералога Б. И. Сребродольского, ряд трудов которого посвящен минералогии горящих терриконов угольных шахт.

В отвалах шахт наряду с кусками аргиллитов, глинистых сланцев, алевролитов, песчаников и конгломератов обычно встречаются куски окаменелого дерева. При самовозгорании углесодержащих пород окаменелое дерево обжигается и превращается в своеобразный «орех». Скорлупа «ореха» толщиной 2—3 см состоит из тонкозернистого ангидрита светлосерого или розовато-серого цвета. Ядро сложено светло-серой или белой земистой массой, состоящей из портландита и карбонатов, а в рыхлой массе ядра видны многочисленные черные зернышки, образующие местами целые скопления и прослои. Это и есть сребродольскит. Он возник при обжиге включений и участков анкерита — составной части окаменелого дерева.

Тонкозернистые (менее 0,1 мм) агрегаты минерала имеют глубокий черный цвет с искрящейся поверхностью. Химический анализ чистого агрегата сребродольскита показал, что он состоит из CaO , Fe_2O_3 , MgO , MnO . Формула сребродольскита соответствует формуле синтетического окисла, который представляет собой одну из кристаллических фаз в системе $\text{CaO} - \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3$.

² Bohor B. F. et al. — Science, 1984, v. 224, No 4651, p. 867.

Лазерным микроспектральным анализом в минерале обнаружено присутствие Ti и Be.

Возникновение сребродольскита в очагах самовозгорания углеродсодержащих пород аналогично образованию $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ -фаз при спекании сырьевой цементной смеси в промышленных печах. Однако, в отличие от этих фаз, он не содержит алюминия. По своим свойствам, аналогичным свойствам синтетического $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$, этот новый минеральный вид должен быть отнесен в группу браунмиллерита.

Эталонные образцы сребродольскита переданы в Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана АН СССР в Москве.

Записки Всесоюзного минералогического общества, 1985, ч. 114, вып. 2, с. 195—199.

Сейсмология

Разлом оказался активным

В 60-х годах американские геодезисты и геофизики впервые обнаружили довольно крупный, протяженностью 26 км, разлом земной коры в предгорьях хребта Уичито (юго-запад штата Оклахома, США). Поскольку никаких свидетельств землетрясений ни в современную, ни в отдаленные эпохи здесь найти не удалось, этот разлом, получивший наименование Мирс, сочли древним, оценив его возраст в 300 млн лет.

В последнее время изучением разлома Мирс занялись сотрудники Геологической службы США, а также ряда университетов при поддержке Комиссии по контролю за атомными установками США, заинтересованной в сейсмическом районировании территории страны. Проведя радиоуглеродным методом (по ^{14}C) датирование почв по обе стороны разлома, они пришли к заключению, что возраст разлома — не более 2 тыс. или даже всего 500 лет.

Таким образом, выявлено свидетельство недавней по геологическим масштабам сильной сейсмической активности в са-

мом центре Североамериканского континента. Этот факт должен теперь учитываться во всех сейсмических, геофизических и геодинамических построениях, касающихся данного региона.

Eos (Transactions of the American Geophysical Union), 1985, v. 66, № 13, p. 137 (США).

Вулканоология

Извержение вулкана на о. Херд

Французские ученые, работавшие на борту научно-исследовательского судна «Марион Дюфресн», сообщили об извержении вулкана на южной оконечности о. Херд ($53^\circ 05'$ ю. ш., $73^\circ 30'$ в. д.). Этот уединенный остров расположен в Южном океане, в 500 км к юго-востоку от о. Кергелен. 14 и 15 января 1985 г., когда судно находилось в непосредственной близости от острова, было видно, как лава непрерывными потоками стекала по сильно облесенным склонам горы Биг-Бен — центральной вершины острова (высота 2474 м).

О. Херд был открыт и обжит китобоями в XX в., и долгое время его вулкан был известен как бездействующий.

О проявлении активности вулкана сообщалось в 1910, 1951 и 1957 гг.

Polar Record, 1985, v. 22, № 140, p. 552 (Великобритания).

Палеоокеаноология

Ископаемые черви из гидротерм возрастном 350 млн лет

Одно из наиболее важных открытий последних лет в биологии и геологии Мирового океана — обнаружение на его дне активных гидротермальных излияний¹. На глубине около

2500 м на поверхность дна выходят горячие рудные растворы и сероводород; вокруг гидротерм отлагаются сульфидные руды металлов, развиваются своеобразные сообщества животных (гигантские червеобразные вестиментиферы, крупные моллюски, полихеты, ракообразные и пр.), жизнь которых связана с бактериями, окисляющими сероводород.

Сульфидные руды ценных металлов издавна известны и на суше, некоторые месторождения разрабатывались еще в античное время. Ныне для ряда месторождений доказано их гидротермальное происхождение и связь с древними рифтами. Наиболее известные примеры — Силвермайнз (Серебряные копи) в Ирландии и офиолитовый комплекс горного массива Троодос на Кипре². В горах Троодос, а также в Байде (Оман) обнаружены ископаемые остатки гидротермальной фауны мелового периода (возраст около 100 млн лет), правда, не столь впечатляющие, как фауна современных гидротерм. Но вот недавно открыты еще более древние остатки гидротермальных обитателей — возрастом 350 млн лет.

Их обнаружил Д. А. Банкс (D. A. Banks; Стратклайдский университет в Глазго) в отложениях свинцово-цинково-медно-серебряного рудника в Тинаге (Ирландия). Они формировались в нижнекарбонное время в небольшом бассейне глубиной менее 100 м. В Тинаге сохранились пиритовые холмики и «каминные трубы», столь типичные для современных гидротерм, только гораздо меньших размеров: до 15 мм в высоту и 7 мм в диаметре (тихоокеанские «каминные трубы» достигают 5 м при диаметре до 30 см). Часть тинагских «каминных труб» сформирована выходящими на поверхность дна гидротермальными флюидами

да, 1985, № 6, с. 98; Базилевская Е. С. Проблемы освоения океанских сульфидных руд. — Природа, 1984, № 11, с. 115.

² См.: Породы дна изучают на суше. — Природа, 1984, № 2, с. 117.

¹ Подробнее см.: Батурина Г. Н. Сульфидные руды на дне океана. — Приро-

(диаметр их внутреннего отверстия до 2 мм), другие представляют собой, по-видимому, минерализованные трубки или ходы червей (их отверстия мельче — до 1,5 мм). В тех и других обнаружены многочисленные мелкие ископаемые — сегментированные черви и, предположительно, остатки головоногих моллюсков. Пиритовые «каминные трубочки» похожи на трубки червей из недавно открытых гидротерм в районе подводного хребта Хуан-де-Фука, близ северо-западного побережья США (глубина 1570 м). Сходные образования обнаружены также на Кипре и в Омане. По-видимому, эти животные жили на дне непосредственно вблизи излияний и были захоронены «дождем» выпавших в осадок сульфидов металлов в период активизации гидротерм, подобно тому как были захоронены жители Геркуланума при извержении Везувия.

Nature, 1985, v. 313, № 5998, p. 128—131 (Великобритания).

Палеонтология

Фауна на границе мезозоя и кайнозоя

Многие авторы, исследовавшие изменения видового состава фауны на рубеже мезозоя и кайнозоя (около 65 млн лет назад), обычно указывают на их быстрый, «катастрофический» характер. В действительности же при детальном анализе обнаруживается более сложная картина изменений на этом рубеже жизни на Земле.

Т. Биркелунд (Т. Birkelund; Институт исторической геологии и палеонтологии Копенгагенского университета, Дания) чрезвычайно подробно описал переходные слои от мелового периода к третичному, особенно отложения датского яруса (67—61,5 млн лет назад), которые хорошо представлены на территории Дании. Он приходит к выводу о продолжительном периоде «угасания» перед окончательным вымиранием ряда групп организмов, например аммонитов и других моллюсков.

Планктонные организмы тоже изменялись менее резко, чем это представлялось до сих пор. В особенности это относится к кокколитолам, у которых наблюдается хотя и быстрый, но все же постепенный переход: вымирание типичных меловых форм происходило еще в самом начале датского века, относящегося уже к кайнозое. Организмы, обитающие на дне водоемов (например, иглокожие, брюхоногие моллюски), подверглись глубокому изменению: множество их видов на верхней границе мела исчезли, однако их семейства (более высокий таксономический уровень) в подавляющем большинстве случаев сохранились.

Автор особенно подчеркивает следующее обстоятельство: резкое уменьшение плотности и разнообразия бентосных форм произошло (по крайней мере в Дании) выше рубежа мезозоя и кайнозоя. Разнообразие новых, кайнозойских форм отмечается в слоях, лежащих на 2 м выше принятой границы двух периодов, т. е. спустя еще несколько десятков и даже сотен тысячелетий.

Terra Cognita, 1985, v. 5, № 1, p. 52 (Франция).

Палеонтология

Сумчатые обитали в Азии!

Сложившееся мнение, будто сумчатые млекопитающие никогда не населяли Азию, опровергнуто находкой, недавно сделанной совместной экспедицией Палеонтологического института АН СССР и Института палеобиологии АН ГССР, возглавляемой Н. С. Шевыревой и В. М. Чхиквадзе. В палеогеновых отложениях Зайсанской впадины (Восточный Казахстан) после промывки костеносной породы удалось обнаружить среди множества иных один изолированный зуб весьма примитивного сумчатого — опоссума. Особенности строения зуба указывают на несомненную близость зайсанского опоссума западноевропейской форме — амфиператерию (*Amphiperatherium*).

Находки подобного рода ставят новые задачи по восстановлению путей миграции животных. Особенно интересен этот вопрос применительно к сумчатым, населяющим ныне только Америку (от Канады до Огненной Земли), Австралию, Тасманию, Новую Зеландию, Новую Гвинеею и прилежащие острова. Согласно палеобиогеографическим данным, самые древние ископаемые сумчатые обнаружены в Северной Америке в отложениях нижнего мела; уже в следующую, кайнозойскую эру, в эпоху палеогена, они появляются в Южной Америке; еще позже, в эоцене — в Австралии; на Европейском континенте сумчатые существовали с эоцена до миоцена; в 1982 г. они были найдены в эоцене Антарктиды, а в 1983 г. получены доказательства их существования и в эоцене Африки. Отсутствие ископаемых остатков сумчатых в меловых и раннекайнозойских местонахождениях млекопитающих Монголии, в богатых и разнообразных по составу раннекайнозойских скоплениях ископаемых млекопитающих в Китае и Казахстане и послужило основой для предположения, что сумчатые никогда в Азии не обитали.

Представление о Северной Америке как центре расселения сумчатых по земному шару через Азию в Австралию отвергнуто после их находок в Антарктиде. Но и более поздняя гипотеза, согласно которой они проникали из Южной Америки через Антарктиду в Австралию, также поставлена под сомнение в результате недавно описанной Л. К. Габунией, Н. С. Шевыревой и В. Д. Габунией зайсанской находки, а также находки зубов дидельфид (опосумовых) в эоцене Африки. Близость зайсанского опоссума западноевропейскому амфиператерию позволяет предположить его проникновение из Европы. Не исключено, однако, что сумчатые Азиатского континента были потомками проникших сюда древних североамериканских форм.

Предстоит еще немало сделать для того, чтобы проблема расселения сумчатых приблизилась к разрешению. Доклады АН СССР, 1985, т. 281, № 2, с. 684—685.

Палеонтология

Древнейшие четвероногие Шотландии

Первые находки четвероногих животных известны из верхнедевонских отложений, однако они весьма редки. Массовый же материал появляется лишь в верхнем карбоне, на 50 млн лет позднее. В Шотландии древнейшие местонахождения таких животных стратиграфически относятся к группе Ойл-Шейл. Недавно А. Л. Панчен, Т. Смит и С. Вуд описали фауну одного из немногочисленных нижнекарбоновых (визейских) местонаждений Лотианского района. Новые образцы происходят из известняка Ист-Кирктона около Батгейта¹.

Этот фаунистический комплекс замечателен тем, что включает как четвероногих (амфибий), так и членистоногих (многоножек, скорпионов, паукообразных). Наибольший интерес из членистоногих представляет сенокосец — самый древний из когда-либо найденных. Обнаружено также несколько неполных отпечатков гигантских ракоскорпионов (эвриптерид). Найдены также несколько образцов с фрагментами мелких амфибий — аделогиринид.

Главная находка — скелет земноводного в виде отпечатка и противотпечатка на двух плитках известняка. Животное достигало 40 см в длину. Череп, плечевой и тазовый пояса, лапы и позвоночник сохранились в естественном сочленении. Кости конечностей превосходно окостенели и могут дать ценные сведения об их происхождении у четвероногих. Череп близок к одному из уже известных типов, но швы между костями неразличимы, и потребуются специальные исследования для установления точного систематического положения этой амфибии. Передняя лапа четырехпалая, задняя — пятипалая, как у темноспондильных лаби-

ринтодонт. Найдены еще 6 образцов этого животного, но худшей сохранности.

Полное отсутствие остатков рыб для местонахождений такого типа не характерно и, как полагают авторы исследования, может свидетельствовать о сухопутных условиях захоронения. В поддержку этой точки зрения они указывают и на то, что наиболее полный из изученных скелетов не имеет никаких признаков приспособления к водному образу жизни. В своих соображениях авторы исходят из предполагаемого отсутствия на костях черепа следов сейсмочувствительных каналов (в которых находятся органы, воспринимающие акустические сигналы) и значительного окостенения конечностей. Но, во-первых, отсутствие каналов еще не установлено окончательно, а окостенение может быть весьма значительным у заведомо водных форм, например ихтиостег. Серьезный аргумент в пользу наземности биотопа — присутствие членистоногих, но в то же время эвриптеридные ракоскорпионы — типично водные жители, а многоножки не переносят понижения влажности. К сожалению, авторы не проводят тафономического анализа местонахождения (т. е. типа захоронения). Возможно, противоречия связаны с естественным принесением сюда костного материала из других захоронений.

Эта находка очень важна для решения вопроса о происхождении ранних четвероногих.

О. А. Лебедев

Москва

Палеоантропология

Чем питался австралопитек

П.-Ф. Пюш и А. Альбертини (P.-F. Püsch, H. Albertini; Музей человека в Париже) завершили микроскопические исследования ископаемых остатков жевательного аппарата трех особей австралопитека афарского (переходной группы от древних высших приматов

к древнейшим людям), найденных в разное время в Летолиле (Танзания) и Хадаре (Эфиопия). Возраст содержащих их отложений 3,6—3,7 млн лет.

Исходя из строения, размеров и характера износа зубов, исследователи пришли к выводу, что пища австралопитека афарского мало чем отличалась от пищи гвинейских бабуинов (*Paro paro*), населяющих ныне Западную Африку.

Гвинейские бабуины встречаются в ландшафтах, очевидно, аналогичных области обитания австралопитеков, которые жили в Восточной Африке. Бабуины всеядны: в их пищу входят различные плоды, семена, стебли и корневища растений наряду с насекомыми, ящерицами и мелкими млекопитающими, которых они поедают в засушливый сезон. Наиболее типичная для них пища отличается волокнистостью, жесткостью; разгрызание и жевание ее приводит к характерному износу жевательной поверхности. Именно такие следы повреждений и износа свойственны и зубам афарских австралопитеков. По мнению исследователей, именно эти особенности жевательного аппарата позволили древнейшим предкам человека сравнительно быстро приспособиться к потреблению мясной пищи.

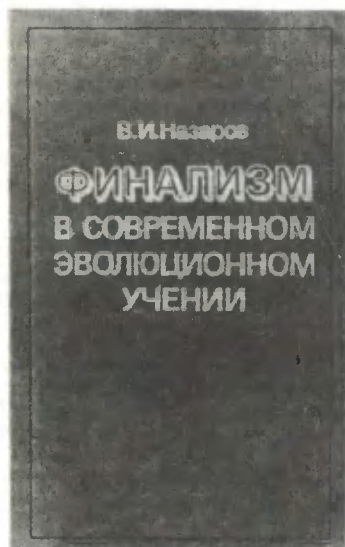
American Journal of Physical Anthropology, 1985, v. 65, p. 87 (США).

¹ Panchen A. L., Smith T., Wood S. — Nature, 1985, v. 314, № 6009, p. 355.



История и анализ антидарвинистических направлений

Ю. И. Полянский,
член-корреспондент АН СССР
Ленинград



В. И. Назаров. ФИНАЛИЗМ В СОВРЕМЕННОМ ЭВОЛЮЦИОННОМ УЧЕНИИ. Отв. ред. А. С. Северцов. М.: Наука, 1984, 282 с.

Названная выше книга историка биологии В. И. Назарова весьма актуальна и представляет большой интерес. Это серьезный научный труд историко-критического плана, посвященный анализу антидарвинистических направлений в эволюционной теории преимущественно за последние полвека.

Книга складывается из двух

частей. В первой из них, состоящей из четырех глав, дается общая характеристика и предыстория финализма. Во второй, более обширной (шесть глав) рассматриваются основные направления в современном финализме.

Самое понятие финализма в эволюционной теории автор трактует весьма широко. Он включает сюда все концепции, которые удовлетворяют одному из следующих четырех критериев: 1) принимают примат целых над реальными материальными причинными связями; 2) признают наличие внутренней наперед заданной программы развития, детерминирующей направленность эволюции; 3) уподобляют эволюцию онтогенезу и движению к неизбежному финалу; 4) принимают эквивалентность (способность к достижению конечного результата различными путями), сопоставляя эволюцию и онтогенез.

При таком широком понимании финализма большая часть антидарвинистических эволюционных теорий ламаркистского, номогенетического, ортогенетического толка должна быть отнесена к финализму. Это обязывает автора рассмотреть почти все основные направления современной эволюционной теории, противопоставляемые дарвинизму. В советской биологической литературе немного обобщающих работ такого широкого плана.

Обратимся к краткой характеристике и оценке содержания книги.

Во «Введении» справедливо подчеркивается, что, наряду с бесспорными успехами синтетической теории эволюции (СТЭ) — современного дарвинизма, в нашу эпоху имеет место оживление финалистических антидарвинистических теорий. Автор пишет: «Современный фина-

лизм становится все более утонченным. Все реже встречается его крайние откровенно виталистические и антропоморфные формы» (с. 5). Бесспорно, что финализм противостоит дарвинизму и является в той или иной форме конкретным проявлением идеализма в биологии. Вместе с тем (эта позиция автора представляется нам правильной) автор не склонен к «заушательской критике» финалистических теорий. Он пишет: «Нам представляется нецелесообразным сбрасывать со счета и позитивную сторону критического анализа». И далее: «Было бы неправильно рисовать финализм в сплошных черных тонах» (с. 5). Такое, я бы сказал бережное, отношение к противнику проходит через всю книгу В. И. Назарова, что позволяет наряду с острой критикой выявлять ценные стороны и мысли в различных финалистических теориях эволюции.

В первой главе первой части книги изложены отмеченные выше отличительные черты финализма. Вторая глава посвящена краткой истории понятия финальности в философии и биологии. Этот исторический экскурс начинается с философии Аристотеля. Рассматриваются идеи конечных причин и внутренней цели в философии Г. Лейбница, Ф. Шеллинга, Г. Гегеля, И. Канта. Разбирается креационистское учение Ж. Кювье, финализм которого усматривается в известном «принципе условий существования», который утверждает целесообразность в строении организма и его отношении к окружающей среде. Принцип финальности в эволюционной теории впервые широко применил Ж. Б. Ламарк, идея градации которого имеет четко выраженное телеологическое (финалистическое) содержание.

Сильнейший удар, нане-

сенный финализму Ч. Дарвином, не ликвидировал окончательно финалистические тенденции, которые стали развиваться на основе эволюционного учения. Среди наиболее ярких имен в истории финализма В. И. Назаров называет Г. Дриша, Л. С. Берга и в особенности А. Бергсона с его «Творческой эволюцией».

В третьей главе автор ставит вопрос: в чем же заключаются причины возрождения финализма в XX в.? Помимо общих причин, раскрытых в «Материализме и эмпириокритицизме» В. И. Лениным и далее разработанных многими авторами, В. И. Назаров указывает некоторые специальные, действующие именно в биологии. К их числу он относит то кризисное состояние дарвинизма, которое возникло в начале XX в. в связи с развитием генетики (и побудило искать факторы эволюции, отличные от дарвиновских), а также те реальные трудности, которые имеются в изучении макроэволюционных процессов.

В четвертой главе В. И. Назаров делает попытку определить типы финальности в биологии и дать классификацию финалистических биологических концепций. Он различает семь направлений финалистических эволюционных теорий. Из них каждой, кроме седьмой (названной им неомогенетическим направлением), посвящается во второй части книги отдельная глава. К краткому рассмотрению этих направлений мы переходим.

Гипотеза антислучайности. Яркими представителями этого направления служат французские эволюционисты Л. Кено и Э. Гийено, взгляды которых разобраны в книге весьма обстоятельно. Характерная для этих ученых концепция преадаптации (появление адаптивных признаков без естественного отбора) и учение о «зародышевой изобретательности», определяющей появление новых признаков в эволюции в определенное время и в определенном направлении, привели их к полному отрицанию дарвинизма.

Второе направление финалистических концепций — это **онтогенетическое направление**,

одним из основных положений которого является доктрина цикличности эволюции. Согласно этой концепции, закономерности эволюции и онтогенеза сходны. Например, Л. С. Берг утверждал, что «законы развития органического мира одинаковы, имеем ли дело с онтогенетической или с филогенетической» (с. 87). Различные варианты этой концепции отстаивали биологи разных специальностей, среди которых наиболее известны работы немецкого палеонтолога Э. Дакке, немецкого философа К. Бойрлена, французского зоолога Р. Токса и многих других. Но особенно ярким представителем этого направления является французский зоолог А. Вандель. В эволюции за периодом «подготовки», в течение которой складывается новый тип организации, следует период расцвета, во время которого группа распадается на множество таксонов. Третья фаза характеризуется все большей специализацией и общим старением группы, ведущими к вымиранию. Сторонники «онтогенетического направления» в финализме отрицательно и даже враждебно относятся к учению о естественном отборе, что особенно отчетливо выражено в работах А. Ванделя.

Третье направление финализма В. И. Назаров называет **сальтационистским**, или **макромутационистским**. Одним из основных лидеров этого направления является известный палеонтолог О. Шиндевольф (ФРГ), взгляды которого во многом близки к изложенным выше взглядам А. Ванделя. Его концепция включает учение о трехфазности развития филогенетических стволов (типогенез, типостаз и типоллиз), о макромутациях, дающих начало новым типам организации, независимо от образа жизни, в силу внутренних причин. Важным элементом взглядов О. Шиндевольфа является представление о внезапном исчезновении (тоже в силу внутренних причин) крупных таксонов, получившее название «неокатастрофизма».

Идеи сальтационизма в эволюции наряду с О. Шиндевольфом и другими палеонтологами пропагандировались и представителями других биоло-

гических специальностей, среди которых следует назвать генетика Р. Гольдшмидта, эмбриолога А. Далька (учение о крупных «онтомутациях») и других.

В четвертой главе рассматривается **психовиталистическое направление** в финализме. Зачинателем его в XIX в. явился А. Паули, Р. Франц, А. Вагнер. В первой половине XX в. особенно большое влияние на развитие психовитализма сыграли работы Г. Дриша и его учение об энтелехии — нематериальном факторе, определяющем качественное своеобразие живых систем. Для психовиталистов энтелехия является не только движущей силой онтогенеза, но и основным фактором эволюции. Наиболее верными последователями откровенно идеалистической концепции Дриша явились известные ученые физиолог И. Хаас, генетик Э. Синнот, философ-биолог А. Венцль. Большую роль в развитии финализма на психовиталистической основе сыграло учение известного французского психолога Р. Рюе. Основа его концепции — представление о существовании идеального начала, лежащего вне времени и пространства и являющегося источником возникновения и развития живой природы. Идеи Р. Рюе оказали большое влияние на биологов и философов преимущественно во Франции (эмбриолог Э. Вольф, зоолог Л. Бунур и многие другие).

Пятое направление в развитии финализма В. И. Назаров характеризует как **неотомизм** и **спиритуалистический эволюционизм**. Здесь речь идет об откровенно идеалистических концепциях, непосредственно примыкающих к религиозным направлениям. Неотомистская философия природы направлена на опровержение материализма, доказательство бытия бога. Центром развития неотомизма стал ряд университетов Европы, например Лувенский университет в Бельгии, некоторые французские университеты. В качестве яркого примера этого направления В. И. Назаров приводит высказывание французского биолога католика Ф. Бергюню, который видит в органической эволюции «самое величайшее и наиболее осязаемое и наи-

более конкретное выражение милосердия бога по отношению к миру» (с. 194). Вот какие формы может принимать эволюционное учение в сознании идеалиста! Одним из наиболее ярких представителей христианского спиритуализма в биологии является француз П. Тейар де Шарден, стремящийся к объединению естественнонаучной картины мира с религией. Это направление получило название «тейардизма». Оно пользуется широким распространением в католических и идеалистически мыслящих кругах Франции и других стран Западной Европы.

Шестое направление финализма, по В. И. Назарову, представляют гипотезы **регрессивной эволюции**. Эта концепция рассматривает эволюционный процесс как ведущий к последовательной деградации. Начало этим представлениям было положено еще в семидесятых годах прошлого столетия в антидарвиновских сочинениях А. Виганда. Об утере генов в процессе эволюции и упрощении генома писали генетики У. Бейтсон, Н. Г. Нильсон, палеонтологи Р. Ларже, А. Декюжи и другие. Но особенно широкую известность получила теория «физиологической, эволюции» зоолога, вирусолога и генетика А. Львова (Франция), утверждавшего на обширном, специально подобранном фактическом материале, что эволюция представляет собою ортогенетический процесс деградации. Критически анализируя это направление, В. И. Назаров справедливо указывает, что регресс может стать элементом биологического прогресса, но регресс никогда не был и не может быть основным направлением эволюции.

В коротком «Заклучении» подводят итоги критического рассмотрения многообразных форм финализма в эволюционной теории. Можно согласиться со следующими итоговыми замечаниями автора: «Ведя обоснованную борьбу с финализмом, советские биологи и философы, стоящие на позиции диалектического материализма, проявляют дифференцированный подход к той его части, которая исходит из наличия целевых отношений» (с. 253).

Приведенный выше краткий обзор книги В. И. Назарова показывает, что она представляет собою оригинальный труд в области истории эволюционной теории новейшего времени, затрагивающий мало освещенные в советской философской и биологической литературе проблемы. Автор рассматривает их с диалектико-материалистических, дарвинистических позиций, обнаруживая при этом глубокое знание как биологической, так и философской литературы. Особенно ценен для советского читателя анализ французской литературы, которая мало известна большинству советских биологов.

Какие критические соображения можно высказать после прочтения книги В. И. Назарова? Хочу сделать два замечания. В четвертой главе первой части книги устанавливается семь направлений финалистических теорий, среди которых седьмая называется «неоомогенетическим направлением». В дальнейшем изложении это направление совершенно не рассматривается. Спрашивается, почему? Как раз в нашей стране это направление имело и имеет немало адептов, и оставить его без анализа неправильно.

В четвертой главе второй части рассматривается психовиталистическое направление, и в числе различных его течений — христианский спиритуализм, одной из задач которого является «примирение» науки с католической церковью. Почему же ни единым словом автор не упомянул «научный креационизм», буквально захлестнувший широкие круги мыслящих людей в США? Возможно, автор считает, что это направление выходит за рамки науки. Но обходить его полным молчанием все же не следовало, ибо оно очень близко по существу к концепциям ряда французских христианских спиритуалистов, взгляды которых в книге рассмотрены.

Приведенные замечания касаются того, чего в книге В. И. Назарова нет, а могло бы быть. Если же говорить о том, что в ней есть, то из всего сказанного выше вытекает, что этот труд очень актуален и заслуживает быть прочтенным самыми широкими кругами биологов.

О. Хевисайд: трагедия или победа личности!

Г. А. Аскарьян

Москва



Б. М. Болотовский. ОЛИВЕР ХЕВИСАЙД. 1850—1925. Отв. ред. В. Л. Гинзбург. М.: Наука. Науч.-биогр. сер., 1985, 256 с.

Многие ученые знают Оливера Хевисайда (Oliver Heaviside) (1850—1925) по таким общепринятым терминам, как функция Хевисайда, единицы Хевисайда, слой Хевисайда, по его работам о распространении импульсов по кабелям. С его именем связано введение операционного метода вычислений в электродинамике.

Но вот вы раскрыли книгу и начали читать и с удивлением узнаете, что недавно в трудах Хевисайда нашли такие эффекты, как излучение от заряда, движущегося со скоростью, большей скорости света в среде (т. е. то, что мы называем «эффект Вавилова — Черенкова»), излучение при пролетании заряда через границу сред (то, что мы называем «переходное излучение»). И на ваших глазах портрет Хевисайда в галерее клас-

сиков науки закачается, Хевисайд выйдет из позолоченной рамы и, держа ее в руках, пойдет к читателю и станет перед ним в шеренгу гениев-пророков новой физики.

В сущности эта книга о гении, не признанном (если не принимать во внимание формальные звания) и не понятом не только современниками, но и несколькими последующими поколениями, столь недостижимо высоко вознесли его сила воображения и логика творчества. А за несколько поколений результаты работ Хевисайда выпали из научной памяти актива ученых, которые в динамике творчества быстро отдаляются от предшественников, веруя в собственную удачу, и потом с досадой, восхищением или проклятиями обнаруживают в старых работах открытые ими эффекты.

Хевисайд родился в 1850 г. в Лондоне, был четвертым сыном в семье не очень обеспеченного художника. Закончил только неполную среднюю школу, на дальнейшее образование средств не было. В детстве хорошо рисовал, и отец собирался обучить его живописи. Но интересы Оливера обратились к науке об электричестве. Несколько лет работал телеграфистом. Занялся экспериментальными исследованиями, оборудовав лабораторию в доме отца. Опубликовал несколько статей по теории телеграфии, был избран в Совет Общества телеграфных инженеров, но не посетил ни одного из заседаний Совета и не был переизбран. А после того, как не уплатил членские взносы, был вычеркнут из списков членов общества. Отказался от выгодного места в компании. Был всецело поглощен чисто научными интересами, все остальное казалось ему пустой тратой времени.

Знакомство в 1873 г. со случайно купленной книгой Максвелла потрясло Хевисайда. Поскольку он изучал в школе лишь элементарную математику, ему потребовалось несколько лет, чтобы разобраться в теории Максвелла. «Тогда я отложил книгу в сторону и пошел своим собственным путем» (с. 21), — вспоминает он. Самообразование подняло его до высот творчества.

До конца жизни больше ни на какую работу не поступал. Единственным источником доходов были мизерные гонорары за статьи и книги. Хотя и был избран членом Королевского общества (1891), почетным членом Американской академии (1899), почетным доктором философии Геттингенского университета (1905), почетным членом Института инженеров-электриков (1908) и Американского института инженеров-электриков (1919), но был совершенно равнодушен к славе и почестям. В 1896 г. ему была установлена пенсия, которая в конце концов оказалась ничтожной из-за девальвации, особенно в военные и послевоенные годы.

Все время жил только наукой, плоды непрерывного творчества рождали азарт. Вот динамика основных физико-математических исследований Хевисайда:

1887 г. — выводит телеграфное уравнение и получает условие передачи телефонной связи без искажений; 1888 г. — определяет поле заряда, летящего в диэлектрике и предсказывает излучение при сверхсветовом движении, что подробно исследует в 1900—1902 гг.; 1902 г. — предсказывает существование в верхней атмосфере плазменного слоя, отражающего радиоволны, так называемый слой Хевисайда — Кеннели; 1893, 1899, 1912 г. — издает сводные тома своей «Электромагнитной теории».

Непрерывно испытывал трудности, связанные с непониманием его работ. Непонимание окружающих усугублялось своеобразием его характера. Он был резок и бескомпромиссен в вопросах науки, никогда не думал о личной выгоде, вел жизнь затворника. Почти всю жизнь страдал от нарастающей глухоты. Многие годы жил на грани нужды, последние десять лет — в нужде и болезнях. Никогда не имевший семьи, он умер в 1925 г. в больнице, куда был доставлен по настоянию друзей и родственников, нашедших его с запозданием в тяжелом состоянии.

Такова канва книги, повествующей о горестной и героической судьбе великого уче-

ного. Книга ярко рисует, как тяжело одинока была личная жизнь Хевисайда, полная драматизма и лишенная любви — единственной прижизненной награды непризнанного гения. И тем более ценно в этом случае человеческое участие: родственников, друзей и даже полисмена, покупавшего Хевисайду еду, когда он стал немощен и болен. Эта книга учит гуманизму человеческих отношений и самоотверженности творчества, которое часто бывает безжалостно по отношению к самому творцу и окружающим его людям.

Однако трудно назвать судьбу гениального, но непонятого ученого трагической, так как нет более ярких эмоций, чем ощущение радости первооткрывания. Оно не сравнимо с эмоциями от понимания, признания и любви окружающих, которые часто бывают фальшивыми и неискренними. И, наверное, лучше быть не понятым современниками, чем быть обкраденным образованными, бездарными, но активными учеными, способными заимствовать, обогатить, пристроиться к открытию, процветать на чужих трудах.

В те времена в Англии был слишком узок и избран круг ученых и высок их моральный уровень, и умаление заслуг Хевисайда происходило, в основном, по неспособности их осознать, а не по злему умыслу. Поэтому непонимание не стало роковым для Хевисайда. Он мог публиковать свои труды и надеяться на диалог. И он творил в надежде, что придет время, когда поймут результаты его работ и почувствуют его величие и пророчество. Недаром он сам трактовал бессмертие души как бессмертие содеянного, величие открытий разума, подвига, добра. Это окрыляло его, и даже такое тяжелое испытание, как одиночество, по-видимому, способствовало глубине его творчества.

Но не будем слишком подробны, дабы гонорар за рецензию не превысил гонорара за рецензируемую книгу. Эта книга, с нашей точки зрения, — лучшая в серии «Научные биографии». Известный физик-теоретик Б. М. Болотовский, автор

многочисленных исследований по черенковскому излучению, проявил великолепные литературные способности. Сочетание ясного физического понимания работ Хевисайда и проникновения в психологию его личности сделало книгу драматической и яркой. Она была продана буквально за часы. Тираж ее явно недостаточен и желательно было бы ее переиздание, а также издание в серии ЖЗЛ.

Большим моральным уроком современникам прозвучала поддержка и содействие изданию этой книги академиками В. Л. Гинзбургом и И. М. Фран-

ком. В предисловии В. Л. Гинзбурга и словах И. М. Франка, приведенных в книге, мы найдем и высокую оценку работ их предшественника, и объективный анализ своего вклада в обнаружение, объяснение природы и исследование эффектов сверхсветового и переходного излучения зарядов в средах.

В заключение отметим, что яркие конкретные примеры самопожертвования и мужества выдающихся личностей гораздо более эффективны, чем нравоучения и призывы. Это подчеркивает важность появления таких книг для воспитания

нравственного духа ученых и морального кодекса жизни. Слова Плутарха из его «Жизнеописаний» показывают важность этой проблемы во все времена: «Занимаясь историческими исследованиями, мы удерживаем душой память о лучших и самых признанных характерах, и это позволяет нам решительно отвергать все скверное, безнравственное и пошлое, с чем сталкивает неизбежно общение с окружающим миром, и обращать умиротворенный и успокоенный взор и мысль только на образцовое».

НОВЫЕ КНИГИ

Астрономия

А. Н. Симоненко. АСТЕРОИДЫ (ИЛИ ТЕРНИСТЫЕ ПУТИ ИССЛЕДОВАНИЯ). М.: Наука, Главн. ред. физ.-мат. лит., сер. «Проблемы науки и технического прогресса», 1985, 208 с., ц. 65 к.

О том, что в Солнечной системе между орбитами Марса и Юпитера движутся многочисленные мелкие тела, самые крупные из которых по сравнению с планетами всего лишь каменные глыбы, узнали менее 200 лет назад. Однако о существовании астероидов подумал еще И. Кеплер. Исследуя закономерности в строении Солнечной системы, в распределении размеров орбит известных с древности пяти планет — Меркурия, Венеры, Марса, Юпитера и Сатурна, — он пришел к выводу, что совершенству Солнечной системы мешает непомерно большой промежуток между орбитами Марса и Юпитера. Следовательно, решил Кеплер, там должна находиться еще одна планета. Как стало ясно позднее, в этом промежутке расположилась не планета, а так называемое кольцо астероидов, которым что-то (возможно, находящийся поблизости гигант Юпитер) помешало объединиться в большую планету.

Кто в эпоху открытия первых астероидов мог предположить, что эти малые тела Солнечной системы станут объектом самого пристального внимания специалистов различных областей естествознания — космогонии, астрофизики, небесной механики, физики, химии, геологии, минералогии, газовой динамики и аэромеханики? Связан подобный интерес прежде всего с тем, что образовались астероиды около 4,5 млрд лет назад, когда рождалась сама Солнечная система. Поэтому они несут в своем веществе уникальную информацию о самых начальных этапах этого развития.

Книга, принадлежащая перу известного специалиста по астероидам А. Н. Симоненко (1935—1984), в популярной форме излагает сведения об астероидах, начиная с истории их открытия, обнаружения порой противоречивых фактов, которые не сразу можно было связать между собой, но в осмыслении которых рождалось более глубокое понимание окружающего нас мира. Отдельные главы посвящены движению астероидов и характеру изменения их орбит за большие (космогонические) промежутки времени, физическим свойствам этих малых тел Солнечной системы.

Большое внимание уделено вопросам связи и взаимодействия астероидов с другими телами Солнечной системы.

Математика

Дж. М. Т. Томпсон. НЕУСТОЙЧИВОСТИ И КАТАСТРОФЫ В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ. Пер. с англ. В. Л. Бердичевского. М.: Мир, 1985, 254 с., ц. 1 р. 80 к.

Многие выдающиеся события в науке связаны с изменением ее языка и возникновением новых терминов и понятий. Именно такими изменениями сопровождалось рождение теории катастроф, которая обнаружила общие закономерности во многих, на первый взгляд, совершенно различных явлениях механики и физики, астрономии и биологии, химии и техники. Общность эта заключается в том, что устойчивое равновесие при непрерывном изменении параметров системы может стать неустойчивым, а непрерывный процесс с течением времени — разрывным.

Однако очень часто теория катастроф излагается так, что многочисленные технические детали мешают ее вос-

приятно неспециалистами. Книга известного английского исследователя в области механики Дж. Томпсона написана совсем в другом стиле. Как отмечает В. Л. Бердичевский, «это не монография и не учебник, а скорее своего рода путеводитель по литературе, содержащий популярное изложение основных идей, часто апеллирующее к физической интуиции (и определенным знаниям) читателя».

Физика

Ю. П. Тимофеев, С. А. Фридман, М. В. Фок. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СВЕТА. Отв. ред. Н. Д. Жевандров. М.: Наука, сер. «Наука и технический прогресс», 1985, 176 с., ц. 65 к.

Чтобы увидеть свет, его необходимо преобразовать. В сетчатке глаза это преобразование происходит независимо от нашей воли, но чтобы понять, как оно происходит, нужно познаться с устройством сетчатки и происходящими в ней фотохимическими процессами. Фотосинтез, обеспечивающий наше существование на Земле, — тоже сложная цепь фотохимических реакций. Процесс фотографии — также фотохимическое преобразование энергии света.

Сейчас понятие «свет» постепенно захватывает весь доступный современной технике диапазон электромагнитных волн, т. е. в него вошли, помимо оптических, рентгеновские и гамма-лучи, ультрафиолетовое и инфракрасное излучение. Оказалось, что в инфракрасных, ультрафиолетовых и других лучах предметы «выглядят» не так, как в видимом свете. Несхожесть «портретов» человека, снятых в различных лучах, — основа для ранней диагностики заболеваний. Невидимые лучи позволяют заглянуть внутрь промышленных материалов и изделий. «Окна прозрачности» атмосферы, расположенные в инфракрасной области спектра, удобны для оптической локализации и дальновидения. Понятно поэтому, сколь важны устройства для получения изображений в

невидимых лучах и их последующего преобразования в видимые. Кроме того, с преобразованием солнечной энергии в электрическую связаны во многом и надежды энергетики будущего.

Всем перечисленным проблемам и посвящена эта популярная книга. Значительное внимание уделено в ней физическим принципам получения света, люминесцентному преобразованию невидимых лучей в видимый свет, проблемам передачи и восприятия информации с помощью оптических изображений.

Биология

И. С. Бреслав. КАК УПРАВЛЯЕТСЯ ДЫХАНИЕ ЧЕЛОВЕКА. Отв. ред. О. И. Моисеева. Л.: Наука, сер. «От молекул до организма», 1985, 160 с., ц. 55 к.

Вдох — выдох, вдох — выдох... С последним вздохом жизнь человека заканчивается, а первые активные дыхательные движения делает уже 2—3-месячный эмбрион. Функция дыхательной мускулатуры подобна сердечной, но резервные возможности вентиляторного аппарата, пожалуй, побольше, чем у сердца. Как запускается и как поддерживается работа «дыхательного маятника»? Как обеспечивается точное соответствие между потребностями организма в кислороде и вентиляцией легких? В какой мере можно сознательно управлять своим дыханием и какая от этого может быть польза (а может, и вред)?

Все эти вопросы важны не только для физиологов и врачей самого разного профиля, но представляют интерес и для неспециалистов, поэтому автор в форме, доступной широкому кругу читателей, излагает современные представления о функции дыхания и механизмах ее осуществления. Описаны закономерности регуляции дыхания при физической и умственной работе, во сне, в экстремальных условиях высокогорья и глубоководных погружений.

Излагая научные сведения, автор стремился по возмож-

ности увязать их с повседневной медицинской и просто бытовой практикой.

Минералогия

МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ. Под ред. К. Фрея. Пер. с англ. А. К. Запольного и А. П. Платуновой под ред. А. Г. Булаха и В. Г. Кривошечова. Л.: Недра, 1985, 512 с., ц. 5 р. 60 к.

Представляемая здесь книга — один из томов издающейся сейчас в США энциклопедии наук о Земле. Составитель и редактор книги — К. Фрей, профессор университета в Норфолке (США) по кафедрам минералогии и петрографии — известен, как отмечают редакторы перевода, своей широкой эрудицией и опытом в издательских делах, что позволило ему подготовить всесторонний и удачно скомпонованный справочник по минералогии. Основной объем книги отведен почти 140 обзорным статьям, написанным крупными специалистами в своей области. Это статьи по кристаллографии, освещающие процессы роста кристаллов; по электронной микроскопии, инфракрасной спектроскопии, микрозондовому анализу и другим современным физическим методам изучения веществ; о минералах в организме человека и животных, растениях, органических рудах; по минералогии Луны, метеоритов, мантии Земли. Немало внимания уделено прикладной и технической минералогии, экономике добычи минерального сырья, промышленному синтезу кристаллов. Многих читателей заинтересуют сведения о декоративных свойствах минералов, сводка о крупнейших минеральных коллекциях мира.

В книгу включен также толковый минералогический словарь, содержащий около 3000 наименований.

Тематика статей настолько разнообразна, что энциклопедия, по мнению редакторов перевода, будет полезна не только минералам, но и многим другим специалистам, а кроме того — и просто любителям камня.

КРАСНАЯ КНИГА РСФСР. ЖИВОТНЫЕ. Сост. В. А. Забродин, А. М. Колосов. М.: Россельхозиздат, 1985, 454 с., ц. 8 р. 80 к.

Это официальный справочник о состоянии редких и находящихся под угрозой исчезновения видов дикой фауны РСФСР. В нем приводятся данные об ареале, численности, биологии 65 видов и подвидов млекопитающих, 108 видов и подвидов птиц, 11 видов рептилий, 4 видов амфибий, 9 видов рыб, 15 видов моллюсков и 34 видов насекомых. Сообщается также о принятых и намечаемых мерах по их охране.

Составление списка животных для внесения в Красную книгу республики оказалось делом достаточно сложным, поскольку на территории РСФСР еще много видов и групп диких животных, численность и распространение которых изучены слабо. В первую очередь это относится к насекомым, в связи с чем в республиканскую Красную книгу включены только редкие формы, наиболее остро нуждающиеся в охране, а именно самые крупные и эффектные насекомые. Они особенно привлекательны для коллекционирования и часто становятся, случайными жертвами.

Из 65 видов и подвидов млекопитающих, включенных в Красную книгу РСФСР, 22 вида отнесены к категории находящихся под угрозой уничтожения; среди них — амурский тигр, красный волк, снежный барс, или ирбис, командорский голубой песец, дзерен и др. В числе птиц — орлан-белохвост, стервятник, черный гриф, дальневосточный аист, дрофа-красотка и др. Из рептилий — средиземноморская черепаха. Среди моллюсков — европейская жемчужница, встречающаяся в Мурманской области и Карельской АССР (сведения лесов, внесение удобрений и пестицидов, смывающихся в реки, ведет к резкому падению численности и полному уничтожению этого моллюска). Из 9 видов рыб, включенных в Красную книгу РСФСР, к исчезающим причислены 3 — волховский сиг, черный амур и китайский окунь, или ауха.

РУССКАЯ АМЕРИКА В «ЗАПИСКАХ» КИРИЛА ХЛЕБНИКОВА. Ново-Архангельск. Сост., предисл., коммент. С. Г. Федоровой. Отв. ред. В. А. Александров. М.: Наука, 1985, 302 с., ц. 2 р. 40 к.

На авантитуле книги значится: «Памяти Кирилы Тимофеевича Хлебникова, члена-корреспондента Петербургской Академии наук. К 200-летию со дня рождения (1784—1984)».

Шестнадцатилетним юношей покинул К. Т. Хлебников (1784—1838) родной город Кунгур Пермской губернии, отправившись в Сибирь с комиссионером Российско-Американской компании. По контрактам с этой компанией служил он в Охотске, Гижигинске, затем на Камчатке. Здесь в 1807 г. он путешествовал вместе с натуралистом Г. И. Лангсдорфом, знакомство с которым развило в нем склонность к естествознанию. Вступив в 1808 г. в должность камчатского комиссионера, он неразрывно связал всю свою дальнейшую деятельность с Русской Америкой. В самой Русской Америке он оказался в 1818 г., когда был назначен на должность помощника Главного правителя Ново-Архангельской конторы.

За 15 лет пребывания в Русской Америке К. Т. Хлебников совершил из Ново-Архангельска 15 путешествий, проводя в них в общей сложности 5 лет. Его беседы с мореплавателями, служащими компании на местах, испанскими миссионерами и дипломатами, алеутами, эскимосами, индейцами; изучение архива Ново-Архангельской конторы; его страстная любовь к исторической литературе, географии, естественным наукам; стремление к самообразованию, позволившее самостоятельно изучать английский и испанский, собрать минералогическую и этнографическую коллекции, — все это легло в основу его «Записок о колониях в Америке». Первая часть этого монументального труда и опубликована в предлагаемой книге.

С. Г. Федорова характеризует «Записки» как труд уникальный: «Это не записки заезжего путешественника, пусть весьма наблюдательного и умного, а систематическое истори-

ко-экономическое, -географическое, -статистическое, -этнографическое исследование. Это не только замечательная по полноте и обстоятельности монография, но мудрый, теоретический, основанный на обширной практике труд...»

История науки

Н. Я. Росина, МИХАИЛ АЛЕКСАНДРОВИЧ МЕНЗБИР. 1855—1935. Отв. ред. Л. Я. Бляхер. Л.: Наука, сер. «Научные биографии», 1985; 221 с., ц. 80 к.

«Разносторонний ученый, один из основоположников отечественной зоогеографии и орнитологии; энциклопедически образованный блестящий университетский преподаватель; мыслитель с философским складом ума; крупный общественный деятель, демократ; человек высоких гражданских принципов», — таким предстает со страниц этой книги Михаил Александрович Мензбир.

Годы его научной работы, прошедшие в основном в стенах Московского университета, совпали с периодом острой борьбы между эволюционистами различных школ и направлений. Поскольку в литературе деятельность Мензбира-дарвиниста освещена недостаточно, автор монографии проводит детальный анализ эволюционных воззрений ученого.

Влияние его научной и организаторской деятельности на развитие современной ему науки было столь велико, что в орнитологической литературе существует понятие «мензбировский» период. Многие из намеченных М. А. Мензбиром направлений исследований в области систематики, экологии, биологии, происхождения и эволюции птиц, зоогеографического районирования страны и др. послужили в дальнейшем отправными вехами в работе его учеников и продолжают успешно развиваться. В память М. А. Мензбира проводятся конференции, а с 1975 г. учреждены чтения памяти М. А. Мензбира.

Распределение Пуассона и футбол



С. Г. Раутиан,

член-корреспондент АН СССР
Институт автоматики и электро-
метрии СО АН СССР

Новосибирск

Очень многие и очень разные процессы — движение атомов и молекул, а также городского транспорта, телефонные переговоры и т. п. — описываются распределением Пуассона

$$P(m) = \exp(-\nu t) (\nu t)^m / m!,$$

которое задает вероятность $P(m)$ того, что за время t произойдет m независимых случайных событий. Величина ν связана с их средним значением $\bar{m}$ соотношением:

$$\bar{m} = \sum_{m=0}^{\infty} m P(m) = \nu t$$

Иными словами, ν представляет собой среднее число случайных событий в единицу времени, их среднюю частоту: $\nu = \bar{m}/t$.

Оказывается, распределение Пуассона имеет непосредственное отношение к спортивным играм, в частности к футболу, причем в качестве случайного принимается основное событие — акт взятия ворот. Прежде всего и совершенно естественно возникает вопрос: правилен ли вообще вероятностный подход в данном случае? Казалось бы, он не адекватен смыслу и содержанию игры, поскольку гол забивается в результате целенаправленного процесса, координированных усилий команды. Однако в действительности противоречия здесь нет. Классический пример применения теории вероятностей к стрельбе показывает, что «целенаправленные усилия» (в данном случае прицеливание)

задают средний результат — центр, около которого образуется кружок рассеяния. Радиус этого кружка обусловлен уже случайными факторами.

Футбол гораздо сложнее, но аналогия прослеживается вполне четко. «Целенаправленность» приводит к тому, что голы забивают и, как правило, в чужие ворота. Это и есть «средний результат». Вместе с тем существует масса случайных факторов, которые «хаотизируют» результат и в течение одного матча, и на протяжении сезона: неточность выполнения технико-тактических приемов, неполная предсказуемость действий соперника, колебания подготовленности отдельных игроков и команд и т. д. В итоге модель случайного гола оказывается не только не абсурдной, но вполне реалистичной и разумной. Она удачно описывает фактический материал, и мы попытаемся это продемонстрировать.

Для наших целей общую формулу распределения Пуассона удобно записать в ином виде:

$$P(m) = \exp(-\bar{m}) \bar{m}^m / m!,$$

понимая под $\bar{m}$ среднее число голов, забиваемых в матче одной из команд. Другими словами, под t теперь подразумевается игровое время одного матча. С помощью известных законов теории вероятностей из выписанного соотношения можно вывести ожидаемые значения для целого ряда футбольных показателей. Их сравнение с фактическими данными позволит получить наглядное представление о правомерности вероятностного подхода, его эвристической ценности и еще кое о чем.

Наиболее простая и непосредственная проверка статистической модели футбола делается следующим образом. По таблице чемпионата подсчитывается, сколько раз среди всех результатов $m_1:m_2$ встречается дан-

ное число забитых голов m . Ожидаемое значение для этой величины равно $2N_0 P(m)$, где N_0 — общее число матчей чемпионата (для 18 команд $N_0=306$).

На следующем этапе определяется количество матчей, окончившихся с заданным счетом $m_1:m_2$. Пусть соперники характеризуются параметрами $\bar{m}_1$ и $\bar{m}_2$. Вероятность того, что команды 1 и 2 проведут соответственно m_1 и m_2 голов, равна произведению $P_1(m_1) P_2(m_2)$. Вторая возможность (m_1 голов забила команда 2 и m_2 — команда 1) реализуется с вероятностью $P_1(m_2) P_2(m_1)$. Полная вероятность того, что матч окончится со счетом $m_1:m_2$, равна

$$P(m_1:m_2) = P_1(m_1) P_2(m_2) + P_2(m_1) P_1(m_2), \quad m_1 \neq m_2.$$

Если для простоты полагать, что значения параметров $\bar{m}_i$ для всех команд одинаковы ($\bar{m}_i = \bar{m}$), то

$$(\text{при } m_1 \neq m_2) \quad P(m_1:m_2) = 2 \exp(-2\bar{m}) \bar{m}^{m_1+m_2} / (m_1! m_2!)$$

Такое допущение несколько огрубляет модель, но все еще оставляет ее вполне приемлемой.

Вероятность ничейных матчей ($m_1=m_2$) можно найти из соотношения:

$$P(m_1:m_1) = \exp(-2\bar{m}) \bar{m}^{2m_1} / (m_1!)^2.$$

Умножив $P(m_1:m_2)$ на общее число матчей, найдем ожидаемое количество игр со счетом $m_1:m_2$.

Таблица дает сопоставление расчета, проведенного по изложенной схеме, с данными чемпионата СССР по футболу 1984 г. Следует иметь в виду, что случайные отклонения фактических значений от вычисленных вполне допустимы на величину порядка квадратного корня из вычисленного. По таблице видно, что в большинстве случаев это качественное правило выполняется.

Аналогичный анализ дан-

Число матчей, окончившихся
со счетом $m_1:m_2$ [1984 г.]

m_1	m_2	факт.	выч.
0	0	29	25,0
1	1	35	39,2
2	2	13	15,4
3	3	2	2,7
4	4	0	0,3
1	0	65	62,5
2	0	41	39,2
2	1	47	49,1
3	0	15	16,4
3	1	11	20,5
3	2	16	12,9
4	0	8	5,1
4	1	11	6,4
4	2	3	4,0
4	3	1	1,7
5	0	2	1,3
5	1	0	1,6
5	2	1	1,0
5	3	0	0,42
6	0	0	27,0
6	1	2	0,34
6	2	2	0,21
6	4	1	0,028
7	0	1	0,048

ных для чемпионатов 1971—1983 гг. также дал в общем положительный результат. Исключение составили чемпионаты 1971, 1974 и 1977 гг., в которых было зафиксировано аномально большое количество ничейных результатов (например, в 1977 г. вместо 73,5 «пуассоновских» было 107 ничейных матчей, большая часть которых закончилась со счетом 0:0 или 1:1). Установлено, однако, что многие из этих ничейных результатов были связаны с неигровыми (если не с антигровыми) мотивами; это и побудило Федерацию футбола СССР ввести известное правило «лимита ничьих».

Если просуммировать выражение для $P_1(m_1)P_2(m_2)$ по m_1 и m_2 при условии $m_1+m_2=m$, мы получим вероятность того, что обе команды проведут m голов в одном матче:

$$\exp(-\bar{m}_1 - \bar{m}_2)(\bar{m}_1 + \bar{m}_2)^m / m!$$

Это тоже есть распределение Пуассона, в котором параметром служит сумма параметров команд-соперников m_1+m_2 . Отметим, что выписанное распределение матчей по общему чис-

лу голов менее чувствительно к различию параметров разных команд.

Интересно также установить связь между результативностью команд и количеством набираемых ими очков (K). Если построить зависимость величины $K-N$ (N — число матчей, сыгранных командой в году) от разности M забитых и пропущенных мячей, мы получим «облако» точек, группирующихся вокруг некоторой средней линии, уравнение которой имеет вид:

$$K-N=aM.$$

Статистичность распределения точек в «облаке» и «футбольный смысл» этой линии легко понять из следующих соображений. Пусть x , y и z обозначают соответственно число побед, ничьих и поражений команды (очевидно, что $x+y+z=N$). Поскольку за победу, ничью и поражение начисляют 2, 1 и 0 очков, то

$$K=2x+y=N+x-z.$$

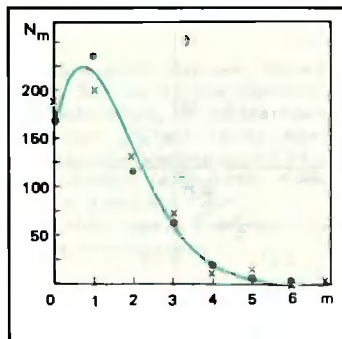
Если бы все результативные матчи оканчивались с разностью только в один гол (что достаточно для победы), то мы имели бы $x-z=M$, и на диаграмме зависимости величины $K-N$ от M точки ложились бы в точности на прямую $K-N=M$.

На самом же деле результативные игры оканчиваются с различными разностями забитых и пропущенных мячей $|m_1-m_2|=1, 2, 3, \dots$, и их распределение по $|m_1-m_2|$ случайно. Поэтому точки образуют «облако» с некоторым разбросом и оно группируется вокруг линии $K-N=aM$, причем тангенс ее наклона a меньше единицы и приблизительно равен $1/\sqrt{\pi\bar{m}}$. Это означает, что наклон средней линии «облака» должен мало меняться с вариацией $\bar{m}$. Для чемпионатов европейских стран $2\bar{m}$ заключено в пределах от 2,1 до 3,5, и коэффициент

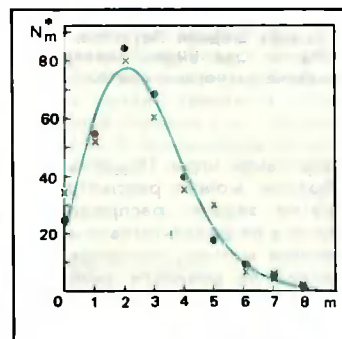
¹В рамках модели Пуассона расчет коэффициента a приводит к формуле:

$$a = \exp(-2\bar{m}) [I_0(2\bar{m}) + I_1(2\bar{m})],$$

где I_0, I_1 — модифицированные функции Бесселя порядка 0 и 1.



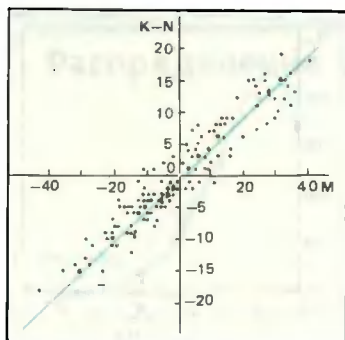
Кривая распределения числа матчей N_m , в которых один из партнеров провел m голов. Данные чемпионатов СССР по футболу 1981 г. [779 голов, кружки] и 1982 г. [776 голов, крестики]. Кривая построена по формуле Пуассона для средней результативности $\bar{m} = 777,5/612 = 1,27$.



Кривая распределения числа матчей N_m , в которых оба партнера забili m голов. Данные чемпионатов СССР 1981 и 1982 гг. Плавная кривая построена по формуле для вероятности такого события при $\bar{m}_1 + \bar{m}_2 = 2\bar{m} = 2,54$.

а колеблется от 0,5 до 0,4. Поэтому можно сформулировать приближенное правило, универсальное для всех стран: одно очко «стоит» в среднем 2—2,5 гола в разности забитых и пропущенных мячей M .

Разобранные примеры достаточно полно, на наш взгляд, иллюстрируют дух и степень применимости вероятностного подхода к анализу футбола как



Зависимость количества набранных командой очков K от разности M забитых и пропущенных ею голов. По оси ординат отложена разность $K-N$, где N — число игр, сыгранных одной командой в сезоне. 144 точки отражают игровое положение участников чемпионатов СССР в 1979, 1981—1984 гг., Испании в 1983 г. и 1984 г., Румынии в 1984 г. Среднее значение параметра $2\bar{m}=2,51$. Прямая линия задает среднюю для указанной выборки зависимость $K-N=aM$, где $a=0,440$ [значение a , вычисленное в рамках модели Пуассона, равно 0,476 — как видим, прекрасное согласие расчетов с опытом].

спортивной игры. Подобным же образом можно рассмотреть и другие задачи: распределение команд по результативным и ничейным матчам, распределение матчей по разности забитых и пропущенных голов, распределение туров по числу забитых

голов и по числу ничейных матчей, число побед и ничьих на своем и чужом поле и т. д. Проведенный анализ не оставляет сомнений в пуассоновом характере статистических закономерностей футбола.

Замечательно, что в модели нет свободного параметра, значение которого, как это часто бывает при статистической обработке, выбиралось бы для лучшей подгонки расчетных значений и фактических данных. Единственным параметром теории служит среднее число голов $\bar{m}$, проводимых за матч одной командой. В этом смысле современное состояние статистической модели футбола в какой-то мере аналогично кинетической теории газов: формула Пуассона играет здесь роль распределения Максвелла, а параметр $\bar{m}$ аналогичен температуре газа. Зная эти характеристики системы (футбола, газа), можно рассчитать все остальные величины по более или менее простым формулам, которые логически вытекают из основного уравнения. Не только по этой формальной аналогии, но и по существу своему величина $\bar{m}$ отражает темп игры, накал футбольной борьбы, ее «температуру». Все говорит в пользу того, что величина $\bar{m}$ есть фундаментальная характеристика состояния футбола. В ней находят отражение такие факторы, как футбольные традиции в данной стране, достигнутый

уровень техники и тактики этой популярной игры, воля, атлетизм и другие компоненты подготовленности команд, игроков, тренеров, формула первенства и т. п. По-видимому, подобный анализ на базе модели Пуассона можно провести и по отношению к другим игровым видам спорта — всем видам хоккея, баскетболу, гандболу, регби, водному полу, мотоболу.



В номере использованы фотографии АЛИБЕКОВА Л. А., КУВШИНОВА Б. А., ЛЮБИНСКОГО Е. Г., ОГНЕТОВА Г. Н., АПН, ТАСС.

Художник П. Г. АБЕЛИН
Художественные редакторы:
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР

Корректоры:
Э. А. ГЕОРГАДЗЕ, Т. Д. МИРЛИС

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 25.10.85.
Подписано к печати 17.12.85.
Т—19988.

Формат 70×100¹/16.

Офсет.

Усл.-печ. л. 10,32

Усл. кр.-отт. 1455,7 тыс.

Уч.-изд. л. 15,2

Бум. л. 4

Тираж 54 378 экз. Зак. 2973

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

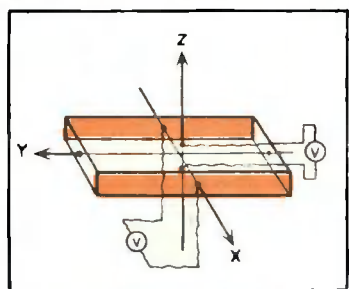
— символ межправительственной программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (The Man and the Biosphere). Этим символом обозначены материалы, которые журнал «Природа» публикует в рамках участия в деятельности этой программы.



В следующем номере

Жизнь С. Н. Виноградского — удивительный пример того, как много может дать исследователь-одиночка. Чтобы создать научное направление, не обязательно быть преподавателем, пропагандистом своих идей, но необходимо уметь мыслить принципиальными категориями, «разрабатывать проблему *au fond*» (С. Н. Виноградский), быть настоящим Ученым.

Заварзин Г. А. Сергей Николаевич Виноградский. К 100-летию открытия хемосинтеза.



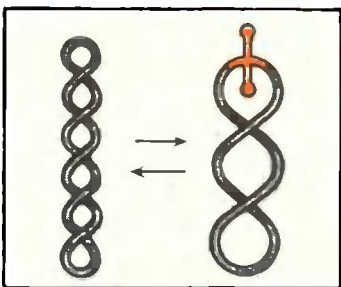
Перенос тепла в полупроводниках сопровождается рядом интересных и практически важных явлений. Всегда ли в каждой точке макроскопического тела существует определенная температура? Что измеряет термометр? Оказывается, ответить на столь простые вопросы в некоторых случаях совсем не просто.

Гуревич Ю. Г. Парадоксы теплопроводности в полупроводниках.



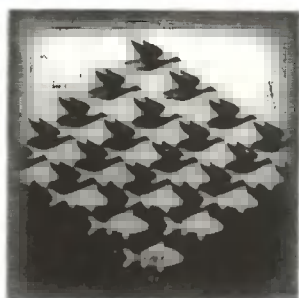
Ученые поняли, что «точные науки» вновь должны стать «естествознанием» со всем богатством его оттенков. Отныне перед ними стоит проблема диалога со всем предшествующим знанием по каждому вопросу и предмету. Любая наука становится ныне гуманитарной, наукой, созданной людьми и для людей.

Пригожин И., Стенгерс И. Возвращенное очарование мира.



Недавно обнаружены неканонические структуры в ДНК, которые возникают только в сверхспирализованной молекуле. Биологическая роль сверхспирализации сейчас твердо установлена, а об участии неканонических структур в регуляции важнейших генетических процессов пока высказываются гипотезы.

Лазуркин Ю. С. Неканонические структуры в сверхспирализованной ДНК.



Приведет ли бурное развитие вычислительной техники к созданию искусственного разума, аналогичного разуму человека? Современная психология критически относится к этому вопросу. Несмотря на огромные вычислительные возможности, компьютеру не доступны многие человеческие представления. Но самое главное — лишь человеческому мышлению присущ творческий характер.

Зинченко В. П. Искусственный интеллект и проблемы психологии.

Цена 80 к.
Индекс 70707

