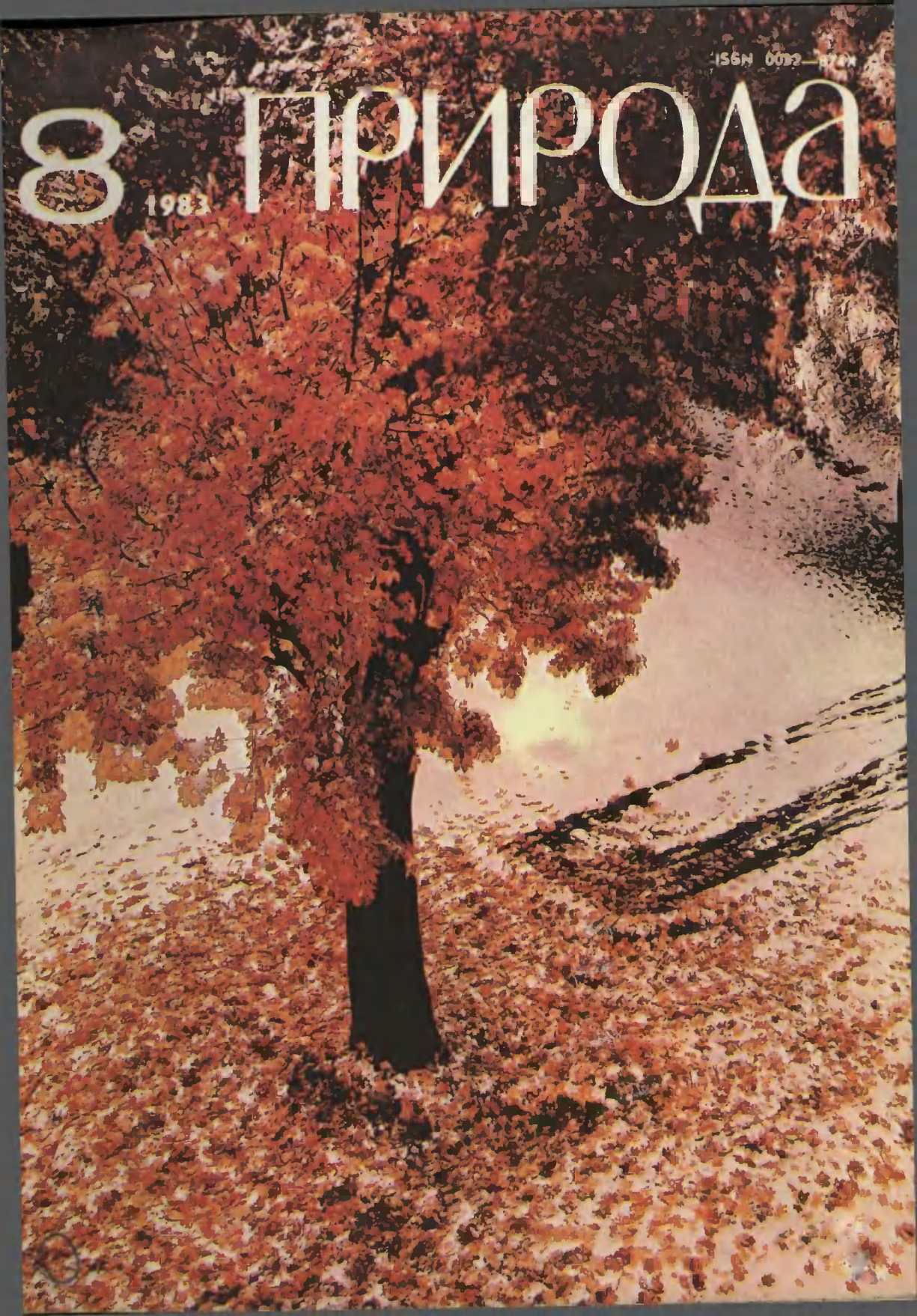


ISSN 0013-788X

8 ПРИРОДА

1983



ПРИРОДА

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

Член-корреспондент АН СССР
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

Академик
Б. М. КЕДРОВ

Доктор физико-математических наук
И. Ю. КОБЗАРЕВ

Кандидат физико-математических наук
А. А. КОГАН

Академик
Н. К. КОЧЕТКОВ

Доктор геолого-минералогических наук
И. Н. КРЫЖОВ

Доктор философских наук
Н. В. МАРКОВ

Доктор экономических наук
В. А. МЕДВЕДЕВ

Ответственный секретарь
В. М. ПОЛЫНИН

Доктор исторических наук
П. И. ПУЧКОВ

Заместитель главного редактора
член-корреспондент АН СССР
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

Член-корреспондент АН СССР
Р. Б. ХЕСИН

Доктор физико-математических наук
А. М. ЧЕРЕПАЩУК

Доктор физико-математических наук
В. А. ЧУЯНОВ

Академик
В. А. ЭНГЕЛЬГАРТ

На первой странице обложки. Фотоэтиюд Н. Н. Рахманова «В осеннем парке» представляет собой технический трюк, символизирующий причудливые формы, к которым могут иногда приводить процессы самоорганизации в природе. См. в номере: Кадомцев Б. Б., Рязанов А. И. Что такое синергетика?

На четвертой странице обложки. Жарновец метельчатый (*Sarothamnus scorpius*) — редкое растение на Куршской косе — внесено в «Красную книгу СССР». См. в номере: Кученева Г. Г., Кученева А. Е. Куршская коса.

Фото Н. А. Шарая.

В НОМЕРЕ

Кадомцев Б. Б., Рязанов А. И. Что такое синергетика?	2
Гайсинович А. Е. 100 лет фагоцитарной теории И. И. Мечникова	12
Гайсинович А. Е. Новый «Корпус Мечникова» в институте Пастера в Париже	22
Кравцов А. И., Войтов Г. И. Природный газ в угольных пластах	23
Буруковский Р. Н. Мимикрия у креветок	31

ПРОБЛЕМЫ ЗАПОВЕДНОГО ДЕЛА

Алексеева Л. В., Нухимовская Ю. Д., Реймерс Н. Ф. Особо охраняемые природные территории: реальность проблемы и перспективы	32
Кученева Г. Г., Кученева А. Е. Куршская коса	34
Гусев А. А., Покаржевский А. Д. Проблема малых заповедных территорий	44
	53

Будыко М. И. «Рассуждение о предсказании погод»	54
Божанский А. Т., Семенов Д. В. Кавказская длиннохвостая саламандра	56

ЗАГАДКА СОЛНЕЧНЫХ НЕЙТРИНО

Копысов Ю. С. Нейтринная спектроскопия солнечных недр	59
Дэвис Раймонд: «Главное — мы видим сигнал от солнечных нейтрино»	70
Понтекорво Б. М.: «Я не абсолютно уверен, что загадка солнечных нейтрино существует»	74

Несис К. Н. Бескишечные моллюски и кольчатые черви	77
--	----

ГЛАВНЫЙ АРХЕОЛОГ СИБИРИ. К 75-летию со дня рождения А. П. Окладникова

Марчук Г. И. «Случай помогает подготовленному уму»	80
Деревянко А. П. Жизнь — поиски	82
Бродянский Д. И. Воспоминания об учителе	89

Седлецкий В. И. По следам динозавров	94
--------------------------------------	----

НОВОСТИ НАУКИ

Запуски космических аппаратов в СССР (март — апрель 1983 г.) • «Малые составляющие» в атмосфере Венеры • Существуют ли спиральные ветви Галактики? • Первое наблюдение Z-бозона? • Электрический пробой кристаллов • Исследование изолированной молекулы • Генерация ультрафиолета в сверхзвуковой струе газа • Тонкопленочные пьезоэлектрические приемники излучения • Переработка углей Канско-Ачинского бассейна • Металлоорганические соединения неодима и празеодима • Может ли РНК быть ферментом? • Фактор, регулирующий гормон роста • Безматричный синтез белков на рибосомах E. coli • Еще одно лекарство против гипертонии • Высокая концентрация тиамин в сыроворотке крови • Действие пылевых частиц на дыхательные органы • Способность узнавать свои движения • Свиньи и трюфели • Микроорганизмы — обитатели подводных гидротерм • Ионизирующая радиация усиливает ферментацию целлюлозы • Пчелы — некрофаги • Особенности организма большой панды • Оригинальный способ защиты гнезда у муравьев • Меры против плодовой мушки • Американский журавль • Вулканизм Новой Зеландии • Два рейса судна «Роберт Д. Конрад» в Тихий океан • Облако, опоясывающее Землю • Продолжается поиск метеоритов в Антарктиде • Великентский склеп-памятник древней металлургии

РЕЦЕНЗИИ

Илли Й. Обстоятельства появления общей теории относительности (на кн.: Визгин В. П. Релятивистская теория тяготения). Ильясов И. И., Мальская О. Е. Что происходит в психологии познания (на кн.: Величковский Б. М. Современная когнитивная психология

НОВЫЕ КНИГИ

Волькенштейн Ф. Ф. Электроны и кристаллы • Растрингин Л. А. Вычислительные машины, системы, сети... • Никоноров С. И. Передний мозг и поведение рыб • Исследование экосистемы Берингова моря • Мани-Боргезе Э. Драма океана • Аджиев Мурад. Сибирь. XX век • Куше Лоуренс Д. Бермудский треугольник: мифы и реальность • Львова Е. В. Равнины Крыма • Лосев К. С. Антарктический ледниковый покров (история и современное состояние) • Березкин Ю. Е. Древнее Перу. Новые факты — новые гипотезы • Ионова Ю. В. Обряды, обычаи и их социальные функции в Корею • Середина XIX — начало XX в. • Издания Советского комитета по программе ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (МАН)

В КОНЦЕ НОМЕРА

Флоренский П. В. Теоретические основания линеаментации	127
--	-----

Что такое синергетика?

Б. Б. Кадомцев, А. И. Рязанов



Борис Борисович Кадомцев, академик, директор отделения плазменных исследований Института атомной энергии им. И. В. Курчатова. Основные работы посвящены физике плазмы и проблеме управляемого термоядерного синтеза. Занимался также вопросами устойчивости радиационных поясов Земли, исследованиями нелинейных волновых процессов, поведения тяжелых атомов в сверхсильном магнитном поле. Лауреат Государственной премии СССР.



Александр Иванович Рязанов, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник того же института. Область научных интересов — теория взаимодействия заряженных частиц с твердым телом, физика радиационных дефектов.

С детства мы не перестаем удивляться тому, насколько сложно и вместе с тем стройно организован окружающий нас мир. Как будто он создан в соответствии с заранее задуманным планом, что, собственно, и лежит в основе многих религий, пытающихся объяснить или, скорее, утвердить стройность мироздания на основе гипотезы о его божественном сотворении. Но вот что интересно — даже в рамках религиозной веры процесс сотворения мира описывается в виде последовательности согласованных действий. Например, согласно Библии бог

начал с того, что он отделил свет от тьмы, хлябь от суши и т. д., пока не дошел до человека — вершины своего творения (впрочем, как мы знаем, далекого от совершенства). Другими словами, даже в этом случае предполагается последовательное усложнение и развитие мира.

Естественно, что при научном объяснении мироздания необходимо показать, как законы природы приводят к появлению определенного порядка из первоначального хаоса и затем к усложнению и развитию образовавшихся упорядоченных структур. Многие науки имеют дело

с подобного рода процессами и явлениями, и возникает вопрос, нет ли у них сходных черт, достойных выработки некоего общего подхода. Другими словами, существует ли общий подход к описанию динамических коллективных явлений в многокомпонентных системах, обладающих свойством самоорганизации, т. е. появления определенного порядка в однородной массе, и последующего совершенствования и усложнения возникшей структуры? Именно для того чтобы выработать такой подход, который имел бы возможность приложения к самым различным явлениям в разных научных дисциплинах, и был предложен термин «синергетика». Он происходит от греческих слов *συν* — вместе и *εργον* — действующий, работающий.

В науке этот термин использовался и раньше. Например, в физиологии синергистами называют группы мышц, действующих совместно для осуществления одного движения. Употреблялся этот термин и в физике, когда речь шла о совместном действии нескольких факторов. А в том специфическом смысле, какой имеется в виду в данной статье, он был введен немецким ученым Г. Хакеном. Под синергетикой Хакен предположил понимать область науки, которая занимается изучением эффектов самоорганизации в физических системах, а также родственных им явлений в более широком классе систем.

В физике явления самоорганизации прослеживаются, начиная с атомарного уровня и вплоть до галактик — образованных астрономического масштаба. Подчас возникающие объекты принимают удивительные формы и, в общем-то, довольно сильно отличаются друг от друга. Поэтому не всем ученым, занимающимся изучением частных специфических процессов, пришла в голову мысль о сопричастности к какой-то общей науке о самоорганизации. Да и самой науки «синергетики» фактически пока нет, и трудно сказать, будет ли она существовать. Тем не менее это слово, как некий лозунг, оказалось привлекательным для многих ученых, занимающихся вопросами появления и развития порядка в сложных физических системах. Они увидели родственные черты во многих явлениях, и в процессе обсуждения этих явлений образовался неформальный коллектив ученых, которые активно исследуют упорядоченные структуры. Что это такое, легче всего понять на некоторых представительных примерах.

ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ

Фазовый переход — это давно известный и наиболее полно изученный процесс возникновения и изменения степени упорядоченности в замкнутых, изолированных системах, состоящих из конечного числа однородных элементов. Одной из основных величин, которая характеризует меру неупорядоченности системы, является энтропия. Эта величина логарифмически растет с увеличением числа возможных состояний в системе. Согласно второму закону термодинамики, в изолированной системе через определенное время будет достигнуто термодинамическое равновесие, которому отвечает максимальное значение энтропии. Иными словами, в замкнутых системах, выведенных из положения термодинамического равновесия и характеризующихся определенным числом состояний, с течением времени будет достигнуто состояние с меньшей степенью упорядоченности. Простейшим примером такого процесса может служить, например, растворение сахара в стакане чая. Особенно важно, что подобные процессы протекают только в одну сторону, а обратные процессы невозможны.

В ряде случаев степень упорядоченности в замкнутых системах может быть изменена в результате изменения параметров самой системы, которые характеризуют ее физическое состояние, например температуры. Такие неравновесные состояния системы, являясь неустойчивыми, согласно законам термодинамики будут стремиться к более устойчивым состояниям в результате флуктуативного образования зародышей новых фаз. Например, всем хорошо известно, как кристаллизуется жидкость при понижении температуры, а множество кристаллических форм делает физику кристаллов обширной и интенсивно развивающейся областью современной физики. При таких фазовых переходах, которые называются переходами первого рода, удельные энтропии и объемы фаз меняются скачкообразно. Это означает, что в результате этих переходов происходит поглощение или выделение тепла.

Существуют и другие типы фазовых переходов — фазовые переходы второго рода, в результате которых происходит изменение свойств симметрии в самой системе. К их числу относятся, например, перестройка, т. е. изменение симметрии, кристаллической решетки при изменении температуры, переход из парамагнитного состояния в ферромагнитное. возникнове-

ние ферромагнитного состояния при понижении температуры обусловлено тем, что при высоких температурах атомные магнитные моменты (спины) образуют хаотическую систему и их суммарный магнитный момент равен нулю. Поэтому при высоких температурах макроскопическая намагниченность в такой системе отсутствует. При понижении температуры магнитные моменты атомов выстраиваются в упорядоченную систему с параллельными, одинаково направленными магнитными моментами. Это означает, что парамагнитное состояние переходит в ферромагнитное, которое характеризуется определенной величиной намагниченности.

К числу подобных фазовых переходов относится возникновение в металлах при низких температурах сверхпроводимости, которая связана со спариванием электронов и обусловлена эффектами упорядочения в электронной подсистеме. Все эти явления характеризуются тем, что состояния систем меняются непрерывным образом, а симметрия в точке перехода меняется скачкообразно. Поэтому при прохождении через точку фазового перехода такие термодинамические функции, характеризующие состояние системы, как энергия, энтропия, остаются непрерывными. В результате этого при фазовых переходах второго рода, в отличие от фазовых переходов первого рода, не происходит выделения или поглощения тепла.

СИСТЕМЫ, ДАЛЕКИЕ ОТ РАВНОВЕСИЯ

Гораздо более широкий круг явлений можно наблюдать в существенно неравновесных системах, в которых, в отличие от замкнутых систем, неравновесность задается не начальными условиями, а поддерживается на протяжении всего процесса. Неравновесность в таких системах может быть связана с неоднородностью распределения температуры и состава вещества по объему, с потоками вещества внутри системы и с более сложными типами неравновесности, обусловленными распространением электромагнитных волн, протеканием электрического тока и т. д.

Системы, находящиеся вдали от термодинамического равновесия, могут обмениваться с окружающей средой не только энергией, но и массой вещества. Такие системы, в отличие от замкнутых, называют открытыми. Энергия в них может рассеиваться и необратимым образом

переходить в другие виды энергии, например в энергию колебательного или теплового движения атомов. Поэтому иногда такие системы называют диссипативными.

В настоящее время известно большое число неравновесных физических процессов, в которых возникают эффекты самоорганизации, приводящие к образованию структур, упорядоченных в пространстве и во времени.

Процессы самоорганизации в таких системах происходят при участии большого числа взаимодействующих элементов благодаря проявлению их совместного, кооперативного взаимодействия. Именно эта особенность самоорганизующихся явлений и привела к единому термину — синергетика. Синергетика пытается найти общие методы для описания того, как возникают и развиваются упорядоченные структуры в открытых системах, находящихся вдали от равновесия.

Класс процессов и явлений, которые охватывает синергетика, достаточно широк. Сюда относятся физические, химические, биологические и другие системы. В настоящей статье будут затронуты явления самоорганизации, которые происходят лишь в физических неравновесных системах.

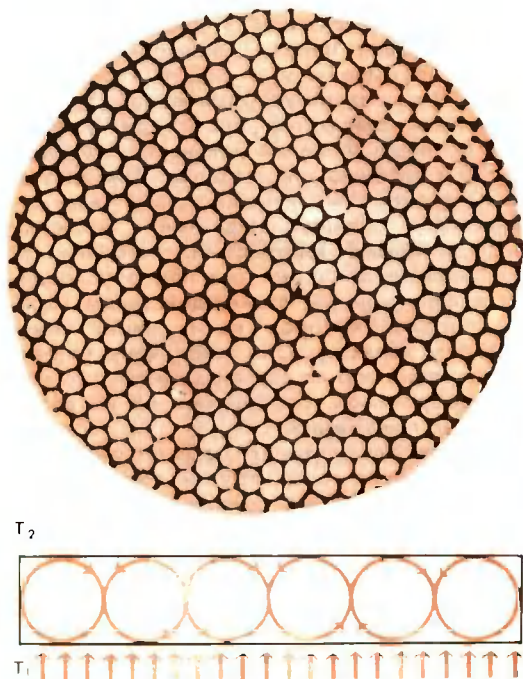
ПОЯВЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ УПОРЯДОЧЕННЫХ СТРУКТУР В НЕРАВНОВЕСНЫХ СИСТЕМАХ

Простейшее из таких явлений было обнаружено Г. Бенаром в 1900 г. При нагревании снизу слоя жидкости он увидел, что, начиная с некоторой величины градиента температуры, в ней образуется удивительная упорядоченная структура, которая имеет вид либо цилиндрических, либо правильных шестиугольных ячеек. Это явление наблюдается очень просто. Нужно налить в плоскую емкость (например, в сквородку) слой минерального масла толщиной примерно 0,5 см, а для того чтобы хорошо были видны ячейки, добавить в масло мельчайшие алюминиевые опилки. Нагревание этой системы на плитке приведет к образованию ячеек Бенара.

Суть этого явления состоит в следующем. При малых градиентах температуры, ниже некоторого определенного значения, подводимое снизу тепло за счет обычной теплопроводности будет распространяться вверх, в область более низких температур. Подобный перенос не вызовет движения жидкости. Однако если увеличить градиент температуры, в жид-

кости начнется конвекция: нагретая жидкость будет подниматься вверх, а холодная опускаться вниз. Распределение этих двух противоположно движущихся потоков жидкости оказывается самоорганизованным. Именно оно и создает структуру в виде ячеек Бенара. Как правило, в центре каждой шестиугольной ячейки жидкость поднимается вверх, а по краям ее опускается вниз.

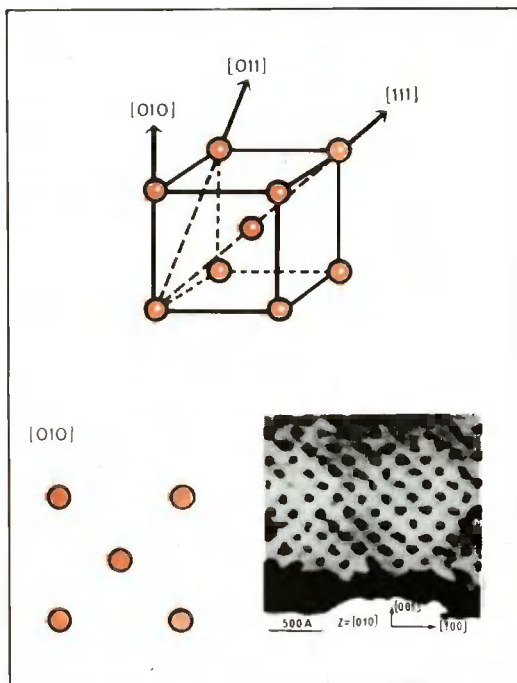
Процесс спонтанного образования такой структуры при конвекции происхо-



Упорядоченная структура гексагональных конвекционных ячеек Бенара, возникающая в слое жидкости при нагревании его снизу ($T_1 > T_2$). Отвод тепла от нижних слоев жидкости осуществляется не вследствие теплопроводности, а происходит благодаря образованию направленных потоков жидкости, которые поднимают нагретую жидкость вверх и опускают холодную вниз.

дит благодаря образованию упорядоченных потоков жидкости в системе и поэтому является сугубо неравновесным процессом. Вместе с тем этот процесс напоминает спонтанное возникновение новой симметрии при фазовом переходе второго рода, например сверхпроводимости в металлах.

Аналогию эту легко проследить, построив зависимость числа Нуссельта (отношения полного теплового потока к части теплового потока, обусловленного только теплопроводностью) от числа Рэлея, характеризующего физические свойства жидкости и пропорционального градиенту температуры. Началу появления упорядоченного конвективного течения жидкости соответствует резкий излом на этой зависимости, который аналогичен излому термодинамических функций при фазовом переходе

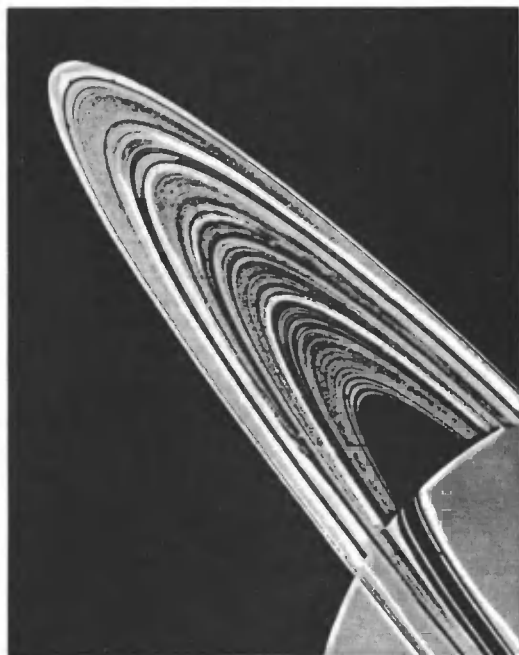


Электронно-микроскопическая фотография решетки вакансионных пор, образующейся при облучении молибдена ионами азота с энергией 2 МэВ при температуре 950 °С. Решетка вакансионных пор имеет объемноцентрированную структуру, совпадающую с исходной микроструктурой молибдена. Все поры в решетке имеют практически одинаковый размер, составляющий 2 нм; период решетки — 22 ± 1 нм.

второго рода. Налицо сходство весьма далеких по своей природе явлений.

Другим интересным структурным образованием, которое возникает в существенно неравновесных условиях, является так называемая «решетка вакансионных пор». Это явление было эксперимен-

тально обнаружено Дж. Эвансом в 1970 г. при исследовании микроструктуры металлов (в частности, молибдена), облученных ионами азота с энергией 2 МэВ. Известно, что облучение металлов быстрыми частицами (нейтронами, легкими и тяжелыми ионами и т. д.) приводит к образованию в кристаллической решетке точечных дефектов — вакансий и межузельных атомов. Эти точечные дефекты при повышенных температурах достаточно подвижны и, сталкиваясь друг с другом и



Кольца Сатурна. Фото автоматической станции «Вояджер-1», 1980 г. Структура напоминает кольца роста на дереве. На снимке различаются более 90 узких колец. (Подробнее см.: Бурба Г. А. «Вояджер-1» в мире Сатурна.— Природа, 1981, № 7, с. 92.)

между собой, образуют более сложные «кластеры дефектов» в виде сферических вакансионных пор и плоских дислокационных петель. Обычно такие кластеры образуют хаотическую, пространственно неоднородную систему. Однако ряд экспериментов показал, что при определенных условиях облучения кластеры дефектов, в частности вакансионные поры,

могут выстраиваться упорядоченным образом в виде правильных «сверхрешеток». В такой решетке все поры имеют одинаковый размер, в десятки раз превышающий межатомные расстояния исходной кристаллической решетки. Период же решетки вакансионных пор составляет сотни межатомных расстояний. Интересно, что тип симметрии решетки совпадает при этом с кристаллографическим типом решетки металла. Например, в объемноцентрированных кристаллических решетках возникает объемноцентрированная решетка вакансионных пор. В настоящее время решетки пор уже обнаружены в таких металлах, как молибден, никель, алюминий, ниобий, тантал, вольфрам и в сплаве $\text{Mo}_{0,95}\text{Ti}_{0,05}$.

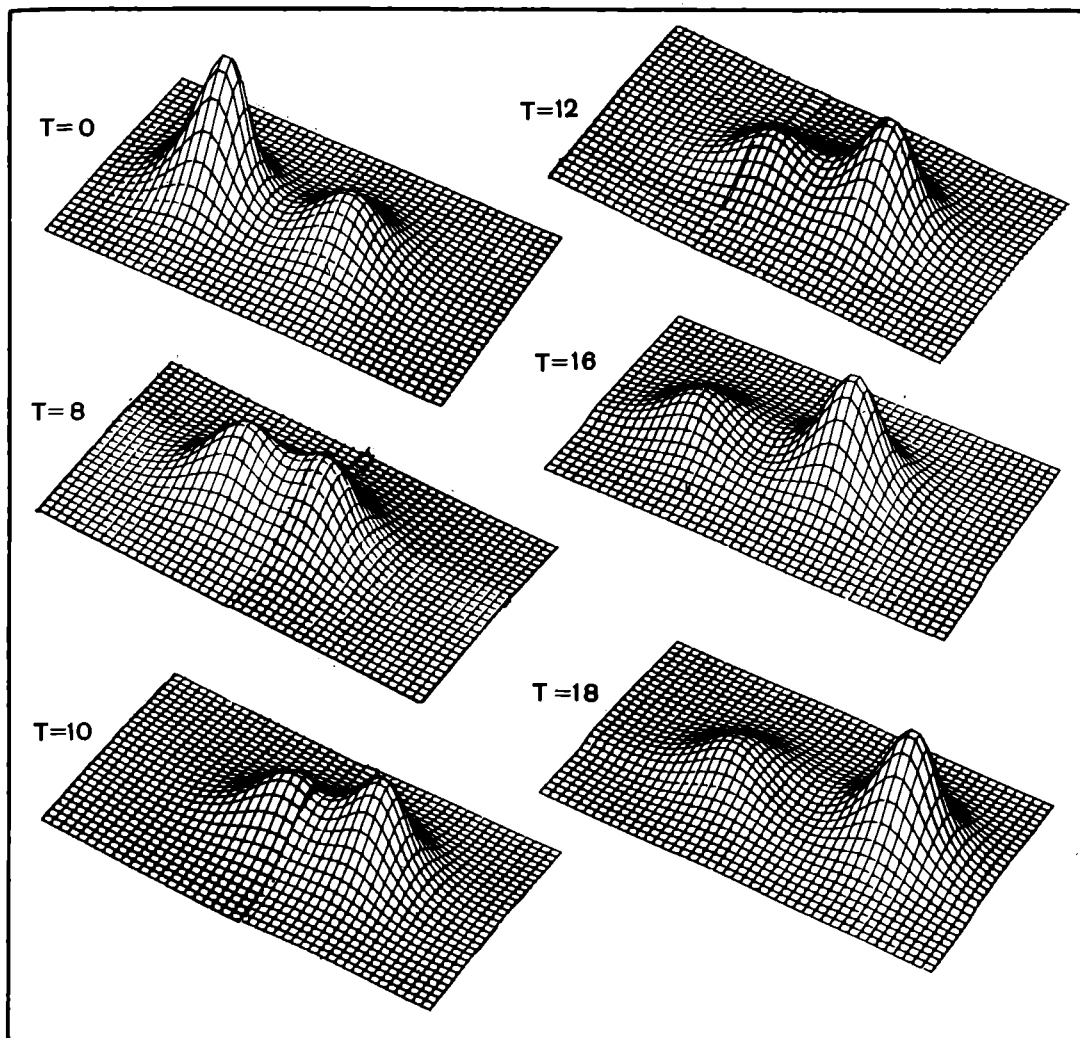
Образование упорядоченной структуры вакансионных пор происходит уже на стадии возникновения вакансионных кластеров в облучаемом металле. Она вызвана нелинейным динамическим взаимодействием точечных дефектов с мелкими вакансионными кластерами. Устойчивость же решетки вакансионных пор обусловлена диффузионным взаимодействием между порами, которое носит чисто кинетический характер. Оно стабилизирует распределение пор по размерам и препятствует необратимому смещению их из своих узловых положений.

Еще один пример регулярной структуры из совершенно другой области природных явлений — кольца Сатурна. Эта поражающая нас система колец имеет масштабы $10\text{—}10^5$ км и образуется в неравновесной системе вращающегося вокруг планеты вещества за счет игры сил притяжения вещества к Сатурну и взаимодействия отдельных частиц вещества между собой.

СОЛИТОНЫ

Термин солитон появился в физике сравнительно недавно. Открыты же они были около 150 лет тому назад выдающимся английским инженером, изобретателем и кораблестроителем Дж. С. Расселом. Изучая возможности парового судоходства на канале Эдинбург — Глазго, он, благодаря своей исключительной наблюдательности, обнаружил волны, которые при движении сохраняют свою форму и могут «проходить» друг через друга без каких-либо изменений». Основные свойства этих волн (он и назвал их солитонами) были описаны Расселом в его «Докладе о волнах».

В настоящее время под солитонном



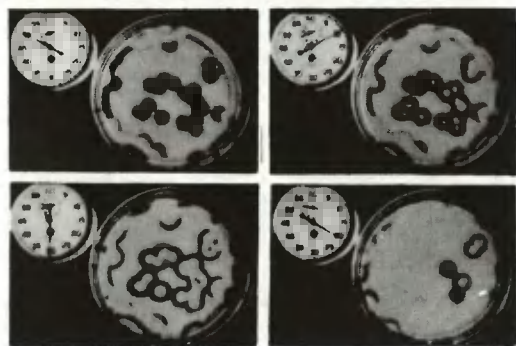
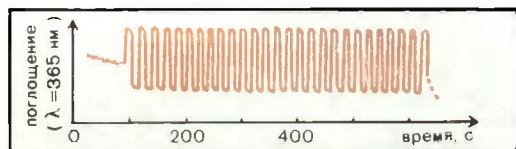
Прохождение друг через друга двух солитонов — атмосферных антициклонов. Решение уравнения, полученного В. И. Петянашвили (подробнее см.: Большое красное пятно Юпитера — солитон Россби! — Природа, 1981, № 10, с. 104) и моделированного в МГУ на ЭВМ А. П. Смирновым. На рисунках представлена картина взаимодействия солитонов через определенные промежутки времени T (относительные единицы). Это уравнение описывает распространение длинных низкочастотных волн в атмосфере вращающихся планет. Видно, что решение уравнения претерпевает некоторый эволюционный процесс во времени, прежде чем оно возвращается к своему начальному положению.

Понимается одиночная волна, имеющая вид импульса, которая распространяется в нелинейной среде с дисперсией. Солитоны обладают странными свойствами, которые делают их похожими в некотором отношении на частицы. Так, солитоны, как уже говорилось, подобно частицам сохраняют свою форму при столкновениях друг с другом. В ряде случаев солитоны в результате взаимодействия друг с другом могут периодически возвращаться к первоначальному состоянию, причем в промежутке они претерпевают сложную эволюцию.

Решения в виде одиночных волн возникают во многих задачах физики плазмы, квантовой теории поля, физики твердого тела, гидродинамики и т. д.

ВРЕМЕННЫЕ УПОРЯДОЧЕННЫЕ СТРУКТУРЫ

Удивительные эффекты самоорганизации, приводящие к образованию структур различной природы, упорядоченных во времени, возникают при протекании некоторых нелинейных химических реакций, в которых скорость образования продукта реакции нелинейным образом (например, квадратично) зависит от концентраций реагирующих компонентов. В первую



Кривая поглощения света при окислительно-восстановительной реакции $\text{Ce}^{3+} \rightleftharpoons \text{Ce}^{4+}$ в сильноокислой среде (3-нормальная H_2SO_4) в присутствии KBrO_3 (вверху). Период колебаний в реакции зависит от концентрации восстановителя и бромата калия и находится в интервале от 5 до 100 секунд. [Схематически, из статьи: Жаботинский А. М. — Биофизика, 1964, т. 9, с. 306.]

Спиральные волны, наблюдаемые в реакции Белоусова — Жаботинского, протекающей в чашке Петри (внизу).

очередь к ним относятся автокаталитические реакции, в которых продукты реакции являются ее катализаторами и ускоряют протекание самой реакции. Автокаталитической реакцией, которая приводит к образованию временной упорядоченной структуры, является, например, окислительно-восстановительная реакция Белоусова — Жаботинского $\text{Ce}^{3+} \rightleftharpoons \text{Ce}^{4+}$. В результате этой реакции возникает периодическая временная структура, для которой харак-

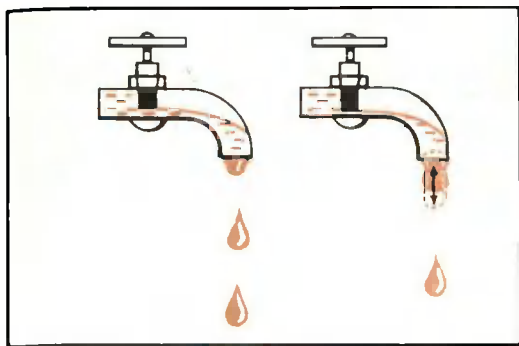
терно изменение цвета раствора от красного (избыток Ce^{3+}) к синему (избыток Ce^{4+}) и обратно. Колебания окраски происходят за время порядка минуты и длятся около часа. Постепенно реакция затухает вследствие истощения исходных реагентов, необходимых для протекания реакции.

В ряде случаев нелинейные химические реакции, идущие в тонком слое, например в чашке Петри, приводят к образованию пространственно-временной структуры, которая имеет вид вращающихся спиральных волн. Возникновение таких структур в нелинейных химических реакциях связано с локальными флуктуациями концентраций и диффузией реагентов.

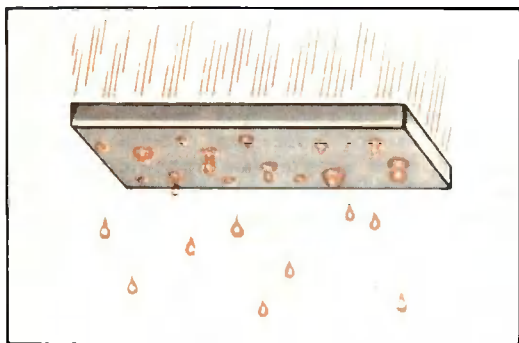
Другим примером образования временной упорядоченной структуры в динамических системах является процесс образования системы регулярно падающих капель из обычного водопроводного крана. Процесс отрыва капли от крана сопровождается образованием маленькой перемычки. Капля оторвется, когда ее вес превысит силу поверхностного натяжения, действующую вблизи перемычки. Для создания периодического процесса образования капель необходимо подобрать скорость истечения воды из крана такой, чтобы образующиеся капли падали одна за другой через небольшой интервал времени. Тогда каждая вновь образующаяся капля будет находиться в одинаковых условиях с предыдущей и влияние предыдущей капли на процесс падения следующей будет ничтожно малым. В результате этого возникает упорядоченный во времени процесс падения капель.

ПЕРЕХОД К ХАОСУ

Совершенно иная ситуация возникает в случае, когда скорость истечения воды из крана очень мала. При этом образование и отрыв капель происходит крайне медленно и распадается на два четко различимых колебательных процесса. Медленно набухающая капля начинает совершать колебательное движение вверх — вниз. Процесс отрыва капли от перемычки может произойти в любой момент, при любой амплитуде колебаний. Оставшаяся вместе с перемычкой часть капли силами поверхностного натяжения будет втянута с некоторой скоростью обратно в кран. Это вызывает появление второго колебательного процесса — колебания остатка капли в кране. При очень малой скорости истечения воды из крана колебания остатка



Модели образования упорядоченного (слева) и хаотического (справа) процессов при падении капль из водопроводного крана. При умеренной скорости истечения воды из крана (слева) набухающие капль воды падают одна за другой через короткие промежутки времени. При этом все образующиеся капль находятся в одинаковых условиях, и влияние предыдущей капль на процесс падения следующей ничтожно мал. В этом случае возникает периодический во времени процесс падения капль. В случае же достаточно малой скорости истечения воды (справа) процесс образования и отрыва капль имеет две четко выраженные стадии: колебание набухающей, растущей капль и колебание вытянутой в кран оставшейся части капль. При этом колебания остатка капль, имея достаточно продолжительность, влияют на процесс падения следующей выросшей капль. Подобное взаимодействие двух колебательных процессов приводит к «запутыванию» начальных условий в падении капль, что и вызовет хаотичный во времени процесс.



Модель образования пространственно-временного хаотического процесса при падении капль воды с гладкой смачиваемой поверхности плиты, находящейся под мелким дождем. Капль, образующиеся за счет флуктуаций на нижней поверхности плиты, «подпитываются» водяной пленкой на поверхности. При этом рост больших капль осуществляется благодаря перетеканию воды от близкорасположенных мелких зародившихся капль. Этот процесс тормозит рост зарождающихся капль вблизи большой, растущей капль. Его повторение во времени в связи с хаотичностью образования новых капль приводит к возникновению хаотического процесса и в пространстве и во времени.

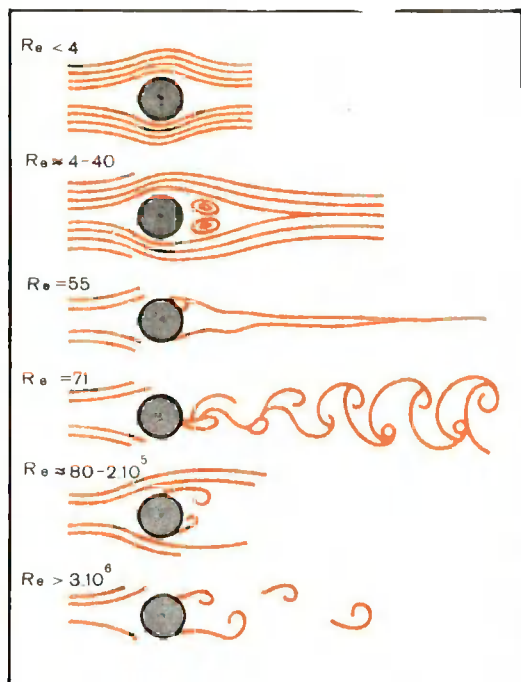
капль, являясь достаточно интенсивными и продолжительными, влияют на «условия падения» следующей выросшей капль. Подобное «переплетение» двух колебательных процессов с поочередной сменой одного другим приводит к возникновению нерегулярного процесса падающих капль.

Из этого примера видно, что нелинейная система из двух осцилляторов (колеблющихся капль), в которой начальные условия для одного колебательного процесса (осциллятора) зависят от динамики и продолжительности другого, способна привести к хаосу.

Интересно, что с помощью такой модели падающих капль можно понять возникновение «пространственно-временного хаоса», т. е. хаотического процесса, который возникает не только во времени, но и в пространстве. Проиллюстрируем это на следующем примере. Рассмотрим, как образуются капль на горизонтальной плите, находящейся под падающим мелким дождем. С нижней стороны плиты образуется сплошная оболочка воды, которая способна «подпитывать» водой каждую точку поверхности (плита предполагается идеально гладкой и горизонтальной). Хаотически возникающие капль будут в произвольные моменты времени падать вниз, образуя пространственно-временную хаотическую систему. Причем, независимо от того, будет ли каждый «точечный водяной кран» на поверхности периодическим или непериодическим во времени, картина образования и падения капль с поверхности плиты будет неупорядоченной ни в пространстве, ни во времени. Объяснить это можно следующим образом. Всякий раз, когда в результате флуктуаций в каком-либо месте поверхности будет образовываться капль, она будет расти благодаря перетеканию воды от других ближайших зародившихся капль. Рост выделенной капль за счет соседок приведет к подавлению роста последних. Подобный нелинейный процесс будет повторяться во времени в различных точках поверхности и создаст полностью запутанную картину падения капль, что и обусловит появление пространственно-временного хаоса.

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ И СТРАННЫЙ АТТРАКТОР

Одним из интересных явлений, которое вот уже около ста лет привлекает внимание исследователей, является турбулентное движение жидкости. Суть этого явления состоит в том, что в жидкости, движущейся



Возникновение турбулентности при обтекании цилиндра потоком движущейся жидкости. Образование турбулентности при ламинарном течении жидкости удобно характеризовать с помощью числа Рейнольдса Re , которое пропорционально скорости течения. Видно, что при малых числах Re существует устойчивое ламинарное обтекание жидкости ($Re \leq 4$). Затем в оторвавшемся пограничном слое образуются два симметричных вихря ($Re \approx 10$), а верхние и нижние потоки жидкости в оторвавшемся пограничном слое начинают усиленно колебаться ($Re \approx 55$). С увеличением скорости движения жидкости образующиеся волны опрокидываются, возникает дорожка вихрей ($Re \approx 70$), которая далее развивается, образуя турбулентные области в следе ($Re \approx 10^5$). Относительное число возбужденных степеней свободы при турбулентном движении быстро возрастает с числом Рейнольдса.

со скоростью, большей некоторой величины, возникает новый тип движения, который характеризуется крайне сложными и запутанными траекториями частиц. Турбулентное движение жидкости — хаотическое, но, в отличие от обычного хаотического движения, оно имеет ряд интересных особенностей. Прежде всего турбулентное движение возникает в существенно неравновесных условиях и характеризуется возбуждением достаточно большого числа степеней свободы по отношению к

числу степеней свободы ламинарного течения. При этом под числом степеней свободы в турбулентной жидкости следует понимать отношение объема системы к минимальному объему, в котором возникает турбулентное движение. Относительное число возбужденных степеней свободы при развитом турбулентном движении жидкости быстро возрастает с увеличением числа Рейнольдса Re (величина, пропорциональная скорости жидкости). Например, для числа Рейнольдса $Re \approx 10^6$ число степеней свободы составит величину порядка 10^9 .

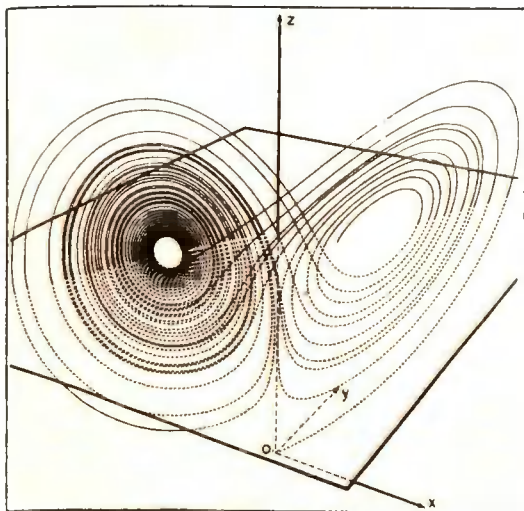
В физике турбулентности много нерешенных проблем. Так, в теории Ландау — Хопфа образование турбулентности при увеличении числа Рейнольдса объясняется развитием цепочки последовательных неустойчивостей, каждая из которых сопровождается появлением определенной новой частоты колебаний. В подобной модели турбулентное движение имеет квазипериодический характер и характеризуется дискретным спектром частот колебаний.

Однако экспериментально наблюдаемая развитая турбулентность обладает непрерывным, сплошным спектром колебаний, причем переход от дискретного спектра, который существует при малых числах Рейнольдса, к непрерывному происходит скачкообразно.

В последнее время существенный прогресс в понимании механизмов возникновения турбулентности внесло исследование поведения нелинейных динамических систем, обладающих малым числом степеней свободы. Оказалось, что решения уравнений, описывающих поведение этих систем, имеют довольно сложный вид и дают крайне запутанные траектории движения. Это указывает на то, что таким системам свойственна как бы своя внутренняя стохастичность, т. е. нерегулярность движения, с которой может быть связано появление турбулентного движения.

Наиболее изученным примером такой системы является модель конвекции Лоренца, которая описывает изменение во времени трех безразмерных амплитуд возмущений x , y , z некоторых параметров, характеризующих систему (x — амплитуда скорости; y , z — амплитуды температурных мод).

Обнаружено существование в такой системе странного движения в фазовом пространстве x , y , z . Каждая из траекторий этого движения с течением времени попадает в окрестность одной из двух неподвижных точек, описывает вокруг нее не-



Странный аттрактор Лоренца, полученный О. Лэн-фордом при численном решении безразмерных уравнений гидродинамики, описывающих конвективное течение жидкости: $\dot{x} = 10x + 10y$; $\dot{y} = 28x - y - xy$;

$$\dot{z} = -\frac{8}{3}x + y.$$

Видно, что траектории в фазовом пространстве как бы накручиваются друг на друга в окрестностях двух точек. Причем при своем движении траектория нерегулярным образом делает несколько оборотов вблизи одной точки, затем переходит в область другой точки и т. д. Подобное нерегулярное движение траектории в фазовом пространстве является одной из моделей хаоса.

сколько раскручивающихся спиралей и затем, удаляясь от нее на большое расстояние, попадает в окрестность другой неподвижной точки. После этого история повторяется, так что траектории системы Лоренца обращаются вокруг этих неподвижных точек, которые как бы притягивают к себе все траектории. Области, обладающие этими свойствами, были названы «странными аттракторами». Движение по траекториям в странном аттракторе носит сложный, запутанный характер. Модели Лоренца свойственна внутренняя стохастичность, и поэтому ее предлагают использовать в качестве простейшей модели турбулентного движения. Важно, что стохастичность в такой системе возникает даже при наличии небольшого числа степеней свободы (трех).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из этого небольшого числа рассмотренных явлений самоорганизации видно,

что многие из них в физике известны довольно давно. Синергетика обращает внимание на то, что эффекты упорядочения, которые возникают в динамических системах, обязаны своим появлением действию различных нелинейных процессов. Подобный взгляд на динамику поведения неравновесных структур безусловно полезен, поскольку он расширяет методы исследования динамических систем, различных по своей природе. Пока еще не существует единых методов исследования неравновесных процессов, приводящих к эффектам самоорганизации. Да и не они сейчас представляют главный интерес. Гораздо интереснее те явления, на изучение которых обращает внимание синергетика в настоящее время. Поиск явлений самоорганизации сам по себе составляет одну из целей, которые ставит перед собой новая наука. И число таких явлений, как показывают исследования последних лет, быстро растет. Синергетика еще только формируется как научное направление. Вместе с тем по проблеме самоорганизации проведено уже значительное число международных конференций (первая из них состоялась в 1972 г.), в которых участвуют ученые различных специальностей — физики, химики, биологи, социологи и др. В настоящее время выпущена монография и семнадцать сборников статей по синергетике, где рассматриваются процессы самоорганизации явлений, исследуемых этими областями науки. Последовательное изучение эффектов самоорганизации в различных динамических системах несомненно углубит и расширит наши знания об окружающем мире.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Николис Г., Пригожин И. САМООРГАНИЗАЦИЯ В НЕРАВНОВЕСНЫХ СИСТЕМАХ. М.: Мир, 1979.

Ханен Х. СИНЕРГЕТИКА. М.: Мир, 1980.

Гапонов-Грехов А. В., Рабинович М. И. ХАОТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА ПРОСТЫХ СИСТЕМ.— Природа, 1981, № 2, с. 54.

Синий Я. Г. СЛУЧАЙНОСТЬ НЕСЛУЧАЙНОГО.— Природа, 1981, № 3, с. 72.

100 лет фагоцитарной теории И. И. Мечникова

А. Е. Гайсинович

Сформулированная 100 лет назад великим русским ученым И. И. Мечниковым фагоцитарная теория иммунитета впервые дала экспериментально обоснованное толкование одного из механизмов невосприимчивости организма к инфекции. Мечников показал, что основной действующей силой в борьбе с инфекцией являются главным образом фагоцитирующие мононуклеары — моноциты крови и макрофаги тканей и органов — подвижные крупные клетки, способные к активному поглощению и уничтожению инфекционных микроорганизмов. Как и любое другое крупное обобщение, теоретическое построение Мечникова не избежало в свое время критики со стороны оппонентов. Но оно выдержало испытание временем и сейчас представляет собой единое, аргументированное и целостное учение о роли фагоцитирующих мононуклеаров в иммунной защите организма от чужеродности. Как известно, научное значение теории усиливается, если она постоянно обогащается новыми экспериментальными фактами и обобщениями, если она продолжает питать умы следующих поколений исследователей.

Сегодня очевидно, что иммунитет — это комплексная реакция на чужеродность, где фагоцитоз и синтез антител — два взаимосвязанных начала одного действия. Функция макрофагов заключается не только в непосредственном участии при развитии эффективной иммунной защиты, но и в подготовке самой иммунной системы к потенциальной встрече с чужеродным (в том числе инфекционным) материалом.

Итак, теоретический и практический фундамент, который создал Мечников, будет служить основой для дальнейшего развития общей теории иммунитета.

В статье А. Е. Гайсиновича впервые излагаются обстоятельства создания фагоцитарной теории И. И. Мечниковым и его борьба за ее признание.

История открытия И. И. Мечниковым явления фагоцитоза и разработки и обоснования им фагоцитарной теории воспаления и иммунитета — яркий пример подвига человеческого ума. Сложные и драматические перипетии этой истории, приведшие к окончательному утверждению его теории, завершаются лишь в наши дни, спустя 100 лет после ее создания. В связи с этим знаменательным юбилеем уместно напомнить об основных этапах этого замечательного открытия.

23 августа (4 сентября) 1883 г. на Общем собрании VII Съезда русских

естествоиспытателей и врачей в Одессе в докладе «О целебных силах организма» Илья Ильич Мечников впервые сформулировал и представил на широкое обсуждение фагоцитарную теорию воспаления.

В общедоступном изложении, которое придал своему докладу Мечников, он не упоминал о своих исследованиях явления внутриклеточного пищеварения у беспозвоночных животных, приведших его к формулировке фагоцитарной теории. В докладе нет даже терминов «фагоциты», «фагоцитоз».

Уже через 3 дня в следующем своем



Абба Евсеевич Гайсинович, доктор биологических наук, старший научный сотрудник-консультант Института биологии развития им. Н. К. Кольцова АН СССР. Генетик и историк биологии. Значительное место в его публикациях занимают проблемы истории генетики и эмбриологии. Неоднократно публиковал со своими комментариями «Избранные труды» (1950, 1956), «Страницы воспоминаний» (1946, 1959) и «Письма» (1974, 1978, 1980) И. И. Мечникова. Монографии: «К. С. Вольф и учение о развитии организмов (в связи с общей эволюцией научного мировоззрения)». М., 1961; «Зарождение генетики». М., 1967.

публичном выступлении на Объединенном заседании секций медицины и зоологии, названном «Сравнительнопатологическое исследование о воспалении», Мечников обосновал новый подход к явлениям воспаления, который покоился на его исследованиях внутриклеточного пищеварения у беспозвоночных животных¹.

Однако еще раньше Мечников изложил свои исследования, приведшие к обоснованию фагоцитарной теории, в статье на немецком языке, опубликованной в «Трудах Зоологического института Венского университета»². Интересно отметить, что термин «фагоциты» (пожирающие клетки), впервые появившийся в этой работе, ему помогли придумать молодые сотрудники этого института, заимствовав его из древнегреческого языка *φαγος* — пожиратель, *κύτος* — клетка). Эта статья, завершенная им 22 мая 1883 г., вышла из печати в конце этого года, а ее русский перевод появился в России лишь в начале 1884 г.³

Что же заставило зоолога Мечникова, уже завоевавшего широкую известность своими выдающимися сравнительноэмбриологическими исследованиями, взяться за решение вопросов, относящихся к новой для него области патологических процессов?

История этого смелого шага хорошо известна и рассказана самим Мечниковым в его воспоминаниях, опубликованных в 1908 г.

¹ Известен лишь реферат этого доклада, в котором впервые на русском языке появился новый термин «фагоциты», предложенный Мечниковым. (Протоколы VII Съезда русских естествоиспытателей и врачей. Одесса, 1883.)

² Arbeiten a.d. Zoolog. Inst. zu Wien, 1883, Bd. V.

³ Исследования о внутриклеточном пищеварении у беспозвоночных. — Русская медицина, 1884, № 3—6.

В мае 1882 г. 37-летний профессор Мечников покинул Новороссийский (Одесский) университет в знак протеста против действий реакционной профессуры и поддерживавших ее правительственных чиновников. С октября 1882 г. по апрель 1883 г. Мечников с семьей прожил в приморском городе Мессине на острове Сицилия (Италия). Это позволило Мечникову снова осуществить свое стремление продолжать сравнительноэмбриологические исследования над морскими беспозвоночными животными Средиземного моря.

Интересы Мечникова в то время были сосредоточены на «генеалогии» пищеварительных органов в филогении животного мира. По получившей распространение в эти годы «теории гастрей» Э. Геккеля (1874), общим предком всех многоклеточных животных считался двуслойный организм с кишечной полостью. Однако теория гастрей вызвала критику со стороны Мечникова. Изучая функцию пищеварения у низших представителей многоклеточных, у которых отсутствует пищеварительная полость, Мечников показал, что осуществляют эту функцию блуждающие, амебодные клетки паренхимы, заполняющей пространство между эктодермой и энтодермой. Такое внутриклеточное пищеварение Мечников описал у низших губок и турбеллярий (ресничных червей). Считая подобный способ пищеварения наиболее древним, предшествовавшим полостному, Мечников стал искать и в эмбриональном развитии ряда многоклеточных животных соответствующую личиночную стадию, названную им паренхимулой. Ему удалось ее обнаружить в развитии губок и некоторых кишечнopolостных (1879, 1880).

По убеждению Мечникова, дальнейшая разработка этих вопросов должна была привести к интересным результатам общего характера. И он не обманулся в своих ожиданиях. Именно в Мессине, в

конце 1882 или начале 1883 г., ему удалось сделать поразительное открытие⁴. Вот как описывает обстоятельства этого открытия сам Мечников: «В чудной обстановке Мессинского пролива, отдыхая от университетских передраг, я со страстью отдался работе. Однажды... [когда он наблюдал] за жизнью подвижных клеток у прозрачной личинки морской звезды, меня осенила новая мысль. Мне пришло в голову, что подобные клетки должны служить в организме для противодействия вредным деятелям. Чувствуя, что тут кроется нечто особенно интересное, я до того взволновался, что стал шагать по комнате и даже вышел на берег моря, чтобы собраться с мыслями. Я сказал себе, что если мое предположение справедливо, то зано-за, вставленная в тело личинки морской звезды, не имеющей ни сосудистой, ни нервной системы, должна в короткое время окружиться налезшими на нее подвижными клетками, подобно тому как это наблюдается у человека, занозившего себе палец. Сказано — сделано... Я сорвал несколько розовых шипов и тотчас же вставил их под кожу великолепных, прозрачных, как вода, личинок морской звезды. Я, разумеется, всю ночь волновался в ожидании результата и на другой день, рано утром, с радостью констатировал удачу опыта. Этот последний и составил основу «теории фагоцитов», разработке которой были посвящены последующие 25 лет моей жизни»⁵.

Такова примечательная история «случайного» опыта, который сразу породил «богатую перспективу исследований в области научной медицины, которая прежде была мне совершенно чужда», — вспоминает он и заключает: «Таким образом, в Мессине совершился перелом в моей научной жизни. До того зоолог, я сразу сделался патологом. Я попал на новую дорогу, которая сделалась содержанием моей последующей деятельности»⁶.

Мечников поставил своей целью доказать, что явления воспаления, вызываемые у высших позвоночных вторжением в них болезнетворных тел и сопровождающиеся скоплением лейкоцитов в местах по-

ражения и проникновения инородных тел, тождественны с процессами внутриклеточного пищеварения у низших беспозвоночных. Для Мечникова эволюционная связь этих функций у высших животных с более примитивными, но аналогичными функциями у низших животных была очевидна. Возникнув на одной из наиболее древних стадий эволюции многоклеточных, еще лишенных нервной и кровеносной систем, внутриклеточное пищеварение приобрело в дальнейшем характер защитной реакции против вторгающихся инородных и болезнетворных тел. С появлением нервной и кровеносной систем у высших позвоночных функция эта перешла к гомологичным подвижным клеткам мезодермального происхождения, к лейкоцитам.

Однако в медицине того времени господствовали совершенно иные представления. Как раз в эти годы получила признание теория воспаления немецкого патолога Ю. Конгейма (1867, 1873). По этой теории, выход лейкоцитов сквозь стенки капилляров вызывается повреждением их стенок, при котором кровяные тельца совершенно пассивно скапливаются в местах воспаления и, распадаясь, образуют гнойный экссудат. Таким образом, Конгейм рассматривал явления воспаления как чисто патологический процесс, связанный с повреждением кровеносных сосудов. «Без сосудов нет воспаления», — таково было лаконичное выражение теории Конгейма.

Уже в первой своей публикации 1883 г. Мечников выступает против теории Конгейма. «Генеалогически воспаление имеет гораздо более древнее происхождение, чем образование сосудов, и экссудация представляет сравнительно новое явление. С этой точки зрения, придется также признать более активное значение за бесцветными кровяными тельцами позвоночных животных»⁷.

Противоречило представлениям Мечникова также убеждение патологов, что наблюдавшиеся в лейкоцитах включения бактерий и других инородных тел происходят без их активного участия. Об этом его сразу предупредил великий патолог Р. Вирхов, по счастливой случайности оказавшийся в Мессине в то же время, что и Мечников. «Вирхов пожелал видеть мои опыты и приехал к нам... посмотреть на

⁴ Как указывает Мечников, это было через несколько дней после того, как «была устроена детям рождественская елка», т. е. после 25 декабря ст. ст. (6 января 1883 г. н. ст.).

⁵ Мечников И. И. Страницы воспоминаний. М., 1946, с. 74—75.

⁶ Там же, с. 75—76.

⁷ Мечников И. И. Исследования о внутриклеточном пищеварении у беспозвоночных. — В кн.: Избранные биологические произведения. М., 1950, с. 260.



ИЛЬЯ ИЛЬИЧ МЕЧНИКОВ
3(15). V 1845 — 2(15). VII 1916

Фото 1882 г.

них. Отзыв его был крайне благоприятным», — вспоминает Мечников⁸.

Вирхов также не разделял теории воспаления своего ученика Конгейма, пришедшей на смену его собственной теории. Поэтому неудивительно, что отрицание исключительной роли кровеносных сосудов в процессах воспаления не могло не заинтересовать Вирхова, о чем красноречиво свидетельствует обнаруженное мною высказывание самого Вирхова. В своем выступлении в Берлинском медицинском обществе 25 апреля 1883 г. Вирхов сказал: «Недавно я имел возможность, благодаря необычайно счастливому случаю, ознакомиться с высшей степени поразительными экспериментальными наблюдениями од-

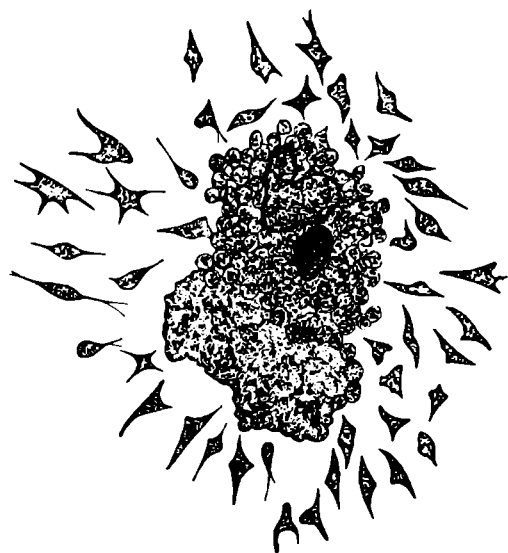
ного из наших известнейших зоологов профессора Мечникова, которого я встретил в Мессине... Он осуществил то, что мы до сих пор получали лишь на тканях высших животных — на целых животных, которых возможно целиком помещать под микроскоп, проследить патологические процессы во всем их протекании от начала и до конца; таким образом, оказалось возможным с полной очевидностью представить целый ряд явлений — раздражение, размножение клеток, их скопление в определенных местах, блуждание, образование гигантских клеток и т. д. — на личинках мелких иглокожих»⁹.

⁸ Мечников И. И. Страницы воспоминаний, с. 75.

⁹ Berliner klinische Wochenschrift, 1883, № 34, 20 August, S. 526. Это высказывание Вирхова было опубликовано мною в 1974 г. (Мечников И. И. Письма. М., 1974, с. 252).

Таким образом, информация Virхова была первым сообщением об открытии Мечникова. Сам же Мечников признается, что «только через 8 месяцев после начала своих исследований в этом направлении решился опубликовать свои результаты».

Вернувшись в июне 1883 г. в Россию, Мечников продолжил свои исследования явлений фагоцитоза уже на позвоночных. Раньше всего ему удалось наблюдать эти явления при атрофии хвоста и жабер у головастиков лягушки и жерлянки. Однако это были процессы, свойственные



Первый опыт Мечникова на личинке морской звезды, послуживший основой для создания фагоцитарной теории. Хорошо видно скопление фагоцитов вокруг занозы.

Рисунок И. И. Мечникова.

нормальному развитию. Лишь в конце своей творческой жизни Мечников привлек их для понимания явлений старения. На том же этапе деятельности Мечникову необходимо было доказать роль фагоцитоза в борьбе организма с болезнетворными началами. Первой моделью такой борьбы Мечников избрал грибковое заболевание мелких рачков дафний (1884). Он мог с уверенностью констатировать, что исход этого заболевания зависит от активности фагоцитарных клеток, поглощающих и переваривающих споры грибка. На этом основании Мечников отклонял утверждения Р. Коха (1876, 1878), что бактерии септицемии и сибирской язвы сами проникают в

кровенные тельца, там размножаются, вызывая гибель последних. Мечников доказал это в работе, посвященной сибирской язве (1884). Судьбу сибирезавенных бактерий Мечников прослеживает как на животных, подверженных этой инфекции (морские свинки, кролики), так и на животных, невосприимчивых к ней (лягушки, черепахи, ящерицы) или слабо восприимчивых (белые крысы). Результаты этих опытов также приводят Мечникова к заключению, что исход этой инфекции целиком определяется способностью лейкоцитов уничтожать бактерии.

Рассматривая борьбу бактерий и фагоцитов как частный случай всеобщей борьбы многоклеточных организмов с их паразитами — микробами, Мечников оценивает ее исход в свете эволюционного процесса, определяемого естественным отбором. «Воспаление, лейкоцитоз и повышение температуры составляют рука об руку идущие три момента, противодействующие бактериям в случае их нашествия на организм... Они установились при помощи естественного подбора, в силу пользы, оказываемой ими в борьбе с теми же деятелями»¹⁰. Но так как это борьба обоюдная, то «необходимо допустить различные стадии приспособления как со стороны фагоцитов, так и со стороны бактерий. В то время как первые могли выработать различные усовершенствования в деле вылавливания, поедания и переваривания бактерий, последние должны были также претерпеть ряд приспособительных изменений с целью большего противостояния фагоцитам»¹¹.

Стремясь придать фагоцитарной теории воспаления универсальный характер, Мечников готов толковать и процессы невосприимчивости — как приобретаемой в результате инфекции, так и естественной — лишь как следствие фагоцитоза. При этом Мечников опирается на свои опыты на млекопитающих, которым он вводил ослабленные по методу Пастера вакцины сибирской язвы. Он истолковывает факт наблюдавшегося им в этих опытах энергичного фагоцитоза как единственную причину выздоровления и последующей невосприимчивости к этой инфекции. «Исследования мои вполне подтверждают положение... по которому неуязвимость заключается не в свойствах жидкой части крови, а ее клеток... она сводится к

¹⁰ Мечников И. И. Акад. собр. соч., т. VI. М., 1950, с. 55—56.

¹¹ Там же, с. 59.

пищеварительной способности фагоцитов».¹²

В свете этих представлений Мечникова конфликт между фагоцитарной теорией и ставшей популярной как раз в те же годы гуморальной теорией иммунитета был неизбежен. Уже блестящие опыты Л. Пастера по иммунизации животных с помощью ослабленных вакцин бактерий куриной холеры (1880), сибирской язвы (1881), бешенства (1885) получили истолкование с точки зрения свойств крови и других жидких частей организма. Бактерицидные свойства крови впервые были доказаны опытами венгерского ученого Ж. Фодора (1886, 1887). Через год англичанин Дж. Наттолл (1888) показал, что в дефибринированной и лишенной кровяных телец крови различных млекопитающих внесенные *in vitro* бактерии сибирской язвы уже через час почти все погибают. Он установил также, что бактерицидные свойства крови исчезают, если ее нагреть в течение 30—45 мин до температуры 52—55°. Эти данные были подтверждены в следующем же году работами Г. Бухнера и Ф. Ниссена. Лишь в последующие годы полностью разъяснились эти особенности бактерицидных свойств крови, но уже до этого они противоречили фагоцитарной теории.

Между тем Мечников вынужден был на два года (1885—1886) прервать свои работы по фагоцитозу. Вернувшись в начале 1886 г. в Одессу, Мечников завершил свою монографию «Эмбриологические исследования над медузами» (1886), в которой он окончательно обосновал свою теорию эволюции пищеварительных органов и происхождения многоклеточных животных. Теперь гипотетическую форму первичных многоклеточных животных Мечников предложил называть фагоцителлой, «так как это название указывает на очень характерную особенность этой формы».

Лишь после этого он смог продолжить разработку фагоцитарной теории. В июне Мечников принял на себя обязанности заведующего Одесской бактериологической станцией, первой в России станции по борьбе с бешенством по методу предохранительных прививок, предложенному Пастером (1885). Мечников поставил перед ней более широкие задачи изучения всего, что касается бактериологии и ее практического применения.

Он считал важным «детально проследить целительный процесс» в инфекционных заболеваниях, «всегда оканчивающихся выздоровлением», чтобы доказать роль фагоцитоза в этом процессе. Этим требованиям, по его мнению, отвечали два инфекционных заболевания человека — рожистое воспаление и возвратный тиф. В работе «О борьбе клеток против рожистого стрептококка» (1887) Мечников впервые устанавливает относительную роль в инфекционных заболеваниях двух типов фагоцитарных клеток. Если при одних инфекциях роль фагоцитов исполняют лейкоциты (микрофаги), то при других инфекциях роль фагоцитирующих клеток берут на себя макрофаги, образующиеся из соединительнотканых клеток, становящихся подвижными. Как установил Мечников, эти два типа фагоцитарных клеток различаются не только величиной, но и строением своих ядер. Он был достаточно дальновиден, чтобы допустить также возможность существования помимо подвижных также неподвижных фагоцитирующих элементов.

Между тем первые публикации фагоцитарной теории (1884—1887) встретили резко критическое отношение многих авторитетных немецких патологов и бактериологов. В то время как Вирхов, в журнале которого публиковались эти работы, продолжал благосклонно поощрять Мечникова, такие крупные ученые, как Р. Кох, Э. Циглер, К. Вейгерт, К. Флюгге, П. Баумgarten и их сотрудники, выступили с опровержением фагоцитарной теории. Одни критики требовали доказательств, что бактерии, находящиеся в фагоцитах, действительно умерщвляются и перевариваются ими. Другие критики утверждали, что фагоциты поглощают уже мертвых бактерий, причина гибели которых иная. Наконец, против фагоцитарной теории выдвигались и общенаучные возражения. Так, Баумgarten (1884) объявил фагоцитарную теорию телеологической и не основанной на физико-химическом объяснении. Парирование Мечниковым этих выпадов, однако, не устранило дальнейших обвинений патологов в метафизичности и даже виталистичности фагоцитарной теории.

Большие возражения встретили дальнейшие работы Мечникова о роли фагоцитоза при возвратном тифе (1887) и при туберкулезе (1888), также выполненные еще в Одессе. Мечников утверждал, что спириллы возвратного тифа уничтожаются лейкоцитами в селезенке в период между приступами этой болезни. Что же касает-

¹² Там же, с. 48.

сы туберкулезных палочек, то уже работами Коха была доказана их гибель в гигантских амебоидных клетках организма. Однако, если Кох толковал эту гибель как естественный процесс отмирания бактерий, Мечников считал, что это настоящее переваривание бактерий в гигантских клетках легочной ткани.

Однако условия для научной работы Мечникова и руководимой им Бактериологической станции становились все более и более неблагоприятными. Частые нападки на деятельность станции со стороны одесских властей и врачебных кругов сильно затрудняли ее работу, а крупная неудача, связанная с массовым падежом овец, иммунизированных против сибирской язвы, вынудила Мечникова сложить с себя обязанности заведующего станцией и искать благоприятные условия для работы за рубежом. Получив приглашение Пастера в организуемый им институт, Мечников в конце октября 1888 г. навсегда покинул Россию, переехав в Париж.

В первые же годы своей работы в Пастеровском институте Мечников завершил свои блестящие сравнительнопатологические исследования процессов воспаления и связанных с ними явлений фагоцитоза, опубликовав «Лекции о сравнительной патологии воспаления» (1892). Однако Мечников хорошо сознавал, что им еще не завершено обоснование роли фагоцитоза в процессах иммунитета.

Между тем перед фагоцитарной теорией иммунитета как раз в эти годы возникли большие препятствия. В бактериологии все более и более укреплялось убеждение в гуморальной природе явлений иммунитета. В пользу этого свидетельствовало, в частности, наличие специфических ядов (токсинов), выделяемых в кровь бактериями и вызывающих основные симптомы конкретного инфекционного заболевания. Исход болезни определялся способностью организма нейтрализовать эти токсины. Было естественней искать эту способность в химических свойствах крови, а не клеток.

Блестящим подтверждением такого объяснения было открытие Э. Берингом и Ш. Китасато антитоксинов в (1890). Им удалось доказать, что сыворотка крови животных, иммунизированных против столбняка или дифтерии, вызывает иммунитет к этим заболеваниям и у неболевших животных. Это сенсационное открытие вскоре нашло применение в клинической практике лечения дифтерита и положило начало направлению с е р о т е р а п и и . Од-

нако природа антитоксинов оставалась неясной, и, в частности, Беринг отождествлял их с какими-то дезинфицирующими веществами или свойствами крови. Поэтому вряд ли оправданно распространенное в нашей литературе мнение, приписывающее Берингу открытие антител.

Это открытие правильнее считать заслугой П. Эрлиха, который в следующем, 1891 г., в блестящем эксперименте воспроизвел процесс образования антитоксинов путем введения мышам хорошо известных и точно дозированных растительных ядов рицина и абрина. Постепенно повышая дозу вводимых ядов, он добился «привыкания» мышей к ним и возникновения устойчивости к смертельным дозам. Так как это «привыкание» достигалось не сразу, а спустя ряд дней, было очевидно, что антитоксические свойства крови не всегда присущи ей, как думал Беринг, а вырабатываются постепенно. Что в крови действительно образуется специфический антитоксин — антирицин и антиабрин, Эрлих доказал, вводя интактным мышам сыворотку иммунизированных против этих ядов мышей. В результате такие мыши приобретали на некоторое время иммунитет к смертельным дозам этих ядов. Эрлих доказал строгую специфичность антитоксинов, эффективных лишь к тому токсину, против которого они образовались. Поэтому он и назвал их а н т и т о к с и н а м и .

Открытие антитоксинов очень взволновало Мечникова. Однако он еще не был готов к восприятию новых идей. К тому же, готовясь в то время к VII Международному конгрессу по гигиене и демографии, состоявшемуся в Лондоне в августе 1891 г., на котором была проведена дискуссия по проблемам иммунитета, Мечников совместно с Э. Ру проделал ряд экспериментов, подтверждающих справедливость фагоцитарной теории. Как известно, выступление Мечникова, который, по свидетельству Ру, «говорил с такой страстью, что всех воспламенил», закончилось триумфом в пользу фагоцитарной теории. Это укрепляло Мечникова в скептицизме в отношении учения об антитоксинах и основанной на нем серотерапии.

Удовлетворенный почти всеобщим признанием фагоцитарной теории, Мечников в 1892—1893 гг. переключает свои интересы на вопросы этиологии и эпидемиологии холеры, пандемия которой в эти годы достигла Европы.

Однако в 1894 г. на фагоцитарную теорию обрушилось новое опровержение.

Р. Пфейффер и В. И. Исаев обнаружили, что холерные вибрионы, впрыснутые в брюшину иммунизированной против них морской свинки, распадаются в экссудате, полностью лишенном лейкоцитов, т. е. без участия фагоцитоза.

Это не могло не вызвать у Мечникова острейшей реакции. «Под влиянием крайнего мозгового напряжения он проводил бессонные ночи, изыскивая постановку нового доказательного опыта, который объяснил бы «Пфейфферовский феномен»¹³.

И казалось, что это ему удалось. Мечников объяснил «феномен Пфейффера» как результат предшествующего распада фагоцитов (фаголиза) в экссудате брюшины. Он полагал, что внеклеточное разрушение вибрионов вызывается выделяющимися из распавшихся фагоцитов пищеварительными ферментами. В то время объяснение Мечникова выглядело вполне убедительно. Ныне же нам очевидно, что в экссудате иммунизированных против холерного вибриона морских свинок уже содержались антитела, которые и вызывали бактериолиз без участия фагоцитов и их ферментов. Однако это стало понятным лишь значительно позже. Мечников же мог и на сей раз считать себя снова победителем в борьбе за фагоцитарную теорию иммунитета. Он это с блеском обосновал на VIII Международном конгрессе по гигиене и демографии, который состоялся в сентябре 1894 г. в Будапеште.

Искусно используя как свои наблюдения, так и наблюдения своих сотрудников и даже данные противников фагоцитарной теории, Мечников доказывает, что во всех явлениях иммунитета решающую роль играют процессы фагоцитоза. Правда, он готов был допустить, что в редких случаях бактерии разрушаются вне фагоцитов, но веществами, ими выделяемыми. И подходя к явлениям иммунитета с излюбленных им эволюционных позиций, Мечников заявил: «С теоретической точки зрения можно допустить, что фагоциты и даже другие клетки с течением времени будут выделять свои бактерицидные вещества, и таким образом внутриклеточное разрушение микробов превратится в разрушение внеклеточное. Однако в действительности мы далеки от этого идеала»¹⁴.

Но на сей раз прогноз Мечникова не оправдался. И это случилось уже в следующем, 1895 г. Автором открытия, положившего начало современному пониманию явлений иммунитета, был молодой сотрудник Мечникова бельгиец Ж. Борде. Именно Борде Мечников поручил дальнейшее детальное исследование «феномена Пфейффера». В частности, необходимо было повторить опыты Мечникова, обнаружившего, что феномен Пфейффера не воспроизводится *in vitro*, если иммунизированную сыворотку нагреть до 56°; но его можно вновь вызвать, внося каплю экссудата от интактной морской свинки. Он объяснял это явление наличием в экссудате лейкоцитов. Однако Борде пришел к иному выводу, установив, что бактерицидные свойства инактивированной нагреванием иммунной сыворотки восстанавливает сама привнесенная интактная сыворотка. Следовательно, заключил Борде (1895), бактериолиз осуществляется лишь при участии двух совершенно различных веществ. Одно из них, термолабильное, содержится в любой интактной сыворотке крови. Другое, термостабильное, образуется в сыворотке лишь в результате процесса иммунизации в ответ на вторжение в организм бактерий.

Открытие Борде быстро получило подтверждение на самых разнообразных бактериях и даже на других чужеродных телах, вводимых в организм. Особенно перспективным оказалось введение элементов крови одного вида животного другому. Как показал тот же Борде (1898), если впрыснуть морской свинке небольшое количество крови кролика, то кровь свинки приобретает способность склеивать (агглютинировать) или растворять (гемолизировать) эритроциты кролика. Следовательно, подобно тому как бактериолиз вызывается антибактериальным веществом, образовавшимся в крови в ответ на проникновение в нее бактерий, точно так же чужеродные эритроциты вызывают образование специфических веществ — гемолизинов или агглютининов.

Новая область исследований стала энергично разрабатываться. Было показано, что не только различные бактерии и эритроциты, но и любые чужеродные тела белковой природы, вводимые в организм, вызывают образование в нем специфических веществ, склеивающих или растворяющих вторгшиеся тела. Относительно химической природы и места возникновения этих веществ строились всевозможные предположения. Особенно

¹³ Мечникова О. Н. Жизнь Ильи Ильича Мечникова. М., 1926, с. 128.

¹⁴ Мечников И. И. Акад. собр. соч., т. VII, с. 56.

плодотворны были гипотетические построения Эрлиха (1897 и позже). Верный своему убеждению, что приобретаемый организмом специфический иммунитет есть результат подлинного химического взаимодействия между вторгшимися в него чужеродными веществами и образующимися против них антителами, Эрлих сформулировал гипотезу атомных «боковых цепей» в сложных молекулах протоплазмы клеток. По Эрлиху, «боковые цепи» клеток различаются по своему атомному составу и в соответствии с этим они являются «рецепторами» лишь тех чужеродных веществ, которые способны вступать с ними в химическое взаимодействие. На основе своих блестящих исследований над дифтерийным токсином Эрлиху удалось доказать, что токсин может быть лишен своих токсических свойств, но при этом сохранить способность вступать во взаимодействие с вырабатываемым организмом специфическим антитоксином. Простыми и остроумными опытами Эрлих не только подтвердил открытие Борде, что гемолиз чужеродных эритроцитов осуществляется двумя веществами, но и установил последовательность их химической активности. Он показал, что в ответ на вторжение чужеродных эритроцитов раньше всего реагируют те «боковые цепи» протоплазмы клеток, группы атомов которых имеют химическое сродство с такими же группами атомов в эритроцитах, и поэтому они вызывают их агглютинацию. Далее вступает в действие второе, термолабильное вещество, названное им комплементом, постоянно присутствующее в нормальной крови, и, соединяясь с антителами, нейтрализовавшими эритроциты, вызывает их гемолиз (распад). Несмотря на гипотетичность гениальных построений Эрлиха, они получили почти всеобщее признание и во многом предвосхитили теорию взаимодействия антигенов и антител, лежащую в основе современной иммунологии.

Мечников встретил этот взрыв новых идей и подходов к процессам иммунитета, не укладывавшихся в его фагоцитарную теорию, с полным признанием их перспективности. Он никогда не исключал возможность существования других способов защиты организмов против микробов. Так, в том же 1895 г., когда ему удалось, как ему казалось, отклонить критику фагоцитарной теории в связи с обнаружением «феномена Пфейффера», он писал: «... я никогда не забывал отметить, что наряду с фагоцитозом могут существовать другие способы защиты, которые в

настоящее время еще ускользают от нас»¹⁵. Когда же, всего через несколько лет, «другие способы защиты» были с достоверностью обнаружены в работах Борде, Эрлиха и их продолжателей, Мечников признал: «Мы, очевидно, здесь имеем дело с новым путем исследований, обещающим привести к плодотворнейшим научным результатам»¹⁶.

Тем не менее Мечников решил выяснить, насколько универсальны в животном мире внеклеточные защитные реакции организмов против чужеродных тел и выделяемых ими ядов. Как обычно, он подошел к этому вопросу со сравнительно-филогенетической точки зрения. Он вводил бактериальные токсины самым различным животным и установил, что беспозвоночные неспособны образовать антитоксины, а среди позвоночных такая способность появляется лишь начиная с рептилий. Значит, «антитоксические свойства в животном царстве гораздо менее древнего происхождения, чем фагоцитарная реакция». Поэтому фагоцитоз является основным фактором защиты организмов против микробов, «все же другие средства... защиты... играют лишь второстепенную роль»¹⁷.

К этому времени учение о фагоцитозе не только заняло прочное место среди теорий иммунитета, но почти смолкли голоса его критиков. Так, на Международном гигиеническом конгрессе в Мадриде в 1898 г., излагая историю борьбы сторонников гуморальной и клеточной теорий иммунитета, Мечников мог с удовлетворением констатировать, что «реакция фагоцитов, как средство защиты организма от микробов, является общепризнанной».

Однако Мечникову этого было мало. Он всячески искал доказательства происхождения антитоксинов от фагоцитов. И в 1899 г. он ставит опыты для выделения из макрофагов тех ферментов, которые, по его предположению, играют роль в растворении чужеродных эритроцитов. В случае удачи он мог бы утверждать, что антитоксины тождественны этим ферментам. Но доказать это ему не удалось.

Натолкнувшись на трудности в доказательстве ферментативной природы антитоксических веществ, Мечников ищет обоснования своей теории с точки зре-

¹⁵ Там же, с. 80.

¹⁶ Мечников И. И. Невосприимчивость в инфекционных болезнях. СПб, 1903, с. 571.

¹⁷ Мечников И. И. Акад. собр. соч., т. VII, с. 169.

ния явлений резорбции (рассасывания) чужеродных клеток, обнаруженных в опытах Борде и ряда других исследователей. Он изучает резорбцию сперматозоидов и чужеродных эритроцитов, вводимых в брюшную полость морских свинок, констатируя, что в этих процессах, наряду с фагоцитозом, важную роль играют специфические антитела, вырабатываемые организмом и выделяемые в кровь.

Удобный повод выступить с новым обоснованием своей фагоцитарной теории иммунитета и согласованием ее с новейшими открытиями представился Мечникову в следующем году. В августе 1900 г. в Париже на XIII Международном медицинском конгрессе Мечников «дал последнее сражение своим противникам и, убежденный в прочности своих выводов»¹⁸, принял решение написать большую итоговую монографию «Невосприимчивость в инфекционных болезнях» (1901). В ней Мечников глубоко обосновал тот эволюционно-филогенетический подход к явлениям иммунитета, которым он неизменно руководствовался при разработке своей фагоцитарной теории. Проследивая формы борьбы и невосприимчивости организмов к вторгающимся чужеродным телам от простейших одноклеточных организмов, растений и беспозвоночных животных вплоть до высших позвоночных, и в том числе человека, Мечников по-прежнему утверждает, что явления иммунитета и процессы внутриклеточного пищеварения родственны. Интерпретируя в свете этих представлений все более и более распространенные идеи о сложных химических процессах образования антител и их взаимодействия с чужеродными телами, Мечников настаивал на фагоцитарном происхождении этих антител и их ферментативной природе. Он готов был допустить наличие в фагоцитах двух или трех различных ферментов, названных им цитазами, которые могут выделяться в кровь лишь при разрушении фагоцитов (фаголизе) или избыточном образовании («перепроизводстве») в них этих ферментов.

Мечников всячески старается доказать, что между фагоцитарной теорией иммунитета и новыми концепциями Эрлиха и Борде нет никакого противоречия. Он готов признать, что теория Эрлиха «только пытается проникнуть глубже в механизм явлений, происходящих между микробом и клеткою». Значит, «обе эти теории могут

только дополнять друг друга, но вовсе не противоречивы по существу»¹⁹.

На подобную же точку зрения встал Нобелевский комитет, присудивший в 1908 г. Нобелевскую премию Мечникову и Эрлиху совместно.

После публикации итоговой монографии Мечников переключает свои дальнейшие интересы на проблемы старости и смерти. К решению этих проблем при объяснении атрофических процессов, характерных для старения, он привлекает и свою фагоцитарную теорию. Он делает даже попытки создания особой антилейкоцитарной сыворотки, способной нейтрализовать разрушительную деятельность макрофагов, пожирающих клетки «благородных» тканей человека. Рассмотрение этих вопросов требует особого внимания и не может быть осуществлено в рамках настоящей статьи²⁰.

Дальнейшее развитие иммунологии не во всем подтвердило представления Мечникова. Бурное развитие учения об антителах и закономерностях взаимодействия антител с антигенами на многие годы после смерти Мечникова отвлекло интересы ученых от фагоцитарной теории и ее роли в понимании процессов иммунитета.

Лишь в последние 2—3 десятилетия сложные закономерности образования антител и роли в нем макрофагов получили свое объяснение. Изучение фагоцитоза и участвующих в нем гидролитических ферментов получило дальнейшее развитие в учении о лизосомах, впервые разработанным в 1955 г. бельгийским ученым К. де Дювом. Он установил наличие в фагоцитирующих клетках особых структур, содержащих многочисленные ферменты, осуществляющие переваривание поглощенных фагоцитами чужеродных тел. Если Мечников допускал наличие в фагоцитах лишь 2—3 фермента, то в настоящее время обнаружено свыше 50 различных ферментов, локализованных в лизосомах. Таким образом, в этом направлении фагоцитарная теория Мечникова получила подтверждение и дальнейшее развитие. Однако настойчивые попытки Мечникова отождествить антитела с пищеварительными ферментами признаны несостоятельными. Ныне установлено, что антитела — сложные белковые соединения,

¹⁸ Мечников И. И. Невосприимчивость в инфекционных болезнях, с. 315.

²⁰ См. об этом: Гай синов ич А. Е. Труды и дни И. И. Мечникова. — В кн.: Мечников И. И. Письма к О. Н. Мечниковой (1900—1914). М., 1980.

отличающиеся большим разнообразием строения, которые образуют целую группу иммуноглобулинов²¹. Окончательно доказано, что антитела образуются не в фагоцитах, а в лимфоцитах. Этот процесс многоступенчат, и в нем свою роль играют макрофаги, которые, поглощая чужеродные тела, попавшие в организм, и переваривая их, передают клеткам, участвующим в образовании антител, информацию об их химическом старении. В соответствии с этой информацией образуются специфические антитела, поступающие в кровь и способные нейтрализовать чужеродные тела²².

²¹ Сидорова Е. В. Гены иммуноглобулинов. — Природа, 1982, № 11, с. 34.

Таким образом, учение Мечникова о фагоцитозе по-прежнему занимает свое необходимое место среди теорий иммунитета, получив дальнейшее развитие в новейших представлениях клеточной иммунологии.

Мы преклоняемся перед гением И. И. Мечникова, пронесшего через всю свою творческую жизнь непоколебимую уверенность в истинности созданной им фагоцитарной теории, несмотря на все испытания и критику, которой она подвергалась на протяжении десятилетий. Эту уверенность он основывал на глубоких и бесспорных эволюционно-филогенетических предпосылках.

²² Галактионов В. Г. Всемогуший макрофаг. — Природа, 1982, № 9, с. 21.

Новый «Корпус Мечникова» в Институте Пастера в Париже.

А. Е. Гайсинович,
доктор биологических наук

Москва

Свыше четверти века творческой деятельности И. И. Мечникова связано с Институтом Пастера. Как известно, обстоятельства вынуждали Мечникова искать благоприятные условия для своей работы за рубежом. Он писал: «Сначала я посетил для этой цели ряд немецких лабораторий, но тотчас же убедился в том, что условия там для меня совершенно неподходящи».

Совершенно иной прием оказал Мечникову Л. Пастер, которому как раз в это время строился в Париже институт. Пастер сразу согласился предоставить Мечникову лабораторию в будущем институте, и к его открытию 14 ноября 1888 г. Мечников пересел

лился уже в Париж. «Вскоре у меня появились ученики, вследствие чего мне было отведено целое большое отделение института; я был привлечен к чтению лекций, и вот в течение двадцати и одного года я продолжаю занятия, о которых я мечтал всю жизнь», — писал Мечников в 1909 г.²

В лаборатории Мечникова в Париже специализировались и работали многие выдающиеся ученые ряда стран; однако больше всего среди них было русских, временно или навсегда приехавших в Париж для работы у Мечникова.

С 1904 г. и до конца своей жизни Мечников был заместителем директора Института Пастера. В мае 1915 г. Институт торжественно отметил 70-летие Мечникова. С яркой характеристикой его деятельности выступил директор Института, друг и соавтор ряда работ Мечникова, Эмиль Ру.

Урна с прахом И. И. Мечникова хранится в библиотеке-музее Института Пастера. В июне этого года в Институте Пастера была устроена специальная выставка, посвященная 100-летию фагоцитарной теории И. И. Мечникова.

В Институте свято чтут память нашего великого ученого.

Ярким доказательством признания заслуг Мечникова явилось присвоение его имени новому корпусу Института, возведенному в течение 1978—1981 гг. и предназначенному специально для разработки современных проблем иммунологии.

Торжественное открытие нового здания состоялось 24 ноября 1981 г., и в нем принял участие президент Французской Республики Ф. Миттеран, выступивший с речью. Была издана специальная плакетта (памятка) этого события, в которой помещен большой портрет Мечникова, сообщаются краткие биографические данные и его заслуги в ряду достижений Института Пастера в области развития иммунологии.

Новый корпус Института Пастера представляет собой внушительное здание, с 7 надземными и 5 подземными этажами общей площадью 12,5 тыс. м².

В новом корпусе Института Пастера представлены все основные направления современной иммунологии, как на клеточном, так и молекулярном уровнях. Руководителями 15 лабораторий приглашены выдающиеся ученые многих стран мира.

¹ Мечников И. И. Рассказ о том, как и почему я поселился за границей. — В кн.: Страницы воспоминаний. М., 1946, с. 85.

² Там же, с. 86.

Природный газ в угольных пластах

А. И. Кравцов, Г. И. Войтов



Алексей Иванович Кравцов (1910—1982), доктор геолого-минералогических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РСФСР. Много лет заведовал кафедрой литологии и геологии месторождений осадочных полезных ископаемых Московского геолого-разведочного института им. С. Орджоникидзе. Крупный специалист в области геологии и геохимии природных газов, лауреат премии им. А. А. Скочинского АН СССР, автор многочисленных печатных работ, в том числе ряда монографий: Влияние геологических условий на газоносность угольных месторождений. М., 1950; Основы геологии горючих ископаемых. М., 1966; Горючие полезные ископаемые, их поиски и разведка. М., 1970; Газоносность каменноугольных бассейнов СССР (в соавторстве с Г. Д. Лидиным и др.). М., 1980.



Георгий Иванович Войтов, доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института физики Земли им. О. Ю. Шмидта АН СССР. Занимается проблемами дегазации Земли. Автор многих научных и популярных работ по этим проблемам, в том числе монографии: Метан (в соавторстве с Ф. А. Алексеевым и др.). М., 1978. Неоднократно печатался в «Природе».

Хорошо известно, какое важное значение в наше время имеют проблемы учета и бережного использования энергетического сырья — угля, нефти и природных газов. В этой связи нам хотелось бы обратить внимание на один практически не освоенный источник углеводородов, занимающий заметное место в их балансе на Земле, — это природные газы, заключенные (сорбированные) в органическом веществе угольных пластов, в большинстве своем безвозвратно теряемые в процессе разработки каменноугольных месторождений.

Между тем, по оценкам геологов В. И. Ермакова и К. И. Багринцевой, сделанным для территории нашей страны в 60-е

годы, при преобразовании в геологическое время (метаморфизме) органического вещества угольных пластов должно было образоваться порядка $35 \cdot 10^{13}$ м³ метана. Это более чем в 5 раз больше общих запасов природного газа в СССР, подсчитанных в те же годы¹.

ОБРАЗОВАНИЕ УГЛЕРОДИСТЫХ ГАЗОВ В ПЛАСТАХ

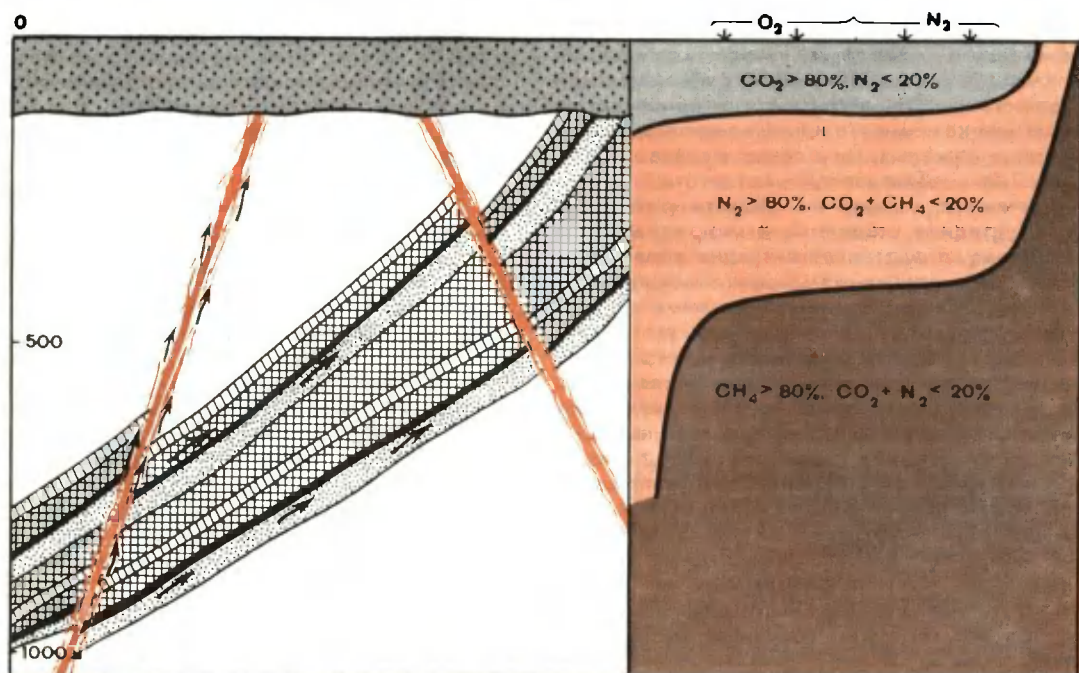
Сам по себе механизм отделения газообразных продуктов при углефикации органического вещества угольных пластов

¹ Багринцева К. И., Ермаков В. И. — Геол. нефти и газа, 1968, № 6, с. 7.

многих каменноугольных месторождений Советского Союза, опровергают эти положения. По-видимому, это может означать, что процесс метаморфизма органического вещества угольных пластов идет по другим схемам или же газы угольных пластов в основной своей массе поступили в них из внешнего источника, возможно, из подстилающих пласты осадочных пород или даже с больших глубин, заместив газы собственно угольных пластов. В таком случае следует допустить чрезвычайно быстрый сток углеводородов, образовав-

шихся при метаморфизме органического вещества угольных пластов, в область разгрузки — атмосферу Земли, где они разгрузились в фотохимических реакциях.

Действительно, если принять во внимание существующую плотность потока метана с поверхности Земли (в среднем $2 \cdot 10^{11}$ молекул метана с 1 см^2 в секунду) и предположить (а это вполне допустимо), что она слабо менялась на протяжении по крайней мере фанерозоя (примерно 570 млн последних лет), то, например, для условий Донецкого бассейна та-



Схематический разрез угольного месторождения (слева) и схема вертикальной газовой зональности (справа). Изменение химического состава природных газов с глубиной обусловлено встречным движением природных газов; сверху вниз перемещаются газы атмосферы Земли, в основном кислород (O_2) и азот (N_2), снизу вверх — газы метаморфического и глубинного (подкорového) происхождения. Особенно четко такая зональность проявляется в наиболее пронизываемых угольных пластах, которые являются также газогенерирующим субстратом. Основное количество углеводородов, которые могут иметь промышленный интерес, находится в зоне газов метаморфического и глубинного происхождения.

- Песчано-глинистые отложения
- Карбонаты
- Аргиллиты
- Песчаники
- Угольные пласты
- Проведящие разломы
- Экранирующие разломы

кой поток метана мог бы дать пласт каменного угля толщиной порядка 120 м или даже более. Причем органическое вещество угля должно быть доведено до стадии, отвечающей антрацитам самых высоких марок метаморфизма, а весь выделившийся в этом процессе метан должен покинуть пласт. Однако такой суммарной мощности угля в пределах Донецкого бассейна нет. Но вернемся к химическому составу углеводородных газов в угольных пластах.

В наиболее изученном угольном бассейне страны — Донецком, где выполнено основное число определений химического состава углеводородных газов современными методами газового анализа, указанной выше тесной связи между степенью метаморфизма органического вещества каменноугольных пластов и количеством тяжелых гомологов метана в общем не наблюдается, хотя они чаще встречаются в газах из области развития углей средних стадий метаморфизма. Повидимому, аналогичная ситуация характерна и для других каменноугольных бассейнов страны. Более того, химический состав углеводородных газов в угольных пластах часто оказывается диаметрально противоположным тому, который следовало бы ожидать исходя из существующих теорий. Часто углеводородные газы каменных углей средних стадий метаморфизма, как это имеет место, например, в пределах полей Южно-Донбасских шахт, почти не содержат гомологов метана, в то время как в составе углеводородных газов предельно метаморфизованных антрацитов из Должанско-Садкинской впадины, где, по той же гипотезе, их никак не может быть, этан и более тяжелые гомологи метана — вполне обычное явление.

Наблюдается определенная пестрота состава углеводородных газов в пределах одного и того же пласта, имеющего одну и ту же стадию метаморфизма каменноугольной массы, даже в пределах очень небольших расстояний — нескольких километров. Например, в пределах поля шахты Суходольская-Восточная в Краснодонском районе Донбасса, горные выработки которой вскрывают жирные угли в пределах одного блока, углеводородные газы представлены почти чистым метаном, в то время как углеводородные газы другого блока шахтного поля, отстоящего от первого всего на 3—4 км, в значительной степени представлены этаном, пропаном и более тяжелыми гомологами метана. Эти участки в тектоническом отношении су-

щественно отличаются друг от друга: первый — газоносен и подвержен внезапным выбросам угля и газа, что прямо указывает на то, что он тектонически сжат, второй — тектонически спокоен. Аналогичные аномалии химического состава газов имеют место в других частях Донецкого бассейна, например в Шахтерском, Донецко-Макеевском и др. районах. Создается впечатление, что в областях развития современных тектонических напряжений, где часты внезапные выбросы угля, газа и пород в горные выработки, вне зависимости от стадии метаморфизма органического вещества каменноугольных пластов существует интенсивный подток углеводородов почти чисто метанового состава из подстилающих осадочных отложений или даже более глубоких горизонтов. Углеводороды в этих зонах существенно иные не только по химическому, но и по изотопному составу углерода.

ЧТО СЛЕДУЕТ ИЗ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА УГЛЕРОДА?

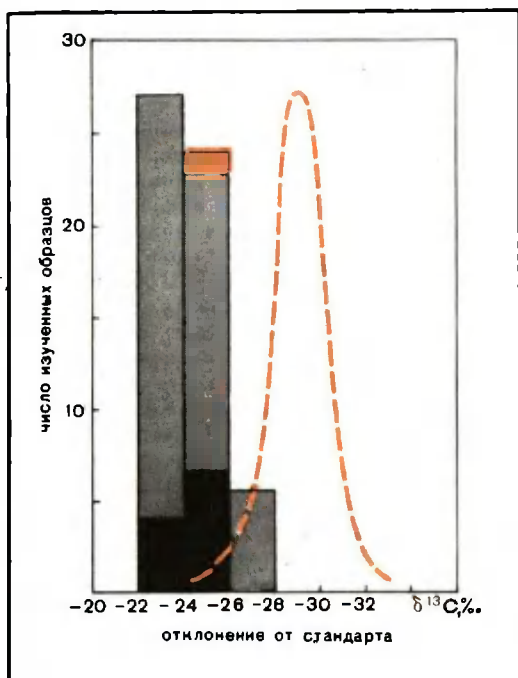
Более 30 лет назад известный американский специалист в области геохимии стабильных изотопов Дж. Крейг отметил поразительное однообразие изотопного состава углерода ископаемых углей. С тех пор было получено, в том числе нами, немало новых определений этого важного параметра, и все они укладываются в чрезвычайно узкий интервал величин $\delta^{13}\text{C}$, близкий к интервалу величин погрешностей стандартного масс-спектрометрического анализа. И это несмотря на то, что изотопными исследованиями был охвачен практически весь спектр ископаемых углей (от бурых до антрацитов самых высоких ступеней метаморфизма) многих каменноугольных бассейнов и месторождений СССР.

Постоянство изотопного состава углерода ископаемых углей кажется странным, поскольку, исходя из уже упомянутой теории процесса преобразования органического вещества угольных пластов, а также значений изотопного состава углерода метана и углекислового газа, следовало ожидать достаточно сильного обогащения углерода остаточной угольной массы легким изотопом ^{12}C . Углерод же метана, отделяющийся от каменных углей высоких стадий метаморфизма, должен быть более богат изотопом ^{13}C по сравнению с углеродом метана, отделяющегося от органического вещества угольного пласта на ранних этапах его метаморфизма.

В действительности ни того, ни другого не наблюдается. Углерод угольного вещества изотопно остается квазистабильным на всем интервале своего метаморфизма, а углерод метана, отобранного из пластов антрацитов, часто оказывается изотопно более легким (содержит больше ядер ^{12}C), чем углерод метана, отобранного из угольных пластов менее метаморфизованных.

Что это может означать?

По-видимому, с одной стороны, — это важный дополнительный аргумент в поль-



Распределение величины $\delta^{13}\text{C}$ углерода ископаемых углей Донецкого бассейна. Основная масса изучаемых углей, в том числе наиболее метаморфизованных — антрацитов, изотопно тяжелее углей начальной стадии метаморфизма — бурых, в то время как, исходя из известной схемы метаморфических изменений органического вещества угольных пластов, следовало ожидать обогащения углерода угля на конечной стадии его метаморфизма — стадии антрацитов — легким изотопом углерода ^{12}C примерно на 0,4—0,5‰ величины $\delta^{13}\text{C}$. Область, в которой по расчетам должны располагаться значения $\delta^{13}\text{C}$, очерчена пунктирной линией.

- Бурый уголь
- Каменный уголь
- Антрацит

зу того, чтобы считать преобладающий компонент анализированных углеводородных газов угольных пластов — CH_4 — генетически чуждым в основной своей массе органическому веществу тех угольных пластов, где отбирались образцы газов.

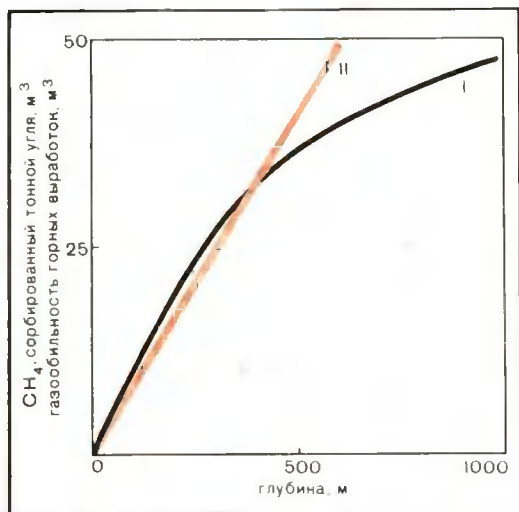
О поступлении метана в угольные пласты из внешнего источника (подстилающих отложений) свидетельствуют и некоторые другие аргументы. Так, в пределах относительно небольших участков одного и того же угольного пласта наблюдается некоторая неоднородность изотопного состава углерода метана и углекислого газа, чего нельзя было ожидать, поскольку исходное органическое вещество изначально было гомогенно, накапливалось в одной бассейне. Особенно сильно неоднородность изотопного состава углерода указанных газов проявляется, когда в пределах изучаемого участка угольного пласта существуют тектонически перенапряженные (активные) зоны с характерными для них внезапными выбросами угля, породы и газа, явно выраженной неоднородностью насыщенности газами угля и пород и аномалиями химического состава углеводородных газов. В качестве примера снова сошлемся на поле шахты Суходольская-Восточная в Краснодарском районе Донецкого бассейна, где такие неоднородности проявляются особенно сильно.

Поступающие в горные выработки в виде струй из тектонически ослабленных зон, газы характеризуются не только иным химическим (общим и углеводородным) составом, но также иным изотопным составом углерода метана и углекислого газа по сравнению с газами, выделяющимися в атмосферу горных выработок из угля и пород в процессе проходки горных выработок и добычи угля. Чаще всего углерод углеводородов и углекислого газа в газах свободных струй несет избыток тяжелого изотопа углерода (^{13}C).

Зоны угольных пластов, в пределах которых происходят внезапные выбросы угля, пород и газов, чаще всего линейны (вытянуты) и приурочены к участкам, испытывающим современные тектонические нагрузки; они обычно пересыщены газами, содержание которых явно превышает сорбционную емкость угля. В газах таких зон часто содержится много гелия — газа, чуждого углю и, по-видимому, пришедшего по проницаемым зонам из внешнего источника — пород кристаллического основания, а возможно — из подкоровых глыбин.

НАРАСТАЕТ ЛИ ГАЗОНОСНОСТЬ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ С ГЛУБИНОЙ?

Природные газы в горных породах, в том числе в угольных пластах, обычно находятся в двух состояниях: в свободном, заполняя поровое пространство горных пород, и в сорбированном. Наиболее хорошо на поверхностях пород в сорбированном состоянии удерживаются молекулы полярных газов (а таких — большинство), в том числе все углеводородные. Свободное (и растворенное в воде) состояние газы



Соотношение между количеством сорбированного 1 т угля метана [газоносности каменноугольных пластов] — I и количеством газа, поступающим из шахты за сутки, рассчитанным на 1 т добываемого угля [газообильности горных выработок] — II. При снижении градиента газосорбительности каменноугольных пластов с глубиной газосорбительность горных выработок шахт в газоносных районах каменноугольных бассейнов линейно растет. Это означает, что с глубиной роль газов угленосных толщ в газовом балансе шахт становится решающей.

приобретают лишь тогда, когда полностью компенсируется сорбционная емкость горных пород, которая растет по мере роста содержания в породах органического вещества. Органическое вещество наравне с целолитами является одним из наиболее совершенных природных сорбентов, причем высокая сорбционная емкость каменного угля обусловлена также его пористой структурой, формирование которой в немалой

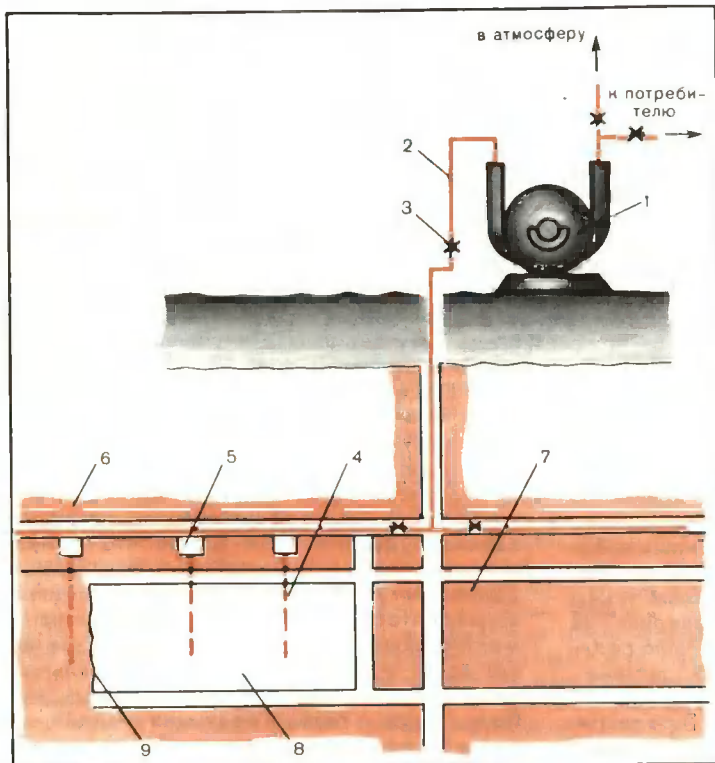
степени связано с процессами метаморфизма органического вещества каменноугольных пластов.

Было давно известно, что сорбционная емкость любого сорбента, в том числе и каменного угля, при постоянной температуре растет с повышением давления. Однако этот рост не беспределен. По мере заполнения поверхности матрицы сорбента мономолекулярным слоем сорбируемого газа скорость процесса сорбции снижается. В известных случаях сорбируемый газ может образовать на поверхности матрицы пород (а на матрице угля — как правило) монослой молекул, их своеобразное сгущение, т. е. образовать состояние газов, физически иное, нежели состояние сжатых газов. По-видимому, для ископаемых углей этот эффект характерен, причем с ростом давления (с глубиной залегания угольных пластов) количество сорбированного на угле газа вначале растет по линейному закону, а при давлении порядка 100 или несколько больше атмосфер (величина, соответствующая гидростатическому давлению на глубине около 1000—1100 м) рост насыщенности угля снижается. Это означает, что сорбционная емкость ископаемых углей на этой глубине практически полностью скомпенсирована, а дальнейший рост их газосорбительности может происходить только за счет увеличения давления газов, находящихся в поровом пространстве угля в свободном состоянии. Как показал советский геохимик И. Л. Этингер, этот рост невелик, поскольку поровая структура ископаемых углей при таких давлениях резко меняется (пористость под влиянием веса вышележащих толщ уменьшается) и предельная газосорбительность даже углей средних стадий метаморфизма стабилизируется на глубинах 1100—1200 м, достигая величины порядка 40—45 м³ метана на 1 т угля. Именно этой величиной газосорбительности ископаемых углей пользуются при расчете баланса природных газов в угольных пластах каменноугольных бассейнов на глубинах более 1000 м. Однако, видимо, это не совсем правильно.

Опыт разработки каменноугольных пластов на глубоких горизонтах, в первую очередь в газоносных районах Донецкого бассейна, где горные работы часто ведутся на глубинах 1000 м и более, показывает, что количество газов, поступающих в атмосферу горных выработок, с глубиной не стабилизируется, как следовало ожидать исходя из предположения, что весь газ сосредоточен в угольном пласте,

а линейно растет. По-видимому, это означает, что, начиная с указанных глубин, в угольных бассейнах в балансе природных газов, поступающих в горные выработки, и в первую очередь — углеводородов, начинают преобладать газы, находящиеся во вмещающих угольные пласты горных породах. Практика разработки каменноугольных пластов знает немало случаев внезапных выделений в шахты крупных масс природных газов из разуплотненных зон тектонических разломов и трещин или хорошо проницаемых коллекторов. Изотопно

также данных о верхней границе распространения метановых газов, можно оценить количество последних, фиксированных сорбционными силами на угле каменноугольных пластов. Эти оценки приводят к величинам порядка $12 \cdot 10^{13} \text{ м}^3$, что находится в хорошем соответствии с уже упоминавшимися ранее оценками В. И. Ермакова и К. И. Багринцевой, даже несмотря на то что нами не учтены газы, фиксированные на угле пластов нерабочей мощности, в которых в целом ряде случаев заключено угля даже больше, чем заклю-



Принципиальная схема установки для дегазации угольного пласта впереди очистного забоя. 1 — вакуумный насос, 2 — трубопровод, 3 — задвижка, 4 — сжижная дегазационная, 5 — камера для бурения дегазационной сжижной, 6 — угольный пласт, 7 — подготовительная выработка, 8 — выработанное пространство, 9 — забой очистной выработки.

и химически они отличаются от газов, выделяющихся из угольных пластов.

ЗАПАСЫ ГАЗОВ

Перейдем теперь к собственно оценкам запасов природных газов в каменноугольных бассейнах на глубинах до 2000 м.

Исходя из запасов ископаемых углей различной степени метаморфизма в основных каменноугольных бассейнах СССР³, а

чено его в пластах рабочей мощности. Следует также учитывать, что с глубиной в газовом балансе начинают превалировать газы угленосных толщ. Например, в отдельных районах Донецкого каменноугольного бассейна уже на глубинах 600—700 м и даже менее количество метана, поступающего в горные выработки шахт, рассчитанное на 1 т добытого угля в сутки, достигает нередко 100 м^3 . А это более чем в 2,5 раза превышает природную газоносность угольных пластов. С глубиной отработки угольных пластов этот эффект, по-видимому, будет только возрастать.

³ Геология месторождений каменного угля и горючих сланцев. М., 1978, т. II.

С учетом последнего полученные оценки содержания углеводородных газов в пределах каменноугольных бассейнов и месторождений на глубинах до 2000 м необходимо существенно увеличить, по крайней мере в 2—3 раза. Это означает, что каменноугольные бассейны и месторождения являются далеко не последним источником ценного энергетического и химического сырья, каким являются углеводородные газы, причем добычи попутной. Однако следует признать, что накопленный до сих пор опыт извлечения природных газов из угольных пластов и технология искусственного понижения их газоносности пока не решают задач использования этого полезного ископаемого в промышленных масштабах и на значительных площадях.

Проблема дегазации угольных пластов в СССР была сформулирована горными инженерами-технологами еще в 50-е годы, в первую очередь для решения задач оптимального использования возможностей высокопроизводительной угледобывающей техники — угольных комбайнов, производительность которых в очистных забоях шахт во многом лимитируется газовым фактором. Методом искусственного понижения газоносности угольных пластов (с помощью бурения скважин) можно снизить количество газа, поступающего в атмосферу горных выработок. Причем при удачной герметизации скважин удается получить газ с высоким содержанием метана; его можно сжигать в промышленных и бытовых топках. Однако экономический эффект от использования полученных таким способом газов, очевидно, невелик: за 10 лет во всем мире таким путем было получено всего лишь около $3 \cdot 10^9$ м³ метана¹.

Для полного решения проблемы, по-видимому, речь должна идти о предварительной дегазации угольных месторождений, задолго до того как они будут вскрыты горными выработками для отработки основного полезного ископаемого — угля. В этом случае экономический эффект будет значителен, поскольку, по данным известного геохимика Г. Д. Лидина, только в Донецком бассейне до глубины 1800 м извлекаемые запасы метана в угольных пластах составляют порядка 10^{12} м³, что энергетически эквивалентно $2 \cdot 10^9$ т высокосортного угля.

К настоящему времени, пожалуй, наиболее перспективным методом предварительной дегазации месторождений минерального угля является метод, разработанный в нашей стране Н. В. Ножкиным. Его основу составляет гидроразрыв угольного пласта, производимый с поверхности путем закачки через скважины в угольный пласт воды под давлением в сотни атмосфер. В результате структура угольного пласта нарушается, а его газопроницаемость увеличивается во много раз. Основы метода заимствованы у нефтяников, которые успешно им пользуются для повышения нефтеотдачи коллекторов достаточно давно. При гидроразрыве довольно удачно решаются три принципиально важных вопроса: во-первых, обеспечивается повышение проницаемости угольного пласта; во-вторых, вода в силу своих сорбционных свойств занимает активную поверхность угля, переводя метан и другие углеводороды в свободное (миграционное) состояние; в-третьих, получается газ, который можно использовать в энергетических и технологических целях. Наконец, существенно снижаются относительные затраты на добычу 1 т угля и улучшаются условия труда в шахтах.

Подсчитано, что реализация полученного таким путем чистого газа окупает капитальные затраты на гидроразрыв за 2—3 года.

Предварительная дегазация каменноугольных месторождений — насущная задача будущего, тем более что попутные газы угольных бассейнов и месторождений могут быть экономически вполне конкурентоспособными с газами газовых месторождений. Добыча попутных газов чаще всего не требует крупных начальных затрат на строительство магистральных трубопроводов и перекачивающих станций, их потребители находятся в пределах тех же районов, где добывается уголь. Этот фактор очень важен, как важно бережное и рациональное использование невозобновляемых природных богатств.

¹ Алдизаев Е. Д. Дегазация угольных пластов. М., 1960.

Мимикрия у креветок

Р. Н. Буруковский,
кандидат биологических наук
Калининград

Моя первая встреча с креветками, подражающими в окраске другим креветкам, состоялась в 1980 г., во время стоянки на рейде одного из африканских портов. Глубина под нами не превышала 10 м. Когда стемнело, я опустил на дно натянутую на обруч конусную мелкоячеистую сеть. В ней лежал кусок тухлого мяса. С помощью этого нехитрого орудия хорошо ловится всякая мелководная живность, охотно поедающая такую приманку: моллюски, крабы и пр. На сей раз в улове преобладали небольшие (2—4 см), совершенно прозрачные креветки. Расцвеченные светлоголубыми разводами, с большими усами-антеннами, они напоминали диких пауков. Определить видовую принадлежность креветок оказалось не так просто: они были одних размеров, окраски, имели одинаковую форму рострума (выrost головогрудного панциря) и т. д. Лишь при увеличении в 10—15 раз выяснилось, что я имею дело с двумя внешне удивительно схожими видами: *Nematopalaemon hastatus* из семейства Palaemonidae и *Exhippolysmata hastatoides* из другого семейства — Hippolytidae. Первый вид составлял 99% улова, второй — лишь 1%.

Эти креветки достаточно хорошо известны как специалистам, так и местным жителям; ими заселены прибрежные мелководья тропической Западной Африки. В дождливый сезон на песчаных отмелях рыбаки за один замет невода вылавливают до полутонны нематопалемонов. Местные жители охотно промышляют этих креветок, сушат на солнце и используют в качестве приправы. Т. Моно первым заметил, что в уловах нематопалемонов встречается око-

ло 1% эксгипполисма, и назвал последний вид миметирующим¹.

Позднее мне удалось более детально познакомиться с обоими видами, в частности исследовать содержимое их желудков. В желудках *N. hastatus* преобладали веслоногие рачки (копеподы) и дальние родственники креветок — мизиды; там были также очень мелкие рыбы косточки (видимо, мальков), остатки мелких креветок, внешние похожих на них эвфаузиид, остракод, эмбриональные раковинки двусторчатых моллюсков. В неполных желудках, как правило, находилось до десятка копепод разных видов с размерами тела от 0,5 до 4 мм, т. е. не превышающих 10% размера хищника. В полных желудках всегда преобладали мизиды, креветки или мальки рыб; их минимальные размеры — 5 мм, а максимальные достигали и 10 мм, т. е. 20—25% размера хищника. Из сопоставления размеров жертвы и хищника можно сделать вывод о типе его охоты. Складывается впечатление, что *N. hastatus* преимущественно ведет себя как пасущийся хищник: он держится вблизи дна, возле скоплений копепод, но из-за недостатка этого корма подчас набрасывается и на мелких креветочек, мизид или мальков рыб, как это обычно делают нападающие хищники. Таким образом, это и пасущийся, и нападающий хищник.

В желудках *E. hastatoides* — креветки-подражателя — я нашел копепод, остатки бокоплава, детрит, песчинки, но не это было главным! Основным содержимым оказались обрывки плавающих ножек *N. hastatus* с прикрепленными к ним икринками и просто отдельные икрин-

ки (от 11 до 200). В последнем случае в пищевом комке одной креветки соседствовали и только что отложенная икра, и икринки, внутри которых просвечивала зародышевая полоска, и даже икра с почти сформированными личинками. Следовательно, эта креветка нападала по крайней мере на трех икроносных самок *N. hastatus*.

Итак, между двумя видами креветок нет пищевой конкуренции. Налицо своеобразная форма сосуществования, при которой один, малочисленный вид в значительной степени существует за счет второго, доминирующего по численности. Благодаря таким взаимоотношениям малочисленный вид может благоденствовать, не нанося (из-за малочисленности) заметного вреда «модельному виду». В данном случае еще нельзя говорить о возникновении настолько прочного симбиоза, что в случае его нарушения вид-подражатель (*E. hastatoides*) не сможет существовать: ведь он питается не только икрой вида-доминанта. Однако замечательное внешнее сходство двух этих видов, относящихся к разным семействам, убеждает том, что связь между ними достаточно давняя и стабильная. Вероятно, существуют какие-то регуляторные механизмы поддержания соотношения обоих видов на оптимальном уровне.

Как возникло столь большое сходство этих двух видов? Потому ли, что более удачно похищали икру у *N. hastatus* те особи, которых особи вида-доминанта не отличали от своих, и это преимущество было подхвачено и закреплено естественным отбором? Или же потому, что на обоих членов этого симбиоза воздействовали одни и те же факторы среды, в результате чего отбор и «подогнал» оба вида к одному стандарту, наиболее соответствующему совокупности этих факторов? Мне кажется более вероятным послед-

¹ Lefevre S. — Bull. Rech. sci. nat. Belg., 1970, v. 46 (25), p. 1; Monod Th. — Mem. IFAN, 1966, № 77, p. 103.

ПРОБЛЕМЫ ЗАПОВЕДНОГО ДЕЛА

Проблемы заповедного дела давно перестали волновать одних лишь ученых и профессиональных «природоохранителей». Благодаря телевидению, радио, газетам, книгам охрана природы воспринимается сейчас как важная и актуальная задача практически всеми. Загрязнение среды, истощение ресурсов, сокращение площадей, занятых «дикой» природой, обеднение флоры и фауны — иными словами, негативные стороны воздействия современного человека на окружающую среду — известны достаточно широко. Пути же преодоления или предупреждения этого отрицательного влияния либо еще не до конца разработаны, либо неизвестны неспециалистам.

У истоков этого направления человеческой деятельности стоят русские естествоиспытатели конца прошлого — начала нашего века: В. В. Докучаев, И. П. Бородин, Г. Ф. Морозов, Г. А. Кожевников, В. П. Семенов-Тянь-Шанский, С. А. Северцов и другие. Они заложили основы теории охраны участков природы для нужд науки. По их представлениям заповедники [а тогда речь шла именно о создании их сети] должны стать эталонами, с которыми можно сравнивать ход почвообразования, продуктивность растительности, динамику «урожаев» животных и т. п. на хозяйственно используемых территориях. Это позволило бы установить закономерности природных процессов и давать прогнозы и рекомендации по хозяйственному освоению природных богатств.

Идея была прекрасной, но на практике вышло несколько иначе. Первые заповедники в России, а затем и в СССР стали создаваться не как эталоны природы, а чаще всего как участки для воспроизводства ценных видов охотничьих животных и обогащения ими смежных угодий. В таком виде многие из них сыграли существенную роль в восстановлении численности отдельных видов: бобра, соболя, гаги и других. Но в самом этом хозяйственном направлении заключался узкий прагматизм, который так или иначе должен был сказаться на истории заповедного дела в стране. Ценность заповедания как полного выведения из хозяйственного оборота отдельных участков природы оказалась девальвированной.

Как результат этого в 1951 г. последовала реорганизация системы заповедников. Были упразднены главные управления по заповедникам при советах министров союзных республик. Число и площади заповедников были сокращены почти в десять раз, а оставшимся были вменены в обязанность хозяйственные функции. В последующее десятилетие неоднократно менялась их подчиненность. Три заповедника (Азово-Сивашский, Крымский и Беловежская пуща) были превращены в противоречащие здравому смыслу организации — заповедно-охотничьи (!) хозяйства. Благодаря усилиям научной общественности и особенно деятельности Комиссии по охране природы при Президиуме АН СССР часть заповедников удалось восстановить. Но в 1961 г. вновь было упразднено 16 заповедников, в том числе и незадолго перед этим восстановленные Алтайский, Жигулевский и Кроноцкий.

Стоит обратить внимание на то, что реорганизации не подразумевали пересмотра основных положений заповедного дела. Просто деятельность заповедников была рассмотрена под углом зрения практического выхода для нужд сельского, лесного, охотничьего хозяйства. При этом не учитывались природоохранный и научно-исследовательский аспекты. Все это заставило серьезно задуматься о правильности установок, по которым строилось здание системы заповедников. В результате положение было в основном выправлено. В настоящее время утверждены единые типовые положения для заповедников страны и других охраняемых природных территорий, определившие их статус и основные направления деятельности. Предпринимаются усилия по упорядочению системы управления охраняемыми территориями. Однако ряд вопросов не решен и до сегодняшнего дня. Например, не возвращены в систему заповедников отторгнутые у нее территории заповедно-охотничьих хозяйств. Не везде ликвидировано хозяйственное использование их территории и средств, не связанное с нуждами заповедников. Значительные трудности представляет тенденция использовать заповедники в качестве объектов массового туризма из-за отсутствия широкой системы национальных парков (кстати, вопрос об этой важнейшей форме сочетания природоохранных и рекреационных задач заслуживает особого обсуждения на страницах «Природы»). Не решен вопрос о том, должны ли заповедники, национальные парки, заказники, защитные зоны и др. составлять единый природоохранный организм или они будут существовать независимо друг от друга. Какими должны быть площади заповедников и других охраняемых природных территорий и сколько процентов тундр, лесов, степей, пустынь нужно сохранять нетронутыми! Как следует организовать научную работу в заповедниках!

На эти и другие важнейшие вопросы ищут ответа авторы предлагаемой публикации. И несмотря на то что с обоснованностью подходов, убедительностью их определений не всегда можно согласиться, материал, несомненно, интересен и заставляет с новой точки зрения посмотреть на неясные аспекты заповедного дела.

В нашей стране в настоящее время создано 7 биосферных заповедников, входящих в международную сеть таких резерватов. Готовятся к включению в нее еще около 30 заповедников. Но, что особенно интересно, в этом видится практическое совпадение задач биосферных заповедников с теми, которые были поставлены перед зарождающейся системой отечественных заповедников в начале века и которые все более четко определяют направление деятельности советских заповедников.

В процессе формирования сети заповедников (и биосферных, и не включаемых в международную сеть) проблемы заповедного дела должны получить дальнейшее развитие. Нам представляется, что статья Н. Ф. Реймерса, Л. В. Алексеевой и Ю. Д. Нухимовской может послужить хорошим началом обсуждения этой важной темы. В результате разработка теории заповедного дела получит новый импульс. Некоторые положения этой статьи иллюстрируются очерком Г. Г. и А. Е. Кученевых и заметкой А. А. Гусева и А. Д. Покаржевского.

Академик В. Е. Соколов,
директор Института эволюционной морфологии и экологии
животных им. А. Н. Северцова АН СССР,
председатель советского комитета по программе ЮНЕСКО
«Человек и биосфера»

К. Д. Зыков,
кандидат биологических наук,

старший научный сотрудник Института эволюционной
морфологии и экологии животных
им. А. Н. Северцова АН СССР

Особо охраняемые природные территории: реальность, проблемы и перспективы

Л. В. Алексеева, Ю. Д. Нухимовская, Н. Ф. Реймерс

Тщательная охрана обширных природных территорий для каких-либо особых нужд практиковалась давно. «Святые места», куда запрещался вход любому человеку, известны со времен неолита. Царские и княжеские охоты были широко распространены в средние века. В России в конце прошлого века возникает первый частный заповедник — Аскания-Нова. В 1916 г. был утвержден первый государственный заповедник — Баргузинский.

Помимо широко известных первых советских декретов «О земле», «О лесах» и «О недрах земли», 14 февраля 1919 г. Советским правительством было принято положение «О социалистическом землеустройстве и о мерах перехода к социалистическому земледелию». В нем впервые Советская власть провозгласила необходимость охраны естественных богатств земли от истощения, в том числе путем защитного лесоразведения.

В январе 1919 г. В. И. Ленин поручил видному деятелю охраны природы Н. Н. Подъяпольскому разработать проект декрета Совета Народных Комиссаров «О государственном заповедании с научной или художественной целью участков суши, вод и недр земли». Этот проект не стал декретом, но лег в основу законодательных положений о первых советских заповедниках. Их в 1919 г. было создано три: Пензенский, состоявший из нескольких степных участков; Астраханский в дельте Волги и Аскания-Нова на Украине, ставший преемником частного резервата Ф. Э. Фальц-Фейна. К 1922 г. в пределах границ бывшей России существовало уже 14 заповедников, и в общих чертах сложилось представление о них как природоохраненных территориях комплексного назначения. Юридически оно было подкреплено декретом Совета Народных Комиссаров от 16 сентября 1921 г. «Об охране памятников природы, садов и парков», предоставлявшем Народному комиссариату просвеще-

ния право объявить значительные по площади участки природы заповедниками и национальными парками.

Сеть особо охраняемых площадей росла. Ныне число таких юридически выделенных участков (включая образованные постановлениями областных, краевых исполкомов, а также правительств автономных республик) достигает нескольких тысяч. Среди них заповедники, природные национальные парки, заповедно-охотничьи и лесо-охотничьи хозяйства, заказники и т. п. (Для обозначения суммы всех этих особо охраняемых природных территорий далее употреблена аббревиатура ООПТ.)

Охрана природы превращается в важную отрасль социалистического хозяйства, ответственную за поддержание экологического баланса, сохранение той части народного достояния, которую представляет природа нашей страны. Объективно обусловленные расходы на ее охрану становятся постоянно растущей статьей государственного бюджета. Курс нашей партии на повышение эффективности народного хозяйства, интенсификацию его развития непосредственно связан с ООПТ — основным инструментом сохранения экологического потенциала природы.

ПОЛОЖЕНИЕ ДЕЛ

По В. И. Далю: «заповедовать — повелевать, предписывать, приказывать, накладывать к неременному, всегдашнему исполнению, завещать какую-то обязанность, обязывать к чему-то закланием, запрещать... Заповедный — заказанный, запрещенный; заказной, запретный». По словарю С. И. Ожегова: «заповедный — неприкосновенный, запретный».

Заповедник — это участок природы, в пределах которого запрещены какие бы то ни было мероприятия, не направленные на поддержание желательного экологического баланса. Узкохозяйственно он мо-



Любовь Викторовна Алексеева, аспирантка географического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Занимается экономико-географическими проблемами организации заповедников.



Юлия Дмитриевна Нухимовская, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Центральной лаборатории охотничьего хозяйства и заповедников Главного управления охотничьего хозяйства и заповедников при Совете Министров РСФСР. Работает в области оптимизации системы заповедных территорий.



Николай Федорович Реймерс, доктор биологических наук, старший научный сотрудник Центрального экономико-математического института АН СССР. Работает в области изучения взаимоотношений человека и природы, социально-экономических проблем экологии и охраны природы. Автор книг: *Насекомоядные и грызуны верхней Лены* (в соавторстве с Г. А. Вороновым). Иркутск, 1963; *Птицы и млекопитающие южной тайги Средней Сибири*. М.—Л., 1966; *Большие качели* (Научно-технический прогресс и биосфера). М., 1975; *Особо охраняемые природные территории* (в соавторстве с Ф. Р. Штильмарком). М., 1978; *Азбука природы. Микрэнциклопедия биосферы*. М., 1980; *Словарь терминов и понятий, связанных с охраной живой природы* (в соавторстве с А. В. Яблоковым). М., 1982. Неоднократно печатался в «Природе» (№ 3, 1974; № 10, 1980; № 9, 1981 и др.).

жет быть и убыточным. И конечно, заповедник не место для любых видов отдыха, а тем более охот. В связи с этим «заповедно-охотничьи хозяйства» — терминологически неправомерное словосочетание. Заповедник — это всегда не хозяйство в обычном понимании термина.

В течение многих десятилетий в научной и особенно научно-популярной литературе повторялся благородный и желаемый, но, увы, до конца не осуществленный тезис о том, что советские заповедники в отличие от аналогичных зарубежных природных охраняемых территорий — научные учреждения. Исторически они действительно имели научные станции.

Сейчас они имеют научные отделы, возглавляемые заместителем директора заповедника по научной работе. Однако это не определяет научного характера учреждения. Функциональными его признаками, как принято в науковедении, служит целевое назначение, доминирование расходов на науку, преобладание сотрудников, занятых научным трудом и научно-технической помощью в его выполнении, а в СССР — также финансирование по 200 статье госбюджета (расходы на науку). С заповедниками дело обстоит не так просто.

Де-юре заповедники СССР стали научными учреждениями лишь с принятием

типовых положений о государственных заповедниках, памятниках природы, заказниках и природных национальных парках 27 апреля 1981 г. Иногда героическими усилиями энтузиастов они становились ими де-факто. В 38 заповедниках двух ведомств — Главного управления по охране природы, заповедникам, лесному и охотничьему хозяйству Министерства сельского хозяйства СССР (Главприрода МСХ СССР) и Главного управления охотничьего хозяйства и заповедников при Совете Министров РСФСР (Главохоте РСФСР) в 1979 г. работало 2862 человека. Из них научного персонала было 351 человек, т. е. меньше, чем одна восьмая часть. Лишь в одном заповеднике научная часть включала 28 человек, в среднем же она состояла из 9 членов, при этом профессиональный состав научных отделов заповедников очень далек от желаемого. Сейчас в заповедниках преобладают зоологи, составляющие вместе с охотоведами половину штатов научных сотрудников (в системе Главохоты — 56%). Это — отзвук охотохозяйственной ориентации заповедников в прошлом.

Расходы на науку в 1980 г. в 26 заповедниках Главохоты РСФСР (в трех из них, недавно созданных, не было еще научных сотрудников) составили 3,5% всех операционных расходов. В то же время канцелярские и хозяйственные затраты составили 7,2% (дохода в отдельных заповедниках до 30%), т. е. в 2 с лишним раза были выше, чем расходы на науку. Добавим, что общие расходы на науку, включая заработную плату всех сотрудников научных отделов, в заповедниках не превышают 15—20% операционных расходов.

Финансирование заповедников идет и всегда шло по 31 статье госбюджета («прочие хозяйственные расходы»). Целевых ассигнований на науку (по 200 статье госбюджета) неакадемические заповедники никогда не имели.

Недавно семь заповедников выделены в разряд так называемых биосферных. Однако это почетное название и международное звучание группы биосферных заповедников не дало им реальных преимуществ (да и почему у них должны быть преимущества?), во всяком случае научно-организационных.

Как обстоит дело с другими формами ООПТ? О существовании некоторых из них многие хозяйственники даже не подозревают. Об этом нередко пишут в газетах. Формальное выделение не предотвращает антропогенных воздействий.

Любой заказник, предназначенный для целей особой охраны вида, группы видов, каких-то природных объектов или ландшафта в целом, лишь частично изымается из обычной хозяйственной сферы. Человеческая деятельность в нем имеет либо щадящий для природы, либо прямо направленный на восстановление природных комплексов характер. Если режим заказника устанавливается в целях сохранения точечного и, во всяком случае, целостного объекта (отдельного дерева, живописной скалы, геологического обнажения и т. п.), такой «внетерриториальный» объект называют памятником природы. Тот же режим заказника, распространяющийся, благодаря особым правительственным постановлениям, на обширные территории (например, бассейн озера Байкал) составляет основу для осуществления режима особого природопользования¹.

Смешанную форму — с участками заповедного характера и заказного в целях организации отдыха — имеют **природные национальные парки**. Таких парков в СССР только 7: Лахемааский (Эстония, год организации — 1971), «Гауя» (Латвия, 1973), Национальный парк Литовской ССР (1974), «Ала-Арча» (Киргизия, 1977), Народный парк Узбекской ССР (1978), «Севан» (Армения, 1978), Карпатский национальный парк (УССР, 1980). Подчинены парки такому же числу ведомств. Общее положение о них было утверждено лишь в апреле 1981 г. Пока говорить об этой форме ООПТ в нашей стране как об установившейся, по-видимому, явно преждевременно.

Можно упомянуть еще две формы ООПТ — **курортные и защитные леса** различного типа. Государственные лесные полосы нередко содержатся в хорошем состоянии. Зато на водоохранные, рыбоохранные и склонозащитные леса (все они относятся к I группе лесов) непрерывно ведут атаки лесозаготовители. Полосы вдоль рек и другие леса, относящиеся к водоохраным, занимают в нашей стране 56 млн га. Однако их практически нет вдоль малых рек, обеспечивающих 84% водосбора².

¹ В и к у л о в В. Е. Основные черты стратегии формирования районов особого природопользования (на примере бассейна озера Байкал). — В сб.: Геогр. исслед. для целей соц. природопользования. 7-й съезд Геогр. об-ва. Секц. 2. Тез. докл. Л., 1980, с. 96.

² С м и р н о в И. И., П р и х о д ь к о Т. К. Многоцелевое использование лесной растительности. — В сб.: Интенсификация с.-х. производства и проблемы защиты окружающей среды. М., 1980, с. 181.

К сожалению, сокращается площадь зеленых зон вокруг населенных пунктов — средообразующих ООПТ. Сокращается не формально, а фактически: они отступают все дальше от городов. Еще есть случаи, когда зеленые насаждения вырубались «в порядке исключения», даже под Москвой. Так, сильно пострадал Томилинский лесопарк в районе песчаных карьеров.

Таких «исключений» в посягательствах на ООПТ более чем достаточно. То заповедник оказывается «незаменимым» пастбищем для колхозного скота, то урожай орехов в нем «пропадает» (будто в природе и для природы что-то вообще может пропадать!), то туристов манят заповедные кущи...

Планирование сети ООПТ долгое время представлялось очень простым делом. До сих пор сохранился такой принцип их выделения (в том числе выделения заповедников): если ни один из природопользователей (геологи, лесники и т. д.) не имеет особых видов на ресурсы территории, а она представляется интересной природоохранителям, то именно такие площади исполкомы и предлагают советам министров республик выделить для особой охраны. Отнюдь не всегда такой «метод» дает оптимальное решение. Выделение ООПТ — исключительно сложное дело. Здесь нужны и глубокое экологическое обоснование, и не менее разносторонний экономический, социальный, а порой политический анализ — как в статике, так и в многогодовой — вековой прогнозной динамике. Ведь заповедникам существовать сегодня, завтра, вечно. Их можно открывать, но крайне неразумно закрывать.

Глубина заблуждений в области охраны природы особенно ярко отразилась в понятии так называемого природно-заповедного фонда. Лексически все вроде бы благополучно. Все объекты, подлежащие охране, в том числе виды, включаются в этот фонд. Ошибка же в том, что вид нельзя сохранить изолированно от среды его обитания, биоценоз — вне связи с биотопом (биотоп, или экотоп — неживая природа, составляющая в единстве с биоценозом экосистему, или биогеоценоз).

Вообще отрыв теории и практики заповедного дела от основ экологии, географии, экономики, социологии и других фундаментальных отраслей науки до сих пор столь глубок, что лишь острая социальная необходимость в ООПТ позволяет им существовать, расширяться и даже вновь подниматься из пепла.

ПРОБЛЕМЫ

Основная, фундаментальнейшая проблема ООПТ — каково их место в ткани материков и морей для выполнения генеральной цели охраны природы? Что могут дать ООПТ и чего они не могут дать? И сколько их надо для того, чтобы они успешно выполняли свои функции, какой должна быть их площадь, конфигурация и т. д.? На эти вопросы нужно ответить четко, ясно, без ненужных иллюзий и прекраснотушных мечтаний.

Начнем с жесткого, термодинамического в своей основе, правила, имеющего силу естественноисторического закона: «Индивидуальная система, работающая в... среде с уровнем организации более низким, чем уровень самой системы, обречена: постепенно теряя свою структуру, система через некоторое время растворится в окружающей ... среде»³. Вывод советского геофизика Г. Ф. Хильми подтверждается большим числом эмпирических расчетов. Так, если в 19 восточноафриканских национальных парках в течение ближайших 50 лет не принимать специальных мер, то в них исчезнут 11% крупных животных⁴. Выяснено, что небольшие по площади резерваты через 50 лет потеряют 23%, через 500 лет — 65% и через 5 тыс. лет — 88% видов млекопитающих. Крупные резерваты теряют соответственно 6, 34 и 73% видов⁵.

Видовой состав можно поддерживать с помощью специальных мероприятий. Но в этом случае заповедные территории превратятся по сути дела в огромные загоны, лишенные истинно природных, естественных черт. Следовательно, ООПТ должны быть достаточно обширными и каждый в отдельности, и, главное, в общей взаимосвязанной системе.

Сколько же обширными в целом? Какая часть Земли должна стать площадью ООПТ? К сожалению, на этот вопрос нет пока общепринятого ответа. Для лесной полосы называется от 5—11 до 20%, для всей планеты — 40, 60, даже 80% (фактически ООПТ занимают в Юго-Восточной Азии 1,8%, Южной Америке — 0,67% и Африке — 2,67% площади ле-

³ Хильми Г. Ф. Основы физики биосферы. Л., 1966, с. 272.

⁴ Douglas J. — Nature, 1978, v. 275, № 5676, p. 82.

⁵ Soule M. E., Wilcox A., Holtby C. — Biol. Conserv., 1979, v. 15, № 4, p. 259.

сов⁶). Один из авторов статьи, исходя из эмпирических данных различных исследователей, предложил для СССР картограмму соотношения интенсивно эксплуатируемых и суммы охраняемых и экстенсивно эксплуатируемых (т. е. оставшихся в виде естественных экосистем) территорий (рис. 1)⁷. Фактически переэксплуатация, согласно этим соотношениям, наблюдается лишь в зоне степей и отчасти лесостепей. Однако негативные последствия распространены значительно шире. Значит, территория неверно спланирована: не общий антропогенный пресс на нее, а неразумное распределение земельных площадей различного типа использования — причина дисбалансов. Следовательно, необходим комплексный эколого-экономический анализ для целей оптимизации. Это особый большой вопрос, к которому мы вернемся ниже.

Какова должна быть индивидуальная площадь заповедников и близких к ним по режиму других ООПТ (национальных парков, резерватов и т. п.)?

Предложено довольно много формул для расчета площади заповедника и его наилучшей формы, а также для выяснения, что лучше: одна значительная монолитная территория или два участка той же суммарной площади. Общий вывод заключается в том, что две меньшие по размеру территории дают в среднем приют большему числу видов, но надежность их сохранения, особенно в экстремальные периоды, выше на едином обширном заповедном участке. Исходя из принципов биогеографии островов, идеальной формой заповедника считалась круглая, при этом участки должны располагаться как можно ближе друг к другу. Однако опыт показывает, что идеальную форму заповедной территории для всех случаев априори найти нельзя, но максимальная близость заповедных участков друг к другу всегда желательна⁸.

Самые крупные ООПТ мира достигают нескольких миллионов гектаров; например, национальный парк Вуд Буффало в Канаде — 4,48 млн га, Центрально-Калахарский в Ботсване — 5,28 млн га, один из национальных парков Чада — 4,89 млн га и т. д. (всего в мире 30 с небольшим единиц ООПТ с площадью свы-

ше 1 млн га каждая). Общая площадь природоохранных территорий местами значительна — на Аляске (площадью 151,9 млн га) по закону 1980 г. она составляет 42 млн га (из них 19,3 млн га имеют режим заказника, где разрешается проводить геолого-разведочные работы и заготавливать лес⁹), наибольший единый участок — 9 млн га (заповедник Дуглас Рейндж, статус которого еще, правда, окончательно не определен). У нас в стране самый крупный заповедник — Таймырский — 1348 тыс. га. Общая площадь ООПТ всех типов — приблизительно 8% территории СССР (заповедников — около 0,5%).

Возникает вопрос о соответствии ООПТ существующих размеров теоретически необходимым.

Как показывают расчеты, для того чтобы средний коэффициент вымирания видов крупных травоядных животных не превышал 1% от первоначального числа видов за 100 лет, площадь заповедника должна быть больше 260 тыс. га¹⁰. Эта площадь недостаточна для полного сохранения крупных хищников, но, как правило, позволяет в условиях лесной полосы умеренных широт поддерживать экологический баланс. Очевидно, это теоретически желаемый минимум для лесной и лесостепной полосы. В тундре он возрастает приблизительно в 4 раза из-за широких миграций животных.

Для того чтобы заповедник мог служить эталоном растительности, его средний размер должен быть порядка 40—50 тыс. га. При этом площадь заповедника должна быть не меньше «максимум-ареала» конкретной флоры, оптимальной площади ее выявления. Как правило, размеры участка конкретной флоры колеблются от 10 тыс. до 100 тыс., изредка 1 млн га, увеличиваясь с севера на юг¹¹.

Обратимся к взглядам физико-географов, рассматривающих природу в ком-

⁸ James M. — Nature, 1980, v. 287, № 5783, p. 630.

⁹ Carter's last fling on Alaska's environment. — New Sci., 1980, v. 88, № 1229, p. 560.

¹⁰ Terborgh J. — Ecol. Stud., 1975, v. 11, p. 369.

¹¹ Нухимовская Ю. Д. Биологические и географические предпосылки оптимизации территорий заповедников. Географическое размещение заповедников в РСФСР и организация их деятельности. — Сб. научн. тр. ЦНИИЛ Главохоты РСФСР. М., 1981, с. 23.

⁶ Виноградов Б. В. — Доклады АН СССР, 1977, т. 233, № 1, с. 253; Myers N. — Science, 1976, v. 193, № 4249, p. 198.

⁷ Реймерс Н. Ф. Азбука природы. Микроэнциклопедия биосферы. М., 1980, с. 208.

плексе. Очевидно, в классификации физико-географических единиц нужно найти такую, которая бы отражала и при изоляции сохраняла все типичные черты строения, характерные для данной зоны. По А. Г. Исаченко — это ландшафт (географический район)¹². Площадь одного ландшафта измеряется обычно несколькими сотнями, реже — десятками тысяч гектаров и приблизительно по размеру совпадает с участками конкретной флоры. Однако степень устойчивости ландшафта в изоляции географы не изучают. Это снижает ценность такой единицы для природоохранительных целей.

Опыт выделения ключевых участков для физико-географического изучения горной сибирской тайги, имеющийся у одного из авторов данной статьи, показывает, что представителен лишь регион, полностью включающий бассейны хотя бы 2—3 рек 3-го порядка (иногда 4-го), впадающих в реку 2-го порядка справа и слева, т. е. тянущийся от водораздела до водораздела рек 2-го порядка. (За 1-й порядок приняты крупнейшие реки, впадающие непосредственно в океаны, моря, озера. За 2-й, порядок — реки, впадающие в реку 1-го порядка, за 3-й — впадающие в реку 2-го порядка и т. д.) Тут формируется и устойчиво поддерживается речной сток, представлены все вертикальные пояса и разнообразие местообитаний.

В горной местности заповедник должен охватывать разные склоны, нередко имеющие отличия в составе горных пород, растительности и животном мире. Здесь площадь 2—3 бассейнов рек 3-го порядка может быть относительно невелика (около 150—250 тыс. га), на равнине же она иногда очень значительна. Достаточно сказать, что Москва-река относится к рекам 3-го порядка. Выделение ООПТ таких размеров явно нереально. На равнине возможно включение бассейнов рек лишь 4-го или 5-го порядков.

Сопоставление площадей и природных условий существующих заповедников и других ООПТ с изложенными теоретическими минимумами явно не в пользу практики. Лишь 10 заповедников СССР (по алфавиту: Алтайский — 863,9, Баргузинский — 263,2, Кавказский — 263,5, Красноводский — 262,0, Кроноцкий — 964,0, «Остров Врангеля» — 795,7, Печо-

ро-Ильичский — 721,3, Саяно-Шушенский — 389,6, Сихотэ-Алинский — 347,1 и Таймырский 1348,0 тыс. га; заметим, что 7 из них были организованы до 1935 г.) способны поддерживать генетический состав популяций животных с потерей не более 1% видов за столетие (из вышеприведенного расчета 260 тыс. га). Остальные заповедники и другие ООПТ слишком малы.

Подавляющее большинство природоохраненных территорий никак не согласовано с геоморфологическими рубежами. Так, нередко заповедники не включают в себя полностью бассейны рек даже низших порядков. В горах территория заповедника часто не охватывает оба склона (например, хребта Хамар-Дабан Байкальского заповедника). Такое же положение в Баргузинском заповеднике. Территория Байкальского заповедника не доходит до Байкала. Крошечный Приокско-Тerrasный заповедник отделен от Оки узкой полосой сельскохозяйственных угодий и нигде не выходит к реке. Центральнo-Черноземный заповедник состоит из многих разрозненных участков, испытывающих давление разного рода — от ближайшей свинофермы до хвостохранилища Лебединского горно-обогатительного комбината. Даже небольшие временные водотоки полностью не входят в территорию заповедника (кстати, биосферного). Следует учесть, что не один лишь Центральнo-Черноземный заповедник состоит из многих участков, разделенных десятками, а то и более сотни километров.

В целом закономерен вывод, что большая часть отечественных заповедников и другие ООПТ не могут ни обеспечить эталонного представительства природы страны, ни сохранить генетическое разнообразие живых форм. Еще в большей мере этот вывод относится к сети ООПТ мира, хотя она и включает около 2000 природоохраненных участков (не считая совсем мелких). Это следует признать со всей решительностью.

Такая ситуация в общем понятна и как-то оправдана тем, что сеть ООПТ СССР возникла в годы, когда не было теоретических основ их планирования. Более того, почти непрерывно менялся сам взгляд на них. До сих пор не изжито представление о заповедниках как о потерянных для народного хозяйства площадях. Для заповедников нашей страны основной теоретической предпосылкой организации была эталонная ценность — и это безусловная заслуга классиков отечест-

¹² Исаченко А. Г. Основы ландшафтоведения и физико-географическое районирование. М., 1965, с. 327.

венного заповедного дела — Г. А. Кожевникова, И. П. Бородин, Г. Ф. Морозова, Д. Н. Анучина, В. И. Талиева, В. П. Семёнова-Тян-Шанского, С. А. Северцова, В. Н. Макарова и многих других, вынесших на своих плечах все тяготы первопроходцев в новом деле. Однако понадобилось еще более полувека для того, чтобы были изучены природно-исторические и размерные основы выделения ООПТ, и это познание далеко еще от завершения. Более того, сам эталонный принцип ока-

зался уже недостаточным в условиях все повышающегося давления человечества на природную среду. Дело в том, что даже если заповедники будут организованы во всех 193 биогеографических провинциях мира в оптимальных индивидуальных размерах, это составит меньше 1% территории суши и не предохранит 20% всех видов животных и растений от скорого вымирания, а сушу от прогрессирующего опустынивания.

Это заставило выдвинуть в дополне-

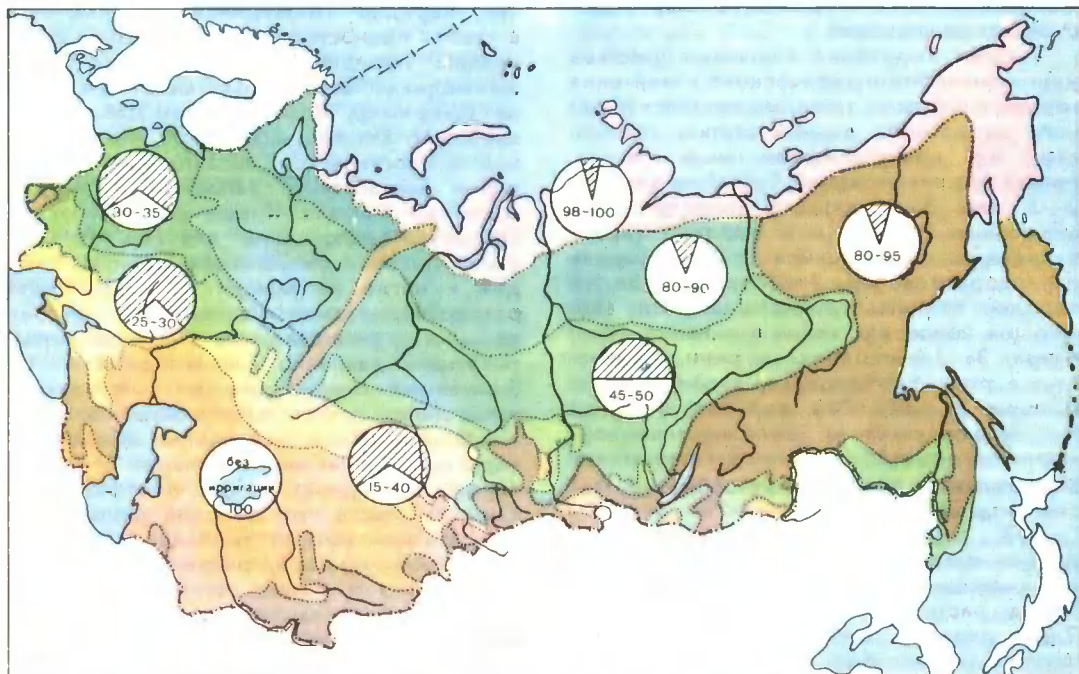
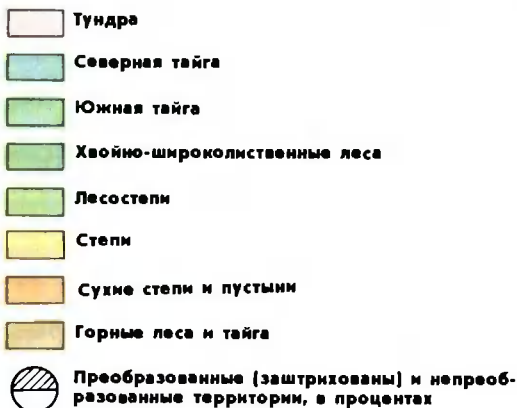


Рис. 1. Соотношения преобразованных и непреобразованных территорий, при которых сохраняется экологическое равновесие (по ландшафтным зонам).



ние к эталонному принципу выделения заповедников принцип поддержания экологического баланса и перейти от создания отдельных участков ООПТ к концепции их взаимосвязанной системы как целостного образования, способного поддерживать природное равновесие, в том числе сохранять виды живого¹³. В основе такого подхода лежит идея сознательного управления экологическим равновесием в целях сохранения среды жизни человечества и его социально-экономического развития, понимание того факта, что деградация природных систем высокого уровня организации чревата опасностями

¹³ Реймерс Н. Ф., Штильмарк Ф. Р. Особо охраняемые природные территории. М., 1978, с. 295.

для всего мира. Необходимо подчеркнуть, что констатация общей природоохранной беспомощности существующих разрозненных ООПТ в исторической перспективе отнюдь не означает отрицания их крайне важной роли в данный момент. В текущей практике выделение даже крошечного резервата в 100 га может оказаться не только полезным, но и насущно необходимым для будущего сохранения, скажем, исчезающих беспозвоночных животных или редких растений.

Стратегически мы должны стремиться к тому, чтобы система ООПТ позволяла сохранить природу в необходимом нам качественном и количественном состоянии в течение многих столетий. Тактически, задача состоит в максимально возможной охране всех ее компонентов до того времени, когда сложатся информационно-научные и социально-экономические условия для осуществления генеральной стратегической задачи. Тактика и стратегия неразделимы, но смещение прогнозно-плановых задач с текущим выделением ООПТ совершенно недопустимо. Конечно, крупные заповедники и другие ООПТ предпочтительней карликовых, но и последние могут внести свою лепту в охрану природы, и их ни в коем случае не следует игнорировать.

ВОЗМОЖНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ И ОСТРЫЕ НУЖДЫ

Первоначальная идея создания ООПТ на Западе заключалась в том, что любая традиционная эксплуатация природных ресурсов участков, предполагаемых для резервирования (лесозаготовка, разработка минеральных богатств и т. п.), не оправдывает расходов, необходимых для организации их разработки. Значит, их лучше пока сохранить для «благоговейного созерцания». Следующим уровнем экономического мышления было осознание того факта, что ООПТ, используемые для рекреации, могут давать очень высокий доход (до 47, даже 55 долл. на 1 долл. затрат по опыту США). «Продавать» природу для «отдыхновения» можно многократно, «товар» растет в цене. Туризм становится все более насущной необходимостью, спасая людей от перегрузок городской жизни. Города же растут... Наконец, в дополнение к двум предыдущим уровням мышления прибавился третий: высочайшая косвенная доходность ООПТ как инструмента поддержания

экологического баланса и оптимизации среды жизни, особенно в густо населенной местности, в пустынях, степных и лесостепных районах.

Многочисленными исследованиями установлено, что в каждом регионе имеется оптимальное для хозяйства соотношение интенсивно (с преобразованием экосистем в агроэкосистемы различного назначения) и экстенсивно (в том числе ООПТ) эксплуатируемых площадей. Например, для степной полосы, где сейчас лесистость не превышает 2—3%, а распахка достигает 85—86% (еще какую-то долю занимают дороги, населенные пункты и т. п.), такая ситуация далека от естественной и, особенно, хозяйственно желательной.

Наилучшие для сельского хозяйства почвозащитные и климатические свойства степи обсуждаемого региона, как оказалось, проявляются при лесистости в 30—40% площади (засаживать лесами нужно прежде всего неудобные площади). По расчетам Н. Н. Смирнова и Т. К. Приходько, продуманная система агротехнических и лесомелиоративных мероприятий может снизить поверхностный сток с пашен степных районов (160 млн га) в 2 раза, снос снега — на 1/3, непродуктивное испарение — на 15—20%, что в сумме даст неорошаемому земледелию страны до 80 км³ добавочной воды и увеличит обеспеченность полей водой в 1,4—1,5 раза¹⁴. Учитывая, что в полосе черноземной степи агролесомелиорация дает прибавку урожая в зависимости от культуры (исследовалось 15 сельскохозяйственных культур) от 9,6 до 36,3%¹⁵, увеличение обеспеченности водой растений даст стране дополнительно 35—40 млн т одного лишь зерна.

Расчеты, сделанные в Центральном экономико-математическом институте АН СССР, привели к результатам, сходным с теми, что были получены лесомелиораторами¹⁶. При этом и в моделях, и в

¹⁴ Смирнов Н. Н., Приходько Т. К. Многоцелевое использование лесной растительности. — В сб.: Интенсификация с.-х. пр-ва и проблемы защиты окружающей среды. М., 1980.

¹⁵ Коптев В. И., Стонога Н. П., Милосердов Н. В. Эффективность полевых лесных полос на Украине. — Бюлл. ВНИИ агролесомелиорации, 1979, № 1/29, с. 46.

¹⁶ Федоренко Н. П., Лемешев М. Я., Реймерс Н. Ф. Социально-экономическая эффективность охраны природы. — Природа, 1980, № 10, с. 2.

расчетах, показывающих, что 25—30 центнеров зерна получается дополнительно на каждый километр лесной полосы, учтены потери, связанные с уменьшением сельскохозяйственных площадей, отводимых под лесопосадки (которые сами по себе, производя древесину, экономически оправданы).

Любая территория имеет определенный природно-ресурсный и так называемый экологический потенциал с социально-экономической составляющей. ООПТ

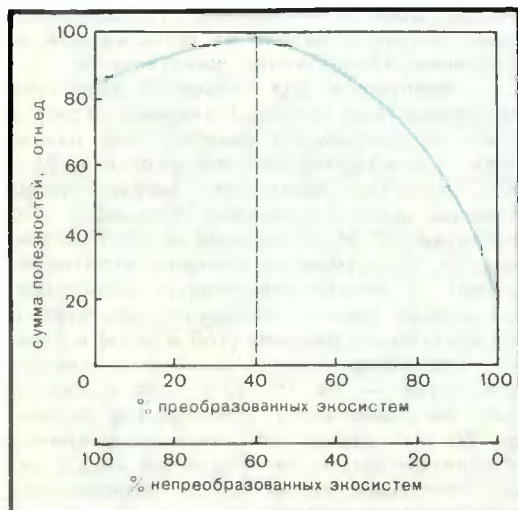


Рис. 2. Кривая Ю. и Г. Одумов [1972], показывающая сумму полезностей, получаемую при различных соотношениях преобразованных и непереработанных экосистем. Для каждого конкретного региона форма кривой специфична, но везде она имеет сходную конфигурацию.

позволяют управлять этим потенциалом в его экологической, а опосредованно и социально-экономической части. Других экстенсивно используемых площадей делается все меньше. К 2000 г. они практически исчезнут. Поэтому соотношение площадей ООПТ всех видов и земель, вовлеченных в хозяйство, должно стать предметом генерального экологического планирования территорий. Насколько же мы готовы к подобным решениям?

Стало чуть ли не притчей во языцех то, что существующие заповедники СССР подчиняются десяткам ведомств, семь национальных парков — такому же числу

«хозяев», заказники имеют республиканское и местное подчинение, памятники природы и местные заказники просто на совести землепользователей. Мощнейший и единственный механизм управления экологическим балансом, если не определяющий, то существенно влияющий на получение сельскохозяйственной и промышленной (через водопользование и другие формы природопользования) продукции, на среду отдыха и жизнь людей, оказался фактически бесхозным. Очевидно, нужна единая служба ООПТ, один «хозяин» и единый фонд их земель, строго вычлененный из других земельных фондов страны.

Все участки ООПТ должны быть рассмотрены под углом зрения оптимальности их выделения с тем, чтобы они реально выполняли природоохранную функцию. Не везде можно увеличить площадь заповедников, но окружить их охранной зоной необходимой ширины почти всюду доступно. Иногда заповедник, как ядро поддержания экологического равновесия, следует опоясать ООПТ более низкого охранного ранга — национальными природными парками, заказниками или даже природоохраняющими хозяйствами типа лесохозяйственных (заповедно-охотничьих).

В целом же должна возникнуть единая и согласованная система ООПТ, обеспечивающая видам возможность существования, биоценозам — сохранение и развитие, гидрологическому режиму — поддержание на оптимальном уровне (проблемы южных морей указывают на то, что этот режим далек от желаемого), почвам — сохранность, составу атмосферы — стабильность, хозяйству — максимальную отдачу.

Заповедники нуждаются в принципиально новом подходе к организации на их территории научных исследований. Они должны быть централизованы. Из их научных отделов следует образовать систему центр — периферия подобно тому, как в свое время Н. И. Вавилов формировал Всесоюзный институт растениеводства (ВИР) и систему ВАСХНИЛ. Конечно, необходимо и улучшение профессионального состава научных сотрудников, как сказано выше, очень далекого в заповедниках от желаемого.

Предлагаемое (и давно объективно необходимое) центральное научно-исследовательское учреждение должно иметь особое проектное звено-филиал. Генеральное экологическое планирование — столь

новое и сложное дело, что оно непостоянно ведомственным институтам (хотя, как показывает опыт, земельные органы способны составить весьма зрелый в научном отношении местный территориальный план). Требуется академическая мощь и вневедомственный размах. Ведь помимо регулирования экологического баланса в локальных и региональных рамках нам предстоит работа по поддержанию равновесия во всей биосфере Земли¹⁷, на ее суше и морях. Это проблемы борьбы с глобальным опустыниванием, истощением биологических ресурсов Мирового океана, поддержания газового баланса атмосферы планеты биотехническими средствами, сохранения качественного многообразия живого генофонда природы.

Мы знаем, что в принципе ООПТ насущно необходимы; иногда представляем, какие и сколько их требуется в том или другом районе. Однако вопросов пока значительно больше, чем ответов на них.

При всей ограниченности знаний ряд необходимых действий совершенно очевиден:

1. Объединение всех ООПТ в единую государственную систему с самостоятельным земельным фондом.

2. Приведение площадей и конфигурации ООПТ к ныне известным и хозяйственно рациональным нормам и очертаниям.

3. Сокращение числа «хозяев» ООПТ до количества союзных республик, советы министров которых по существующему законодательству выделяют площади ООПТ.

4. Координация деятельности системы ООПТ в масштабах страны.

5. Создание единого научного центра по проблемам ООПТ под эгидой АН СССР (ныне ей поручено научно-методическое руководство заповедниками) с превращением научных групп ООПТ в опытные станции этого центра.

6. Отчисление в фонд системы ООПТ части доходов хозяйств и предприятий, имеющих реальные прибыли от поддержания этой системой экологического баланса. Научное определение и законодательное установление размера этих отчислений.

Проблема ООПТ стоит усилий и определенных капиталовложений. Ведь мы в наших экономических примерах затронули лишь незначительную часть их функций —

лесомелиоративную, как наиболее яркую и изученную. Упомянем еще, что сохранение рыбности мало кому известной реки Сось — левого притока низовой Оби — даст государству 8433,6 тыс. руб.¹⁸ Для всей Оби или рек Камчатки это уже составит сотни миллионов.

Проблема особо охраняемых природных территорий вышла из младенчества и приобрела в форме поддержания с их помощью экологического баланса актуальное государственное и международное значение. Из мечтаний о красотах природы, бывших достаточными в прошлом, она превратилась в общенациональную и мировую проблему — экологическую, социально-экономическую и политическую. Не решать ее уже сегодня — значит терпеть материальные и моральные убытки завтра, а послезавтра лишиться существенной части народного достояния.

¹⁸ Чесноков Н. И. О стоимостной оценке биологических ресурсов. Свердловск, 1981, с. 25.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Белоусова Л. С., Денисова Л. В. НА РАЗНЫХ ШИРОТАХ (ботанические заказники СССР). М.: Лесная промышленность, 1976.

Волков О. В. ЧУР, ЗАПОВЕДАНО! М.: Советская Россия, 1976.

ЗАПОВЕДНИКИ СССР. М.: Лесная промышленность, 1980.

ЗАПОВЕДНЫМИ ТРОПАМИ ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН. М.: Мысль, 1976.

ОПЫТ РАБОТЫ И ЗАДАЧИ ЗАПОВЕДНИКОВ СССР М.: Наука, 1979.

РАСТИТЕЛЬНЫЙ МИР ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ. Рига: Зинатне, 1978.

Реймерс Н. Ф., Штильмарк Ф. Р. ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ. М.: Мысль, 1978.

Шварцбах М. ВЕЛИКИЕ ПАМЯТНИКИ ПРИРОДЫ. М.: Мир, 1973.

¹⁷ Федоренко Н. П., Реймерс Н. Ф. Сближение экономических и экологических целей в охране природы. — Природа, 1981, № 9, с. 4.



Куршская коса

Г. Г. Кученева,
кандидат биологических наук

А. Е. Кученева

Калининград

Куршская коса — это узкая полоска суши, общей площадью в 16 тыс. га, отделяющая пресноводный Куршский залив от Балтийского моря. Длина косы от Калининградского п-ова до Клайпедского залива 98 км; ширина в самом узком месте, чуть севернее пос. Лесное — 400 м, а возле мыса Бульвикио 3,8 км. Коса сложена морскими песчаными наносами и представляет собой дюнный барьер, который постепенно отодвигается к востоку под напором господствующих здесь западных ветров. Геологический возраст косы исчисляется 5—6 тыс. лет. Сформировавшаяся в результате естественных процессов эта песчаная полоса постепенно заселялась растениями и животными.

Кто хоть раз побывал на Куршской косе, конечно же поражался удивительной красоте этого уникального творения природы. Пустынны и величаво спокойны громадные, до 68 м высотой и до 1 км шириной, белые песчаные горы; ласкова живая зелень лесов, перемежающихся пестрыми лугами цветущих трав; безбрежен простор Балтийского моря, то катящего на песчаные пляжи пенные валы и выносящего из таинственных глубин слезы богини Юрате — мелкие крупинки янтаря, то спокойно отражающего в голубизне солнечные блики.

Вся история косы — это, в сущности, борьба с ветровой эрозией. Дюны — результат взаимодействия двух сил — моря и ветра — находятся в постоянном движении. Передвигаются эти песчаные «странствующие» горы со скоростью 10—12 м, а бывает и до 20 м в год. Они почти всегда «курятыся»: едва ощутимое движение воздуха перевевает песчинки на их гребнях, а легкий ветер буквально на глазах заносит следы только что промчавшейся косули. Штормовые же ветры давно бы занесли песком город Зеленоградск, раскинувшийся у корня косы, если бы на пути ветра не встал заслон растений.

Когда-то здесь росли густые непро-

ходимые леса, но пришел человек — и лес уступил ему свое место: в начале XVII в. леса занимали 75% всей территории косы, а концу XVIII столетия здесь уже господствовали дюны. И в 1768 г. Данцигское общество естествоиспытателей объявило конкурс на наиболее простое и дешевое средство для преодоления разрушительной стихии подвижных дюн. Победителем в этом конкурсе вышел профессор Тициус, внесший предложение вернуть приморским дюнам их естественный лесной покров. С 1803 г. начались посадки древесных саженцев на дюнных песках.

Но выросший лес простоял недолго: в середине XIX в. коса снова стала почти безжизненной, только 10% ее территории покрывали леса. И движущиеся пески стали засыпать поселки, дороги, леса. В 1899 г. А. Соболев, побывавший во время своей заграничной командировки на Куршской косе, писал: «Несколько часов езды по железной дороге — и из зелени этих полных самой разнообразной жизни лесов вы переноситесь в совершенно мертвую пустыню, где ваш взор встречается лишь со светлыми массами сыпучего песка, нагроможденного прихотью ветра в валы, холмы, целые горы: ни признака присутствия какой бы то ни было жизни! — и только холодные морские волны, выбрасываясь на песок, нарушают гробовую тишину этой бесконечно однообразной местности. Это Куршу-Неринга»¹.

¹ Соболев А. Лесное хозяйство Пруссии в конце девятнадцатого столетия. СПб, 1899, с. 27.

Хвойный лес. В подлеске — рябина обыкновенная. Вид с дюнного гребня на характерный пейзаж Куршской косы. На первом плане — злаки-песколюбы, затем поляна из трав с голубыми прогалинами белокопытника и заросли горной сосны.



Сегодня «дикая пустыня» стала не только прекрасным уголком природы. Косу неустанно исследуют ученые. Орнитологическая станция Зоологического института АН СССР — крупнейший исследовательский центр по изучению биологии, поведения и миграции птиц. Сотрудники ботанических учреждений Литовской республики и кафедры ботаники Калининградского государственного университета изучают флору и растительность косы; лесоведам она хорошо известна как интродукционный полигон, где акклиматизированы и аккли-



Карта-схема Куршской косы.

матизируются многие древесные породы иноземного происхождения. Курортологи и врачи утверждают, что коса чрезвычайно благоприятна для отдыха и лечения. Геологи изучают здесь закономерности формирования морского дна, а заодно могут показать россыпи необычного темного песка на побережье — мелкие кристаллы граната.

Рельеф и микроклимат, климат и микроклимат косы таковы, что сформировавшийся здесь растительный покров чрезвычайно разнообразен. Есть на косе и верховое болото; и еловые, сосновые, смешанные, широколиственные и мелколиственные леса; и крохотная по размерам «степь»; и, наконец, подобие песчаной пустыни — дюны. Здесь встречается почти половина видов растений, свойственных флоре Калининградской области.

У самого основания косы, со стороны залива раскинулось громадное моховое болото, покрытое толстым слоем сфагнума.

В его мягкой подушке запутались тончайшие нити побегов клюквы, унизанные крохотными вытянутыми листочками; в болоте образует заросли вечнозеленый багульник, белые шапки его соцветий сплошь покрывают кусты. По краю болота растет морошка, растение, которое в области находится на границе ареала и потому внесено в список редких и исчезающих растений Калининградской области. Здесь же ловит насекомых рослянка, также внесенная в этот список².

В июле на болоте зреет прозрачно-желтая, с ананасным запахом морошка, сизая голубика, а попозже, в августе — брусника. Осенью мох словно усыпан рубиновыми бусинками — созревает клюква, в сухие годы много грибов.

Пьянящий аромат багульника стелется над болотом, топорщат ветви замшелые карликовые сосенки, кланяются ветру белоснежные султанчики пушицы. А за болотом сплошной стеной встал лес.

Толстый моховой ковер под ногами сменяется сначала хлюпающим торфом, затем песчаной почвой; меняется и облик растений. В канавах, прорезавших толщу торфа, цветет белокрыльник (*Calla palustris*) — родственник белоснежной каллы, а дальше избегают на пригорки сосны. Деревья стоят редко; на землю сквозь кружевные кроны льются теплые солнечные лучи, и в их животворном потоке раскрываются венчики цветов, созревают лесные ягоды — земляника, малина, ежевика. Розовеет на солнце кора сосен; прогретый смолистый воздух маревом струится над тропинкой. Вот в таком лесу неподалеку от поселка Рыбачий мы со студентами нашли линнеею северную (*Linnaea borealis*), редчайшее растение Калининградской области, более свойственное северным лесам.

Между поселками Лесное и Рыбачий раскинулись невысокие, но довольно густые сосняки. Под ногами шуршит олавшая хвоя, расцвеченная редкими солнечными пятнами; повсюду разбросаны мягкие подушки ярко-зеленого мха. Вот и все краски. Но одна из бархатных подушечек издали кажется расшитой узором из бледно-кремовых звездочек. Чтобы внимательно разглядеть «жемчужину зеленого моря» Куршской косы, придется встать на колени. Это одноцветка (*Moneses uniflora*). Само название говорит за себя — у растения все-

² Расиньш А., Кученева Г., Андроннова Н., Киреева Е. Редкие и исчезающие растения Калининградской области. — В кн.: Ботанические сады Прибалтики. Охрана растений. Рига, 1977, с. 113.



Одна из дюн Куршской косы.

го один цветок, кажущийся слишком крупным для бледного хрупкого стебелька, лишенного листьев. Пять белых, или чуть зеленоватых, или кремовых лепестков составляют звездочку, а над ней струится нежнейший аромат.

За болотистым березняком начинается ельник. Верхушки елей (да и других деревьев тоже) часто наклонены к востоку из-за постоянных на косе западных ветров. Дальше в понижении — смешанный лес. Поднявшись по песчаному откосу еле заметной тропкой, оказываемся на дюнах. Перед нами огромные светлые песчаные горы. Солнце, отражаясь от многочисленных кристалликов кварца, слепит глаза.

Дюны Куршской косы — вторые после Ландских (Франция) по высоте в Европе: одна из дюн — гора Эфа поднимается на 62 м, а гора Планеристов — на 68 м. Полого поднимаясь с наветренной морской стороны и почти отвесно обрываясь к заливу, они образовали волнистый, постоянно меняющийся гребень, протянувшийся почти во всю длину косы. Отсюда, с вершины дюнного гребня, одновременно открываются и серебристая гладь залива, и бескрайний морской простор, и пустынная цепь дюнных вершин, и густая зелень хвойного леса, и цветные коврики полян.

Только гребни подвижных дюн лишены растительности, а ниже видны куртинки колосняка (*Leymus racemosus*) и небольшие дернины булавоносца (*Сorynephorus canescens*); за ускользящий песок цепляются осоки и морская горчица (*Cakile*



Такими невысокими заборчиками из тростника или хвороста на Куршской косе укрепляют дюны.

baltica); прижимаются к земле стебли полыни и астрагала. Золотятся на солнце соцветия козлобородника (*Tragopogon brevirostris*), редкими пятнами голубеют округлые головки букашника (*Jasione montana*), стелется тимьян (*Thymus serpyllum*), образуя розовые полянки.

Укорениться, выжить и жить на дюнных песках нелегко: мало влаги, ничтожно количество питательных веществ, подвижен субстрат. В процессе адаптации у растений выработались и закрепились необходимые для жизни в таких условиях признаки: небольшие размеры надземной части по сравнению с разветвленной, хорошо развитой, зачастую «якорной» корневой системой; способность противостоять постоянному засыпанию песком; приспособления для запасаания влаги и уменьшения испарения (толстые, покрытые слоем кутикулы листья морской горчицы; листья булавоносца, свернутые в трубку; обильное опущение на листьях козлобородника). Некоторые растения дюн обладают весьма любопытными свойствами: песчаный тростник может жить и разрастаться, если только нижняя часть его стеблей ежегодно заносится свежим рыхлым песком, — такие наблюдения сделаны еще в конце прошлого столетия.

Не менее интересны и другие ландшафты косы. Где еще можно увидеть шары «перекати-поля», гонимые... бризом? Типичный ветер морских побережий и, в общем-то, степное растение — качим метельчатый (*Gypsophila paniculata*)! У корня косы



Пионерные растения на авандуне: чина морская и ястребинка зонтичная.

Пейзаж с горной сосной и ивовой ползучей.

Синеголовник.

Льянка Лозеля — типичное растение песчаных дюн.





по берегу залива тянется влажный луг: над высокой сочной травой поднимаются стебли дремы (*Coronaria flos cusculi*), украшенные розовыми цветками; поблескивают желтые лютики (а ранней весной — калужница); из переплетения трав смотрят голубые незабудки; подобны темно-рубиновым звездочкам цветки болотного сабельника (*Comarum palustre*). Над самой водой поникли «сережки» береговой осоки (*Carex riparia*); плывет над лугом смешанный аромат мяты и аира (*Ascorus calamus*). Встречаются здесь и вахта (*Menyanthes trifoliata*) с тройчатыми сочными зелеными листьями и бело-розовыми цветками — растение-реликт третичного периода; и редчайшие растения — орхидеи.

Их на косе более 10 видов, это треть видового состава семейства орхидных Калининградской области. Все эти орхидеи охраняются здесь.

Есть на косе и растения «Красной книги СССР»: гроздовник простой, лунник оживающий, жарновец метельчатый, вереск болотный. Гроздовник (*Botrychium simplex*) — маленький папоротник из семейства уховниковых. Его расчлененные листья отдаленно напоминают старинный замысловато выделанный ключ. Прежде гроздовник нередко называли «ключ-трава» и верили в его чудодейственную силу. Гроздовник простой — редкий реликтовый вид, в СССР проходит северо-восточная граница его мирового ареала.

Невысокие слабо олиственные кусты в редкостойном лесу между поселками Морское и Рыбачий в одну майскую ночь вдруг становятся золотыми — это зацвел жарновец (*Sarothamnus scorpius*). Ветви и мелкие листья скрывает сплошная цветочная завеса — так обильно цветение. Каждый отдельный цветок — словно бабочка с глянцевыми желтыми крылышками. Тонкие граненые веточки жарновца и зимой сохраняют ярко-зеленый цвет, в дни зимней бескормицы ими лакомятся лесные обитатели — косули, олени, зайцы. Отсюда другое название растения — заячья ива.

Лунник в Калининградской области чаще всего можно увидеть на зимних выставках цветоводов-любителей. Редко кого не привлекут серебристые овалы, со слабозвонящим шорохом покачивающиеся на сухих стеблях. Ботаническое название растения — лунник оживающий (*Lunaria rediviva*). И верно, отмирающее на зиму растение каждую весну вновь оживает, выбрасывает туго высокие стебли с широкими шероховатыми листьями; раскрываются крупные четырехлепестковые цветки, собранные на верхушке стебля в рыхлое шаровидное соцветие.

Лунник очень редок в Калининградской области, самое большое местообитание его именно на Куршской косе, в полутора километрах от курортного города Зеленоградска. Растение чрезвычайно страдает во все времена года: весной, во время цветения — от рьяных «любителей» природы, стремящихся унести домой охапку цветов; летом — от выпатывания (несколько тропинок, ведущих к морю, уже прорезали участок с лунником, и с каждым годом появляются все новые); даже зимой нет покоя этому растению — запоздалые туристы нет-нет да и соблазняются прозрачно-восковыми медальонами плодов лунника.

Вереск болотный, или эрика крестовидная (*Erica tetralix*) — крайне редкий вид, находящийся в СССР на окраине ареала. Невысокий кустарничек с тонкими густо олиственными ветвями, с темно-зелеными листьями, собранными в мутовки по четыре, и крупными, почти в сантиметр, красноватыми цветками обнаружен в северной части косы неподалеку от поселка Пярвалка.

Требуют охраны и многие другие виды растений Куршской косы: синеголовник морской (*Eryngium maritimum*), чина приморская (*Lathyrus maritimus*), волчье лыко (*Daphne mezereum*), зимолюбка зонтичная (*Ghympaphyla umbellata*), папоротник-многоножка (*Polypodium vulgare*), плауны.

Современное состояние флоры и растительности Куршской косы в значительной мере определяется высоким уровнем антропогенного воздействия, в последнее время приобретающего характер экологического фактора. Снижается семенная продуктивность некоторых растений, уменьшается количество особей в популяциях, особенно среди ятрышниковых — любки двулистной (*Platanthera bifolia*) и дремлика ярко-красного (*Epipactis atrorubens*). Некоторые местообитания исчезают совсем: так в связи с расширением дома отдыха в поселке Лесное погибла единственная популяция неоттианты клобучковой (*Neotianthe cucullata*). Находится под угрозой одна из немногих на косе популяция гонкении (*Honkenya reploides*).

Особенно страдают фитоценозы в окрестностях турбазы «Дюны». Окружающие турбазу леса находятся в 5-й, последней, степени дигрессии; почти исчезли свойственные лесам виды растений, а вместо них внедряются чужеродные луговые и сорные травы.

Все происшедшие неблагоприятные изменения во флоре и растительности связаны с большой перегруженностью турбазы: в отдельные месяцы здесь отдыхают до 900 человек одновременно (при рекреационной норме не более 400—500 человек). Подсчитано, что человек, пройдя по склону дюны, смещает около 40 т песка. Все же, пожалуй, один человек не принесет вреда, его следы быстро занесет песком. А если по дюнам из года в год путешествовали бы многочисленные отдыхающие? Какие-то меры безопасности для сохранения дюн на косе предприняты: по дюнам разрешается ходить только в местах, укрепленных настилом; оборудуются спуски к морю; прокладываются туристские и прогулочные тропы; строятся смотровые площадки.

К сожалению, коса еще не заняла принадлежащего ей по праву места в системе заповедных территорий нашей страны, и уникальный гармоничный мир этой узкой полоски суши может погибнуть под давлением все возрастающего антропогенного воздействия. Кафедрой ботаники Калининградского государственного университета разработана система микрозаказников для охраны наиболее уязвимых видов флоры косы. Однако это лишь полумера. Действенной и действительной охрана растительного мира Куршской косы может стать только при условии общего заповедания этого уникального памятника природы.

Наш рассказ о мире растений косы

будет неполным, если не отметить еще одно важное обстоятельство, делающее Куршскую косу не только памятником природы, но памятником упорного человеческого труда, памятником культуры в широком смысле этих слов.

Сложная и дорогостоящая работа по закреплению песков ведется на косе издавна, и сейчас ее продолжают два крупных лесхоза — Нерингский в северной части косы и Куршский в южной. Сначала дюну укрепляют заборами из тростника или хвороста, а потом сажают травы. Травы здесь действительно приходится не сеять, а сажать по несколько стебельков в ямку, иначе семена засыпет или унесет ветер. Посадить и вырастить лес на одном гектаре косы стоит в 10—20 раз дороже, чем засадить лесосеки и гари с другими, непесчаными почвами. Даже те древесные породы, которые хорошо приживаются в столь суровых условиях, сажают не прямо в песок, а в комочки глины, удерживающие саженцы в сыпучем грунте. А если после посадок случится жаркая погода — этот комочек глины высохнет и погубит растение. Тогда придется все начинать сначала.

В самом начале нашего рассказа коса была названа испытательным интродукционным полигоном. И это не просто эпитет. В лесных посадках еще с прошлого века выращиваются сосна Банкса (*Pinus banksiana*), ель колючая (*Picea pungens*) и канадская (*Picea glauca*), акация белая (*Robinia pseudoacacia*), черемуха поздняя (*Padus serotina*) и магония падуболистная (*Mahonia aquifolium*) из Северной Америки; сосна горная (*Pinus mugo*) и черная (*Pinus pallasiana*) из Центральной Европы; шиповник морщинолистный (*Rosa rugosa*) дальневосточного происхождения.

Особенно распространена здесь горная сосна. Растет она в виде древовидного кустарника или небольшого деревца, достигающего на косе всего 3—4 м. По сравнению с сосной обыкновенной горная сосна обладает целым рядом преимуществ: совершенно не страдает от «шютте» (болезни, вызывающей скручивание и засыхание побегов), не боится гололедицы, ветра, снегопадов; в первые годы стелется по земле, способствуя сохранению влаги и предохраняя песчаную почву от выдувания; на 10—12 году жизни корни смыкаются, полностью затеняют почву и начинается интенсивное накопление подстилки. С 5—6-летнего возраста сосна горная начинает плодоносить, образует семена высокого качества и хорошо возобновляется

самосевом. Интродуцированная на Куршской косе ель канадская также оказалась значительно устойчивее ели обыкновенной. Встречающаяся куртинами и отдельными деревьями робиния (белая акация) — неплохая почвоулучшающая порода. Кроме того, она способна противостоять рекреационному воздействию, а в период цветения дает обильный взятки пчелам. Хорошо защищает почву и шиповник морщинолистный.

На территориях поселков интродуцированных растений еще больше: пихта одноцветная (*Abies concolor*), туя западная (*Thuja occidentalis*), виноград пятилисточковый (*Parthenocissus quinquefolia*) и еще 7—8 видов из Северной Америки: золотой дождь (*Laburnum anagyroides*), бирючина (*Ligustrum vulgare*), форзиция (*Forsythia europaea*), каштан конский (*Aesculus hippocastanum*) южно-европейского происхождения и др. Всего на косе около 120 видов древесных растений, более половины из них — интродуценты. Что же касается горной сосны, то эта уроженка гор Центральной Европы прочно освоилась на Куршской косе и стала основной породой, укрепляющей пески и формирующей современный — мы можем с полным правом и уверенностью так говорить — культурный ландшафт косы.

Наконец, пространственная ориентация — с юго-запада на северо-восток — совпадает с направлением путей миграции птиц — и это делает Куршскую косу уникальным птичьим «эльдорадо», хорошо известным отечественным и зарубежным орнитологам. Особенно много пролетает птиц осенью — до 2 млн в день. Остатки птиц здесь кольцуют, а для этого устанавливают огромные сети-ловушки, до 10 м высотой.

Для сохранения этого воистину прекрасного и обладающего неоспоримой научной ценностью памятника природы и культуры необходимо заповедание территории Куршской косы либо на уровне национального парка (как это сделано нашими литовскими соседями в северной части косы), либо приданием ей статуса комплексного заказника, распространяющего заповедный режим на флору, фауну и неживую природу.

На косе сейчас не свирепствуют пески, жителям поселков не приходится перебираться на новые места, как это случилось делать в XIX в. Даже бушующие ветры разбиваются о лесные массивы. Но в этом году, в конце января — начале февраля, над Балтикой пронесся необы-



Серая цапля на охоте. Гнездовую колонию цапли устроили на деревьях в окрестностях поселка Рыбачьего.



Краснозобая гагара (молодая птица) — один из многочисленных видов птиц, останавливающихся на Куршской косе на пролете.

чайной силы ураган; пятиметровые волны, гонимые штормовыми ветрами (до 40 м/с) обрушились на косу. И береговой вал не выдержал: на протяжении нескольких сот метров море разрушило его и, затопив лес и шоссе, устремилось к заливу.

Когда немного утих ураган, к месту прорыва были брошены все силы: сотни машин везли бетонные конструкции и гравий, люди трудились днем и ночью; на пути волн встали громадные надолбы. Но очередной ураган свел на нет все усилия, прорыв образовался вновь, а авантюна на несколько километров вдоль береговой линии была словно срезана бритвой.

Теперь море успокоилось, оставив длинные шлейфы песка в лесах, примыкающих к авандюне; береговой вал восста-

навливается и укрепляется; ожили растения, прилетели птицы. Но стоят на авандюне мертвые деревья, засыпаны песком и не восстанавливаются местообитания редких растений. Пострадали именно те участки, которые необратимо изменены неразумными действиями человека, где избыточно сильно рекреационное давление. По авандюне нельзя ходить — это давно известно. Человек, пройдя по дюне, смещает 40 т песка, а 10, 100 человек? На зеленоградском пляже летом отдыхают тысячи людей. Коса была разрушена именно около Зеленоградска.

Человеку предстоит громадная работа на косе. И очень важно, чтобы, восстанавливая ее, он следовал природным законам, а не диктовал свои условия.



Проблема малых заповедных территорий

А. А. Гусев

Центрально-Черноземный государственный заповедник им. В. В. Алехина
Курск

А. Д. Покаржевский,

кандидат биологических наук
Институт эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова АН СССР
Москва

В антропогенном ландшафте Европейской части СССР, особенно в лесостепных и степных районах, в республиках Прибалтики и в Молдавии, государственные заповедники занимают небольшие площади: самый крупный из них — Воронежский — немного более 30 тыс. га, а большинство — от 1 до 10 тыс. га. Некоторые из них — Центрально-Черноземный биосферный, Украинский степной и Луганский заповедники — не представляют единой территории, а состоят из нескольких участков. На окружающих заповедники территориях сильно сократились площади местообитаний, пригодных для устойчивого существования популяций крупных млекопитающих — лося, кабана, косули, и животные скапливаются лишь на небольших охраняемых участках, где отсутствует фактор беспокойства. Например, в Центрально-Черноземном биосферном заповеднике им. В. В. Алехина, состоящем из пяти участков площадью от 30 га до 2 тыс. га каждый, средняя плотность лосей, кабанов и косули на 1 тыс. га составляет 35, 63 и 43 особи соответственно, а в отдельные годы достигает 66, 110 и 135 для каждого вида этих животных. В Курской же области, на территории которой находится заповедник, по данным областной охотничьей инспекции, в настоящее время на каждой тысяче гектаров встречается около 2 лосей, 9 кабанов и 6 косуль.



Лось стал обычным животным многих заповедников.

Такое скопление крупных копытных на малых площадях заповедников может привести к существенным нарушениям и изменениям в их экосистемах и, следовательно, к потере основного качества заповедных территорий — их эталонности. Для перенаселенных дубрав Центрально-Черноземного заповедника такая угроза уже вполне реальна, особенно это заметно при изучении питания лосей — основных потребителей веточного корма.

Когда в начале 60-х годов в заповеднике появились лоси, подрост дубрав состоял преимущественно из молодых дубков и бересклетов — бородавчатого и европейского (их общая плотность достигала 1,5 — 2 тыс. побегов на га). Для лосей это был основной корм, составлявший

78% их рациона. К началу 70-х годов лоси уничтожили так много дубков и бересклетов, что эти виды перестали играть сколько-нибудь заметную роль в подросте и сейчас встречаются лишь отдельными экземплярами. Вместо дуба и бересклета появились черемуха, рябина, клен татарский, и лоси стали питаться их побегами (доля в рационе 65%, а в 60-е годы составляла лишь 4%). Уже сейчас заметно изменился состав подроста растительности в заповеднике, и если не снизить численность лосей или не увеличить площадь их местообитаний, может измениться и состав древесных пород.

Сохранить природный комплекс малых особо охраняемых территорий, окружающих антропогенными ландшафтами, можно только или строго подерживая определенную численность животных в заповедниках, или увеличив их площади.

«Рассуждение о предсказании погод»

Член-корреспондент АН СССР
М. И. Будыко
Ленинград

«По сие время не можно было человеку столько проникнуть в уставы естества, чтобы с вероятностью можно было сказать, от каких причин погода переменяется», — такими словами начинается первая статья первого номера журнала Академии наук «Новые ежемесячные сочинения к пользе и увеселению служащие», вышедшего в 1786 г.¹ Эта статья, названная «Рассуждение о предсказании погод» и подписанная инициалами С. Р., производит необычайно современное впечатление. Под оболочкой своеобразного языка XVIII в. скрываются мысли о прогнозировании погоды, не утратившие актуальности для науки об атмосфере, в связи с чем стоит остановиться на ее содержании подробнее.

Автор статьи отвергает возможность успешного прогнозирования погоды на длительный срок: «Что же думать о предсказании погоды на целый год? Они не что иное суть, как тщетное и пустое умствование, которым легкомысленным людям во многих случаях вред нанести может. Вообще о предсказателях погод сказать можно, что они лучше бы сделали, если бы вместо предсказаний основания свои свету предложили; однако можно бы было, совокупляя с оными другие наблюдения и исправляя оные известным и непререкаемым естества законом, со временем предло-



Степан Яковлевич Румовский
29.X [9.XI] 1734—6[18]. VII 1812.

жить свету что-нибудь полное и удовлетворительное...»

Иное отношение у автора «Рассуждения...» к краткосрочному прогнозу: «Совсем иное дело обстоит с предсказаниями погод на следующий день или по последней мере на другой или на третий день». Указав на возможность использования местных признаков для краткосрочного прогноза погоды и отмечая роль в то время мало распространенного прибора — барометра — «главного орудия к предузнанию погод употребляемого», С. Р. между тем отмечает: «на предсказателя сего, который, однако, по сие время есть надежнейший, не всегда положиться можно; ибо он показывает одно давление воздуха, а причины перемен в погоде могут быть весьма различны или по крайней мере не одно давление».

Обсуждая в статье вопрос о возможности установления общих закономерностей изменений погоды, автор заключает: «...и кажется не невозможно со временем открыть правило, по которому погоды переменяются. Но чтобы сего достигнуть

или хотя бы к сему приблизиться неотменно надлежит:

1. Во многих местах и через весьма долгое время записывать воздушные перемены, потому что состояние атмосферы каждого места зависит от состояния воздуха в околележащих местах.

2. Чтобы орудия, которыми перемены в воздухе будут наблюдаемы, были сколь возможно одинаки и совершенны; ибо по многим примерам известно, что небольшие в наблюдениях неверности доводят иногда до ложного заключения.

Многие скажут, что перемены погод от многих случайных причин зависят и постоянно-го порядка между ими быть не может: следовательно, все старания о предсказании погод останутся тщетны. Но сего заключения доказать невозможно: оно основано наипаче на том, что по сие время все покушения не имели желаемого успеха».

Далее автор статьи приводит в качестве примера успешного решения естественнонаучной проблемы достижения астрономии, о которых он говорит: «...не могли бы мы предсказывать с такою точностью затмений и других небесных явлений, если бы Невтон не открыл закона, по которому небесные тела взаимно друг на друга действуют; ежели бы орудия звездословские не приведены были в такое совершенство, в которое приведены ныне, и ежели бы, наконец, высшая математика не возведена была до такого совершенства, что ныне малейшие из найденного Невтоном закона происходящие в движениях небесных тел перемены вычислять в состоянии. ...Ежели теперь примем в рассуждение, сколько надобно было сделать новых открытий, преодолеть трудностей, чтобы в состоянии быть предсказывать столь верно небесные явления, то неудивительно покажется, что предсказание на будущее время погод требует может быть больших

¹ Журнал «Новые ежемесячные сочинения...» продолжил традиции первого ежемесячного журнала Академии наук России «Ежемесячные сочинения к пользе и увеселению служащие», издававшегося в Петербурге по инициативе и под редакцией академика Г. Ф. Миллера с 1755 по 1764 г.

подвигов и времени, по тому самому, что перемена их от многих и разных причин зависит.»

В заключении статьи говорится: «Положим, что по прошествии некоторых веков, не смотря на все наблюдения и их сношение, покушения наши останутся тщетны: то по крайней мере от сих трудов произойдет та польза, что с большей вероятностью нежели ныне утверждать можем, что открыть круг в погодах превышает силы человеческие. При настоящем вещей положении не видно еще следов к такому откровению, потому что мало еще делано наблюдений, а тем меньше сравнений их между собой; но польза, которую откровение сие поtomству принести может, сугубое в ученых возбуждает ныне рачение.»

Сейчас, «по прошествии некоторых веков», интересно сравнить мысли автора с историей науки об атмосфере за последние двести лет и с современным положением прогнозов погоды.

Полностью подтвердилось проведенное автором разделение предсказаний погоды на краткосрочные (до трех дней), которые он считал реальными, и предсказания на год вперед, в возможности которых он сомневался.

История метеорологических исследований подтвердила мнение С. Р. об исключительном значении для разработки прогнозов погоды сети метеорологических станций, на которых производятся систематические наблюдения при помощи достаточно точных приборов. Хотя первые шаги к созданию такой сети были сделаны еще в XVIII в., и о них автор статьи несомненно знал, фактически мировая система наземных метеорологических станций сложилась только в конце XIX в., т. е. через столетие после публикации рассматриваемой статьи. Однако и сейчас создание этой сети не может считаться законченным, особенно недостаточны материалы наблюдений над океанами. Как известно, в последние годы для получения этих материалов все шире используются данные спутниковых метеорологических наблюдений.

Особенно интересен приведенный автором пример для развития науки о прогнозах погоды успехов астрономических исследований, основанных на законах механики и достижениях «высшей математики». Такой подход к задаче прогноза погоды был осуществлен, в основном, в течение нескольких последних десятилетий, когда были разработаны методы численного краткосрочного прогноза погоды и численных долгосрочных прогнозов различной заблаговременности, в основном на срок до месяца. В последние годы большое внимание привлекают разработки методов прогноза погоды на более длительный срок, основанные на изучении процессов взаимодействия океана и атмосферы, а также прогнозов колебаний климата, связанных с изучением двухлетнего цикла колебаний атмосферных процессов, оценкой влияния вулканических извержений на климат и с некоторыми другими идеями.

Совершенно очевидно, однако, что возможная точность предсказаний изменений погоды ограничена в результате неустойчивости атмосферной циркуляции. Воздействие этой неустойчивости на перемещения воздушных масс и изменение их физического состояния тем больше, чем продолжительнее интервал времени, в течение которого развиваются процессы атмосферной циркуляции. Поэтому если даже краткосрочные прогнозы, данные на основе наиболее современных методов, часто бывают ошибочны, то долгосрочные прогнозы погоды оказываются неудачными гораздо чаще.

Кто же был автором «Рассуждения...»? Большинство статей в журнале «Новые ежемесячные сочинения...» были анонимными или подписывались инициалами авторов. Профессиональных метеорологов в России в XVIII в. вообще не существовало, однако несколько ученых интересовались отдельными вопросами науки об атмосфере. Одним из них был выдающийся астроном, академик С. Я. Румовский (1734—1812). Он заменил М. В. Ломоносова на посту руководителя географического департамента Академии наук и был

первым вице-президентом Академии, заняв этот пост после его создания в 1800 г.

Кроме астрономии С. Я. Румовский занимался многими естественными и гуманитарными науками. Он был, в частности, одним из составителей шеститомного этимологического словаря Российской академии. Большой известностью пользовались выполненные С. Я. Румовским переводы исторических сочинений Тацита и части «Естественной истории» Буффона.

Тот факт, что «Рассуждения...» написаны именно С. Я. Румовским подтверждается, во-первых, содержащимися в статье соображениями о развитии астрономии, а также тем, что он нес основную ответственность за издание «Новых ежемесячных сочинений» и, естественно, счит своей обязанностью написать первую статью для первого номера журнала.

Для правильной оценки статьи С. Я. Румовского полезно сравнить ее с другими работами по метеорологии, которые написаны известными учеными того времени. Так, в частности, в № 3 и 4 «Новых ежемесячных сочинений...» помещен перевод работы почетного члена Петербургской Академии наук профессора Падуанского университета аббата Д. Тоальдо «Приклад метеорологии к земледелию». Большинство положений, высказанных в этой работе, совершенно ошибочны с точки зрения современного состояния науки. Фантастичны многие мысли, высказанные в анонимной статье «Примечания о теплоте животных и о воздухе, поелику участие имеет в здравии» (тот же журнал, № 2). В отличие от этих работ и многих других аналогичных публикаций того времени, статья С. Я. Румовского не содержит сколько-нибудь существенных ошибок, и ее основные мысли сохраняют актуальность до нашего времени. Почти за два столетия до возникновения научных основ прогнозирования погоды С. Я. Румовский обнаруживает понимание путей решения этой проблемы, что делает его статью «Рассуждение о предсказании погоды» важным документом в истории науки об атмосфере.



КРАСНАЯ КНИГА



Кавказская длиннохвостая саламандра

А. Т. Божанский,

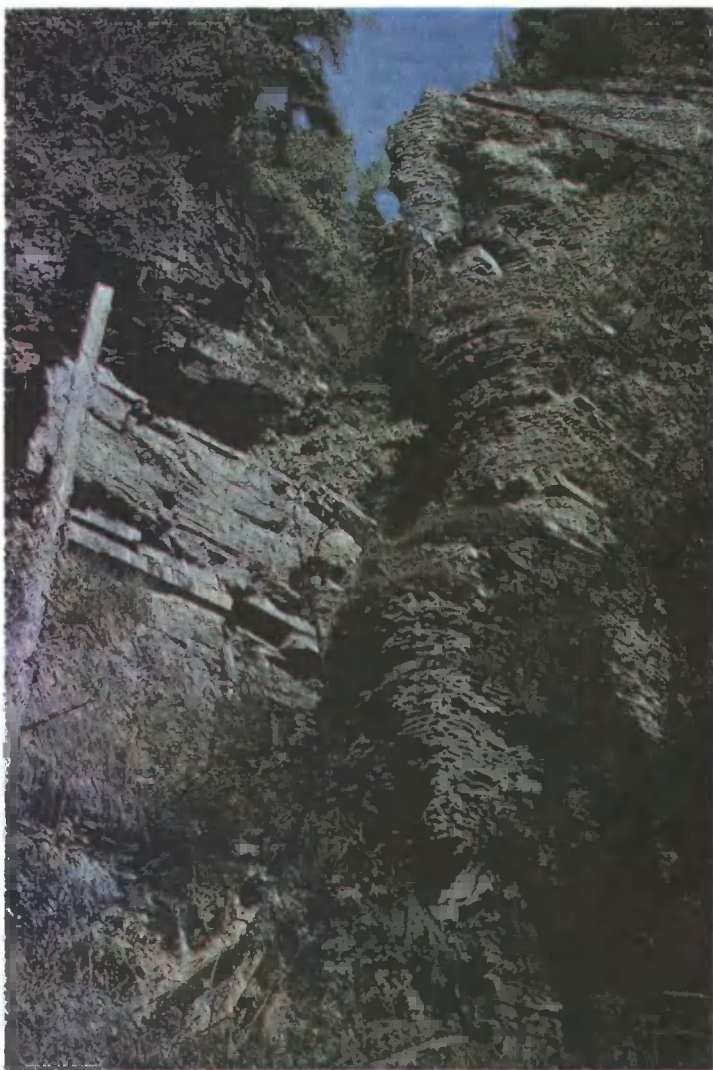
Д. В. Семенов

Москва

Даже среди специалистов найдется немного людей, видевших в природе кавказскую длиннохвостую саламандру (*Mertensiella caucasica*). И до сих пор это одна из наименее изученных хвостатых амфибий фауны СССР. Обитает саламандра в западной части Грузии, Аджарии и прилегающих районах Турции. Как редкий и эндемичный вид, она внесена в «Красную книгу СССР».

Впервые длиннохвостая саламандра была найдена на Кавказе, а описание дано во Франции в 1876 г. Затем в 1919 г. бельгийский герпетолог О. Цирен предпринял специальную экспедицию для поисков кавказской саламандры и сбора сведений по ее биологии¹. Участникам экспедиции долго не удавалось обнаружить это загадочное животное, но помогла экспедиционная лошадь, случайно перевернувшая камень при подъеме вдоль русла горного ручья. Под камнем и сидела кавказская саламандра — изящное животное, так непохожее на других известных саламандр.

За первой находкой последовали другие. Во время экспедиции ее участники обнаружили две популяции саламандр, собрали и описали их личинок и даже наблюдали спаривание животных (единственное до сих пор наблюдение за поведением в брачный пе-



Типичный биотоп кавказской длиннохвостой саламандры — горные ручьи, окруженные густой растительностью.

ареал и сообщаются данные по экологии саламандры². К сожа-

¹ Cyren O. — Bericht der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft in Frankfurt am Main, 1911, Bd. 42, T. 2, S. 175.

риод кавказской саламандры в естественных условиях). Тогда же появляется несколько публикаций, в которых уточняется

² Кноблукх А. — Изв. Кавк. музея, Тифлис, 1905, т. 2, вып. 1, с. 25; Никольский А. М. Пресмыкающиеся и земноводные Кавказа. Тифлис, 1913; Lantz L. — Blätter für Aquarien und Terrarienkunde, 1911, Bd. 22, № 1—3.

лению, многие сведения, ставшие известными из этих сообщений, были основаны лишь на предположениях, и устоялось мнение, будто саламандра постоянно живет в воде, питается беспозвоночными, ведет ночной

взгляда можно отличить от саламандры огненной и этим она напоминает ящерицу. Хвост почти вдвое длиннее туловища — до 12 см. По рассказам местных жителей, встречаются и гигантские экземпляры, раза

нем виде и загадочном образе жизни саламандры; действительно, она оказалась ядовитой — в ее коже много желез, выделяющих белую вязкую жидкость с запахом муската. Для человека этот яд не опа-



Взрослая саламандра.

образ жизни и размножается яйцеживорождением (откладывает яйца с уже вполне сформировавшимися личинками).

Что же это за животное в действительности? Окраской длиннохвостая саламандра очень похожа на широко распространенную в Европе огненную саламандру: спина черно-коричневая с лаковым блеском, брюшко немного светлее; вдоль спины до середины хвоста идут два ряда овальных желтых или оранжевых пятен (их количество, размеры и расположение очень непостоянны). Встречаются и совершенно черные амфибии. Окраска молодых саламандр несколько ярче, чем у взрослых.

Тело длиннохвостой саламандры длинное (6—8 см) и стройное, этим ее с первого

в два крупнее обычных. Гибкий, сплюснутый с боков и очень подвижный хвост может обламываться, если схватить за него саламандру.

Обследуя популяции кавказской длиннохвостой саламандры, мы часто встречали и бесхвостых животных и с уже отросшими хвостами. Возможно, саламандры оставляют хвост не только в зубах хищника, ведь каннибализм — довольно частое явление среди других саламандр.

Местные жители издавна считали длиннохвостую саламандру ядовитой и опасной и потому безжалостно уничтожали ее. Вероятно, причина этого не только в необычном внеш-

сен, но, попадая на слизистую оболочку, он вызывает резкое раздражение и боль. Кожный яд — саламандротоксин — вызывает отравление у собак при введении его под кожу или через рот и даже приводит к смертельному исходу¹. Конечно, ядовитые секреты кожи и яркая предупредительная окраска — приспособления, защищающие саламандру от хищников. Но не менее важная функция желез — защита голы кожи от патогенных микроорганизмов.

После публикаций начала века саламандру почти никто не изучал, обстоятельных исследований по ее биологии нет и до сих пор, поскольку это животное очень трудно обнаружить

¹Экатишвили З. С. — Тр. биол. станций Наркомтреса ГрузССР, 1940. т. 1, с. 110.

¹Пигулевский С. В. Ядовитые животные. М., 1966.



Личинка саламандры.

в природе. Тем не менее отрывочные сведения постепенно накапливались, и оказалось, что многое из сообщений по экологии саламандры противоречит действительности, а некоторые последние данные ставят новые вопросы.

Действительно, саламандру находят в основном в воде или у воды, но найдена она также и в лесной подстилке вдали от водоемов³. Кроме того, неясно, как попадает саламандра в многочисленные мелкие ручьи, разделенные крутыми водоразделами. Ведь ни в низовьях ручьев, ни в реках она не встречается и потому по речному руслу не может перемещаться из одного ручья в другой. А, может быть, она совершает дальние сухопутные путешествия или вообще большую часть жизни проводит вне воды, в горных лесах, а к ручьям спускается только в период размножения?

Кстати, с размножением тоже нет полной ясности. Обычно у хвостатых амфибий из яйца сначала выходит живущая в воде личинка, у которой только перед самым метаморфозом появляются конечности. Личинок же кавказской саламандры ранних стадий развития никто никогда

не находил. Были ли личинки этой саламандры обнаружены ранней весной, летом или осенью, — у них всегда были четыре конечности. Итак, если саламандра откладывает яйца (ее кладка была найдена на дне горного ручья в 1963 г.), то почему же не удается обнаружить личинок ранних стадий? А если это яйцеживородящее животное, как полагали раньше, то как же увязать кладки яиц? Вопрос этот не решен, но, например, Н. Озети предполагает, что в благоприятных условиях кавказская саламандра откладывает яйца, а в суровых — приносит личинок⁶.

Неясен и вопрос о суточной активности саламандр. Действительно, днем их обычно находят в убежищах — под камнями, корягами, в трещинах земли, но мы встречали и свободно перемещающихся животных, а одну саламандру поймали во время ее охоты — со слизнем в пасти. Кроме того, постоянный сумрак, царящий в местах обитания саламандр, их скрытный образ жизни (они могут перемещаться по подземным ходам грызунов) делают излишней строго ночную активность. Да и зачем саламандре ночью предупредительная окраска?

Выяснилось, что и отловленные в ручьях саламандры питаются далеко не одними водными беспозвоночными. В об-

следованных нами желудках саламандр почти треть их пищи составляли наземные, а не водные животные — пауки, мухи, жуки, бабочки, тараканы.

Таким образом, кавказская длиннохвостая саламандра по-прежнему остается загадочной. Между тем доскональное знание ее биологии — настоятельная необходимость, иначе нельзя принять действенных мер по охране этого уникального вида.

В современном ареале кавказская саламандра найдена в нескольких точках. Типичные местообитания ее — горные ручьи, окруженные густой растительностью и заваленные принесенными при паводках валунами и корягами. В местах, где вырубаются горные леса или вода ручьев отводится в водопровод, саламандры исчезают. Мы не нашли также ни одной саламандры ни вдоль ручьев, по которым производилась трелевка леса, ни в ручьях, перегороженных при сооружении дорог и газопроводов. Саламандры встречаются только в верхнем течении горных ручьев, куда не проникают многочисленные туристы и отдыхающие и где не пасется скот.

Немалый вред кавказской саламандре наносит массовый бесконтрольный вылов ее для содержания в террариумах и торговли ею. Ясно, что любое изъятие животных из природы приводит к снижению численности. Это важно помнить и герпетологам, изучающим биологию саламандры, и применять методы исследования, наносящие минимальный урон естественным популяциям. Мы в своей работе по изучению питания кавказской саламандры использовали метод прижизненного промывания желудка вместо общепринятого вскрытия и следили за мечеными животными, чтобы выяснить пути их передвижения.

И конечно, необходимо разрабатывать методики содержания и искусственного разведения саламандр в неволе. Интересные работы в этом направлении ведутся сейчас в Московском зоопарке.

Естественно, что сохранить саламандру можно лишь оберегая места ее обитания от хозяйственной деятельности.

³ Obst F. J., Rotter J. — *Aquarien und Terrarien Zeitschrift*, 1962, Bd. 9, № 2—3, S. 50, 84.

⁶ Özeti N. — *Herpetologica*, 1979, v. 35, № 3, p. 193.

ЗАГАДКА СОЛНЕЧНЫХ НЕЙТРИНО

На страницах журнала «Природа» вновь проблема солнечных нейтрино.

15 лет назад сотрудниками Брукхейвенской национальной лаборатории (США) под руководством профессора Р. Дэвиса были получены первые результаты по поиску нейтринного излучения, исходящего от Солнца. Сейчас, после 15 лет упорного и кропотливого труда, мы с большим основанием, чем когда-либо, можем сказать: Р. Дэвис и его сотрудники «видят» солнечные нейтрино. Несомненно и то, что величина детектируемого потока меньше теоретически ожидаемой. Выдвинуты многочисленные предположения, объясняющие наблюдаемое расхождение. Однако вопрос окончательно может быть решен лишь в новых экспериментах, которые в настоящее время готовятся в Институте ядерных исследований АН СССР и в Брукхейвенской национальной лаборатории.

Статья Ю. С. Копысова «Нейтринная спектроскопия солнечных недр» знакомит с современным состоянием проблемы солнечных нейтрино.

Интервью, данное профессором Р. Дэвисом журналу «Природа» в декабре 1982 г., когда он посетил СССР, позволяет прикоснуться к атмосфере становления первых экспериментов по поиску солнечных нейтрино, знакомит читателя с планами Р. Дэвиса на будущее.

В основу эксперимента Р. Дэвиса лег радиохимический метод регистрации нейтрино, который был предложен в 1946 г. Б. М. Понтекорво. Все эти годы интересы Б. М. Понтекорво были тесно связаны с физикой слабых взаимодействий, и в частности с физикой нейтрино. Именно поэтому редакция обратилась к Б. М. Понтекорво с просьбой прокомментировать различные аспекты проблемы солнечных нейтрино.

22 августа 1983 г. Бруно Максимовичу Понтекорво исполняется 70 лет. Редколлегия и редакция журнала «Природа» поздравляют Бруно Максимовича с юбилеем и желают ему многих лет плодотворной деятельности в науке.

Нейтринная спектроскопия солнечных недр

Ю. С. Копысов

В Приэльбрусье близится к завершению строительство Баксанской нейтринной обсерватории Института ядерных исследований АН СССР. Впервые в мире с таким размахом ведутся подземные строительные работы, цель которых — создание уникального комплекса исследовательских лабораторий с низким фоном космических лучей и естественной радиоактивности. Это будет настоящий подземный научный город.

Скоро здесь, в сердце горы Андырчи, вступит в строй первый из серии солнечных нейтринных телескопов, и тем самым будет прорублено окно к самому центру Солнца. Отсюда в «нейтринном

свете» будут вестись наблюдения за процессами, протекающими в солнечном ядре. Эти наблюдения должны будут ответить на фундаментальные вопросы теории строения Солнца и разрешить парадоксы, возникшие благодаря первым экспериментам по регистрации солнечных нейтрино.

ПРОБЛЕМА СОЛНЕЧНЫХ НЕЙТРИНО

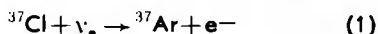
Каждые три месяца на протяжении вот уже 15 лет профессор Р. Дэвис с группой сотрудников из Брукхейвенской национальной лаборатории (США) вылетают на скоростном лайнере в г. Хоумстейк (шт. Южная Дакота) и опускаются в подземное помещение золотоносной шахты, спе-



Юрий Серафимович Копысов, кандидат физико-математических наук, младший научный сотрудник Института ядерных исследований АН СССР. Основные работы посвящены проблеме солнечных нейтрино, теории внутреннего строения Солнца и теории ядерных реакций водородной цепи.

циально оборудованное под нейтринную обсерваторию. Здесь на глубине 1490 м они производят очередное извлечение нескольких десятков атомов радиоактивного аргона (^{37}Ar), которые должны образовываться под действием потока солнечных нейтрино в 615-тонном резервуаре нейтринного детектора, заполненного перхлорэтиленом (C_2Cl_4). Каждые три месяца накопившиеся в резервуаре атомы ^{37}Ar в смеси с небольшим количеством стабильного аргона они помещают в пропорциональный счетчик и... в очередной раз убеждаются, что в нейтринном детекторе образуется в 3—4 раза меньше атомов ^{37}Ar , чем предсказывают расчеты, основанные на стандартной эволюционной модели Солнца.

Идея использования реакции превращения хлора в радиоактивный аргон



для регистрации потока солнечных нейтрино восходит к 1946 г., когда Б. М. Понтекорво — ученик и соратник великого Ферми — предложил принципиально новый, радиохимический, метод регистрации нейтринного излучения. Он указал на то, что из большого объема детектора, содержащего хлор, можно выделить атомы радиоактивного аргона и, сконцентрировав в малом объеме пропорционального счетчика, сосчитать их. Это избавляло от необходимости регистрировать электроны, образовавшиеся под действием нейтрино в большом объеме детектора, и тем самым ликвидировало почти непреодолимую в то время проблему идентификации электронов, которые рождались именно в реакции (1). Последующие 20 лет работы с хлор-аргоновой методикой привели к созданию брукхейвенского детектора солнечных нейтрино.

Если в первые годы брукхейвенских экспериментов сигнал от солнечных нейтрино был ниже фонового уровня и уда-

валось получить лишь верхний предел для скорости образования аргона (оказавшийся значительно ниже теоретических предсказаний), то результаты последнего десятилетия дали основание полагать, что те несколько десятков атомов ^{37}Ar , которые удается извлечь из перхлорэтилена, образованы не чем иным, как солнечными нейтрино. Все другие механизмы возникновения ^{37}Ar внутри нейтринного детектора (например, естественная радиоактивность и космические лучи, поток которых сильно подавлен на глубине расположения брукхейвенского детектора) приводят, согласно расчетам, к значительно меньшему числу атомов, чем ожидается от солнечных нейтрино. Таким образом, благодаря 15 годам кропотливой работы группы Р. Дэвиса, с большой степенью достоверности можно утверждать, что поток солнечных электронных нейтрино ν_e , падающий на земную поверхность, в 3—4 раза ниже предсказаний теории, основанной на традиционных представлениях о свойствах нейтрино и структуре центральных областей Солнца.

О своей первой безуспешной попытке зарегистрировать солнечные нейтрино Р. Дэвис с оттенком некоторой растерянности и недоумения сообщил в начале 1968 г. в телеграмме Г. Т. Зацепину, руководившему работами по подготовке нейтринных экспериментов в СССР. В ответной телеграмме Г. Т. Зацепин с удивительной проницательностью отметил, что полученный результат, быть может, еще более интересен, чем если бы поток солнечных нейтрино был обнаружен. И действительно, неожиданные и в определенном смысле драматические результаты брукхейвенского эксперимента стали первым важным шагом начавшей тогда развиваться нейтринной астрономии. Они поставили перед исследователями проблему, за которой прочно закрепилось название «загадка солнечных нейтрино».

О своих исследованиях Р. Дэвис подробно докладывал на первом Международном семинаре по физике нейтрино и нейтринной астрономии, который проводился в сентябре 1968 г. в Москве по предложению М. А. Маркова — инициатора программы нейтринных исследований в СССР. Результаты хлор-аргонового эксперимента вызвали многочисленные дискуссии. Они не утихают и до сих пор, однако загадка солнечных нейтрино все еще не решена. Проблема оказалась гораздо сложнее и глубже, чем она представлялась

ком направлении должны развиваться дальнейшие исследования проблемы строения солнечных недр (и в этом отношении истекшие 15 лет не прошли бесследно). Решающее значение в этих исследованиях будет иметь дальнейшее развитие средств и методов нейтринной астрономии.

Уникальные возможности с этой точки зрения заложены в обширной программе нейтринной спектроскопии Солнца, которая готовится на Баксанской нейтринной обсерватории под руководством Г. Т. Зацепина. Она включает в себя эксперименты с

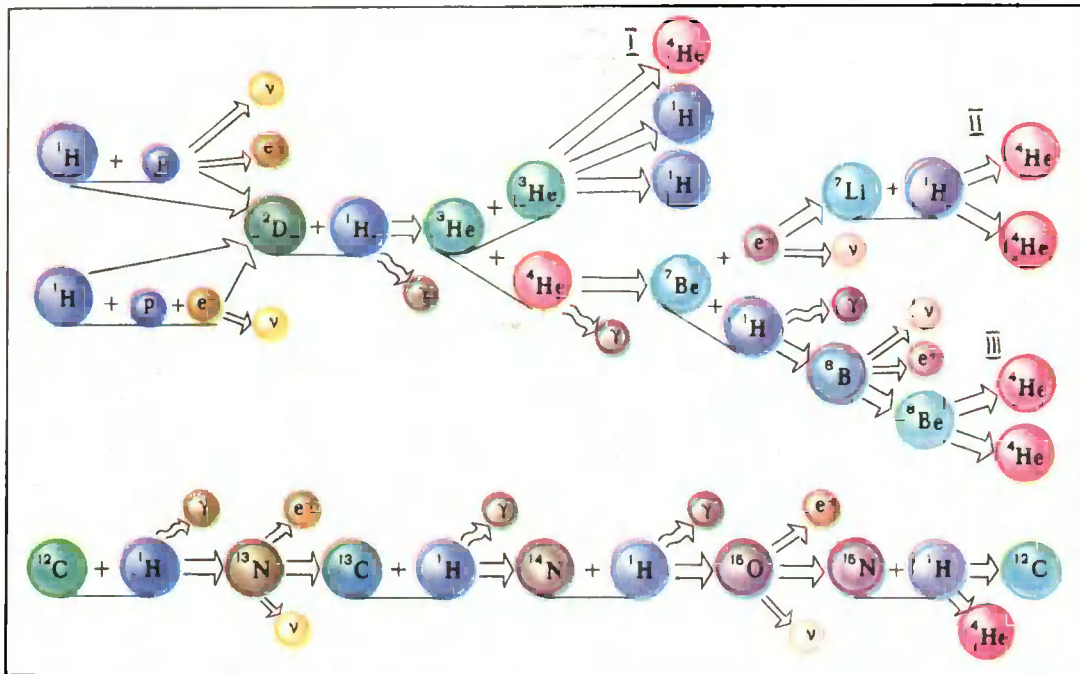


Схема ядерных реакций водородной (pp) цепи (вверху) и углеродно-азотного (CNO) цикла (внизу).

астрофизикам в первые годы становления нейтринной астрономии Солнца. Сложность состоит в том, что уникальная информация, предоставляемая брукхейвенским экспериментом, при всей ее важности все-таки недостаточна, чтобы однозначно ответить на все возникающие вопросы. В то же время все более очевидно, что результаты этого эксперимента содержат в себе информацию, существование которой нельзя было даже предвидеть. Нет уверенности, что загадка солнечных нейтрино будет разрешена в ближайшие годы. Вместе с тем появилась надежда понять, в ка-

использованием по крайней мере трех радиохимических детекторов — на основе реакции превращения $^{37}\text{Cl} \rightarrow ^{37}\text{Ar}$, $^{71}\text{Ga} \rightarrow ^{71}\text{Ge}$, $^7\text{Li} \rightarrow ^7\text{Be}$ под действием нейтрино.

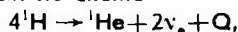
Создание целого набора нейтринных детекторов, установленных на глубине около 2 км под горой Андырчи, станет важным звеном в создании международной нейтринной службы Солнца.

АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

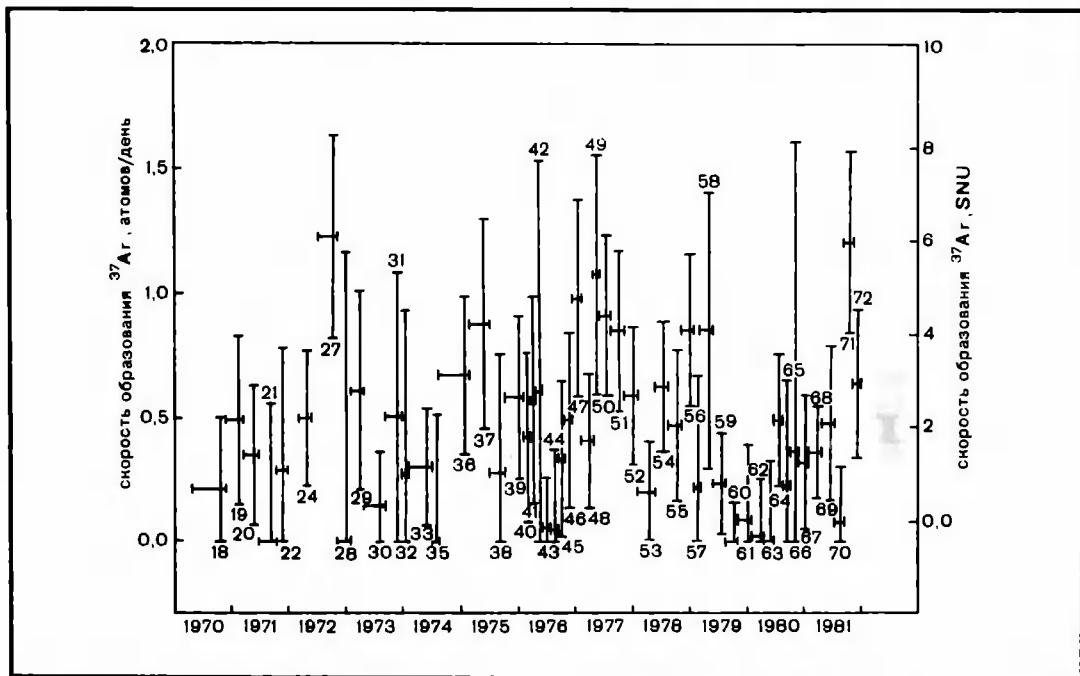
Экспериментальное значение скорости образования ^{37}Ar в брукхейвенском хлорном детекторе, усредненное по 48 циклам измерений 1970—1981 гг., составляет $(0,430 \pm 0,05)$ атомов в день. Скорость об-

разования ^{37}Ar , вызванного потоком космических лучей, дошедшим до детектора, равна 0,1 атомов в день. Следовательно, на долю солнечных нейтрино приходится 0,330 атомов в день, или, переходя к солнечным нейтринным единицам¹, примерно 1,8 SNU. Расчеты стандартной эволюционной модели Солнца, выполненные под руководством Дж. Бакала (США), много лет работающего в сотрудничестве с Р. Дэвисом, приводят к величине, в 4 раза превышающей экспериментальное значение, — $(7,5 \pm 1)$ SNU.

При энергии Солнца является термоядерное превращение водорода в гелий, то легко вычислить полный поток солнечных нейтрино, просуммированный по всем энергиям. Синтез каждого атома ^4He , осуществляемый по схеме



сопровождается испусканием двух нейтрино электронного типа и выделением энергии $Q=26,73$ МэВ. Зная солнечную светимость ($L_\odot=3,86 \cdot 10^{33}$ эрг · с⁻¹), можно определить полное число нейтрино, испус-



Скорость образования ^{37}Ar в брукхейвенском хлораргоновом детекторе (данные 1970—1981 гг.). Горизонтальные отрезки — длительность экспозиции в цикле; вертикальные отрезки — интервал, в который с вероятностью 68% попадает измеренное значение скорости образования ^{37}Ar ; цифры около вертикальных отрезков — номера циклов измерений. Цветным значком показано среднее значение скорости образования ^{37}Ar за период 1970—1981 гг.

Каков астрофизический смысл наблюдаемого расхождения? Если придерживаться общепринятой точки зрения, что источ-

каемых Солнцем в 1 с, и соответственно поток нейтрино у поверхности Земли — около $6,5 \cdot 10^{10}$ см⁻²с⁻¹. Этот результат мало зависит от наших предположений о структуре солнечных недр: он основан лишь на гипотезе, что вся энергия, излучаемая Солнцем (нейтринное излучение составляет около 2% от нее), полностью обеспечивается синтезом ^4He .

Сложнее обстоит дело с распределением нейтрино по энергиям. Известно несколько цепочек ядерных реакций, ведущих к превращению четырех атомов водорода в атом гелия, и каждая цепочка рождает нейтрино с характерным для нее энергетическим спектром.

Например, спектр нейтрино, рождаемых в водородной (pp) цепи (последовательности реакций, начинающейся взаимо-

¹ SNU соответствует такому потоку нейтрино (с заданным энергетическим спектром), при котором среди 10^{26} родительских атомов (A, Z) в реакции $(A, Z) + \nu_e \rightarrow (A, Z+1) + e^-$ за 1 секунду образуется один дочерний атом (A, Z+1). Символ SNU происходит от англ. Solar Neutrino Unit (солнечная нейтринная единица).

действием двух протонов и завершающейся синтезом ${}^4\text{He}$), лежит в интервале энергий от 0 до 14,06 МэВ. В нем есть непрерывная компонента² — от реакций ${}^1\text{H}(p, e^+ \cdot \nu_e){}^2\text{D}$ и ${}^8\text{B}(e^+ \nu_e){}^8\text{Be}$ — и линейчатая компонента — от ${}^1\text{H}(pe^-, \nu_e){}^2\text{D}$ и ${}^7\text{Be}(e^-, \nu_e){}^7\text{Li}$. Непрерывная компонента возникает из-за того, что энергия β^+ -распада делится между двумя легкими частицами — позитроном и нейтрино. Что касается линейчатой компоненты, то и ее происхождение легко объяснимо: энергия захвата в соответствующих реакциях уносится одной легкой частицей — нейтрино, а эта энергия имеет строго определенную величину. Этот спектр совершенно не похож на непрерывный спектр нейтрино от углеродно-азотного (CNO-) цикла (начинающегося с захвата протона ядром углерода ${}^{12}\text{C}$ и завершающегося синтезом ${}^4\text{He}$ и ${}^{12}\text{C}$). Нейтрино, образовавшиеся в этой цепочке реакций, могут иметь энергию от 0 до 1,73 МэВ. Более того, у всех ветвей рр-цепи имеются свои собственные спектры нейтрино. Доля различных цепочек в синтезе ${}^4\text{He}$ очень чувствительна к структуре солнечных недр, поэтому форма теоретического спектра нейтрино зависит от выбранной модели Солнца.

Скорость превращения ${}^{37}\text{Cl}$ в ${}^{37}\text{Ar}$ сильно зависит от энергии налетающего нейтрино и, следовательно, должна быть чувствительна к структуре солнечных недр. Например, если бы весь поток солнечной энергии генерировался в CNO-цикле, что соответствовало бы экзотической модели Солнца с температурой в центре T_c не ниже $5 \cdot 10^7$ К, то скорость образования ${}^{37}\text{Ar}$ в хлоре составляла бы 30 SNU. Обычные эволюционные модели, в которых доля CNO-цикла составляет около 1,5%, а $T_c = (1,5—15,5) \cdot 10^7$ К, приводят к значению, не превышающему 7—8 SNU. В другом предельном случае низкотемпературных моделей, когда почти вся энергия генерируется ветвью I рр-цепи, скорость образования ${}^{37}\text{Ar}$ стремится к величине 0,5 SNU (так называемый предел Ульриха). Это тот нижний предел, который еще совместим с традиционной схемой горения водорода в центре Солнца.

Согласно стандартной солнечной модели, вклад остальных завершающих вет-

вей рр-цепи в полную скорость образования ${}^{37}\text{Ar}$ распределяется следующим образом:

ветвь II, в которой рождается нейтрино с энергией 0,861 МэВ в реакции ${}^7\text{Be}(e^-, \nu_e){}^7\text{Be}$, — 12,5%;

ветвь III, в которой при β^+ -распаде ${}^8\text{B}$ испускается нейтрино с энергией от 0 до 14,06 МэВ, — 81%.

Сравнение приведенных цифр с результатами эксперимента Р. Дэвиса позволяет сделать важные для астрофизики выводы:

1. Доля CNO-цикла в производстве солнечной энергии не превышает 6%. Это вполне согласуется с предсказаниями эволюционных моделей (1—3%).

2. Поток электронных нейтрино от распада ${}^8\text{B}$ в ветви III рр-цепи в несколько раз ниже предсказаний теории, базирующейся на традиционных представлениях о строении Солнца и свойствах нейтрино. Причиной такого расхождения могут быть аномальные свойства самих нейтрино. Например, возможно, что по пути от Солнца к Земле они осциллируют, переходят частично в другие виды нейтрино, не способные вызвать обратный β -распад ядра ${}^{37}\text{Cl}$. Есть и более экзотические гипотезы: нейтрино либо распадаются, либо теряют свою энергию в солнечном веществе из-за какого-то еще неизвестного вида взаимодействия. Необходимого уменьшения потока «борных» нейтрино (т. е. примерно в десять раз) можно было бы добиться такой перестройкой модели солнечных недр, которая, в частности, должна приводить к уменьшению T_c на 1—2 млн град.

3. Если в брукгейвенском эксперименте наблюдают именно солнечные нейтрино, то его результаты не противоречат концепции термоядерной эволюции Солнца, сущность которой состоит в постепенном накоплении ${}^4\text{He}$ в его недрах.

Последний вывод требует пояснения. Идея эволюции Солнца крайне проста. Предполагается, что 4,7 млрд лет назад, когда в результате сжатия протозвездного облака Солнце стало рядовой звездой диаграммы Герцшпрунга — Рассела, оно благодаря бурным процессам перемешивания, происходившим в его недрах, было однородным по химическому составу, причем весовая доля ${}^4\text{He}$ составляла 22—25%. Поскольку численное моделирование солнечных недр показывает, что 95% энергии генерируется в центральном ядре, масса которого не выше 0,4 массы Солнца, то, согласно теории, начавшееся 4,7 млрд лет назад накопление ${}^4\text{He}$ происходит только

² Мы будем пользоваться, в основном, той формой записи реакций, которая принята в ядерной физике и астрофизике. Например, ${}^1\text{H}(p, e^+ \nu_e){}^2\text{D}$ есть эквивалентная запись реакции ${}^1\text{H} + p \rightarrow e^+ + \nu_e + {}^2\text{D}$, а ${}^8\text{B}(e^+ \nu_e){}^8\text{Be}$ — реакции ${}^8\text{B} \rightarrow \text{Be}^+ + e^+ + \nu_e$.

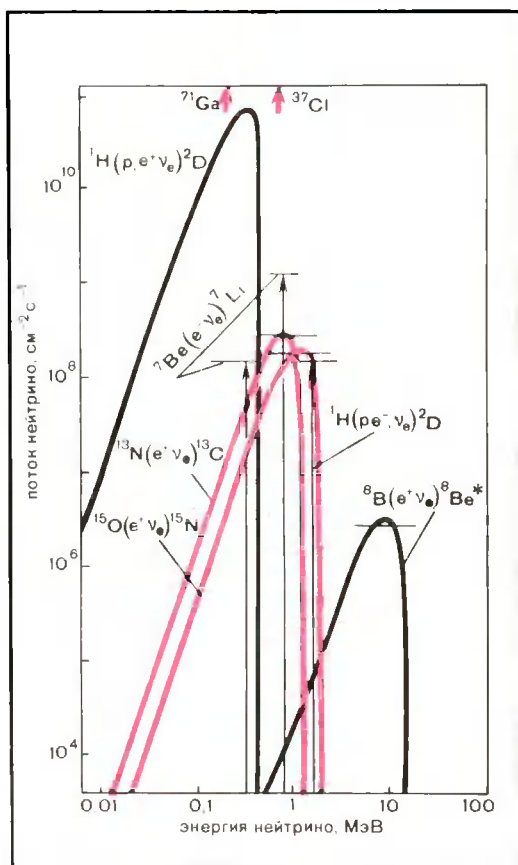
в ядре. Причем его концентрация в центре Солнца за все последующее время возрастает примерно до 60%, хотя полное количество водорода, переработанного в гелий, не превышает 4—5%. Это сопровождается ростом степени конденсации вещества в центральной области и, как следствие, увеличением температуры T_c от $13 \cdot 10^6$ К до $15 \cdot 10^6$ К. Именно такая величина T_c , получающаяся в стандартной модели, приводит к высокому расчетному значению потока «борных» нейтрино, а следовательно, и к завышенной скорости образо-

вания ^{37}Ar в хлорном детекторе. Если бы удалось каким-либо образом «размешать» накопившийся гелий по всей массе Солнца, то T_c снизилась бы почти до своего первоначального значения. Расхождение между теоретической и экспериментальной скоростями счета нейтрино было бы в значительной степени устранено. Именно в этом смысле эксперименты Дэвиса не противоречат идее термоядерной эволюции Солнца.

Каким же образом осуществить такое перемешивание? Теория пока не дает ответа на этот вопрос. Звезда с высокой концентрацией гелия в центре должна быть очень устойчивой к всевозможным возмущениям. По образному выражению А. Е. Чудакова, мы еще не знаем, что представляет собой «кочерга», выгребаящая из центра Солнца «гелиевую золу» — продукт выгорания водорода. Именно отсутствие теории полного перемешивания солнечного вещества и ставит со всей остротой проблему дефицита нейтрино в экспериментах Дэвиса.

Предположение о накоплении гелия в солнечном ядре порождает еще одну, чисто земную, проблему. Если бы стандартная модель Солнца соответствовала реальности, то возрастание степени конденсации вещества к центру звезды в процессе ее эволюции неминуемо привело бы к увеличению светимости Солнца примерно на 30% с момента его образования. При таком условии Земля, по мнению метеорологов, должна была бы в первые 3—4 млрд лет своего существования находиться в состоянии полного оледенения. Как результат, возникновение жизни оказалось бы невозможным.

Это противоречие можно преодолеть предположив, что перемешивание солнечного вещества вызвано турбулентной диффузией. Такая гипотеза разрабатывается в последние годы Е. Шацманом (Франция). Суть ее в следующем: внутри Солнца существует мелкомасштабная турбулентность, возникающая из-за неустойчивости предполагаемого роста угловой скорости вращения солнечных недр по направлению к центру. Турбулентная диффузия вполне бы подошла на роль той самой «кочерги», которая выгребает «гелиевую золу» и одновременно поставляет ^3He в центральную область термоядерной «топки» Солнца, способствуя тем самым дополнительно снижению T_c . Расчеты Е. Шацмана и А. Маздера показывают, что такой процесс мог бы привести к уменьшению скорости счета солнечных нейтрино в хлорном



Спектр солнечных нейтрино от реакций pp-цепи (черные линии) и CNO-цикла (цветные линии). Вертикальными прямыми со стрелками изображена линейчатая часть спектра pp-цепи. Горизонтальными отрезками отмечено значение полного потока нейтрино, генерируемого в соответствующей реакции. Цветные стрелки указывают величину пороговой энергии для реакций захвата нейтрино ядрами ^{37}Cl и ^{71}Ga .

детекторе в 3—8 раз. К сожалению, последовательной теории этих явлений пока не существует.

ЯДЕРНОФИЗИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ПРОБЛЕМЫ

Ядерные реакции в центре Солнца. Наши представления о ядерных процессах внутри Солнца и свойствах вездесущих нейтрино, генерируемых в этих процессах, целиком основываются на данных, полученных в лабораторных экспериментах. Именно такими данными пользуются при расчетах скорости образования ^{37}Ar в хлорном детекторе. И здесь, когда лабораторные данные приходится применять к анализу явлений астрономических масштабов, возникает ряд специфических трудностей.

Характерной проблемой в этом смысле является расчет скоростей ядерных реакций, ответственных за формирование высокоэнергетической части спектра солнечных нейтрино. Наиболее важные из них, $^3\text{He} (^3\text{He}, pp)^3\text{He}$, $^3\text{He} (\alpha, \gamma)^7\text{Be}$, протекают в центре Солнца при энергиях сталкивающихся частиц порядка 20 кэВ. Провести достаточно точное измерение параметров этих реакций в лабораторных условиях удастся лишь при энергиях в несколько сотен кэВ. Снижение энергии столкновения в эксперименте ведет к резкому уменьшению вероятности слияния сталкивающихся ядер, вызванного усилением кулоновского отталкивания между ними. Как следствие, уменьшается точность измерений. Поэтому экстраполяция результатов лабораторных измерений к низким энергиям не может служить достаточно надежной основой для расчета спектра солнечных нейтрино. Из-за больших методических трудностей новые эксперименты в этом направлении порой лишь увеличивают уже имеющиеся неопределенности. Именно так случилось недавно с реакцией $^3\text{He} (\alpha, \gamma)^7\text{Be}$. Новые измерения, выполненные в г. Мюнстере (ФРГ), привели к скорости этой реакции в 1,5—2 раза более низкой, чем это следовало из уже существовавших экспериментов. Возникшая неопределенность повлекла за собой такую же неопределенность в теоретическом значении скорости образования ^{37}Ar в нейтринном детекторе, поскольку уменьшение в 2 раза скорости реакции $^3\text{He} (\alpha, \gamma)^7\text{Be}$ неизбежно влечет за собой почти такое же уменьшение потока нейтрино от распада ^7Be и ^8B в центре Солнца. Проведенные измерения лишней раз показали, как важны для астрофизики тщательные и всесторонние лаборатор-

ные исследования ядерных реакций водородной цепи. Возможно, что проблема солнечных нейтрино, хотя бы частично, будет решена именно в ядернофизических лабораториях.

Столь же ненадежным может оказаться перенос в астрофизические условия результатов экспериментов с самими нейтрино. Не исключено, что при прохождении космических расстояний они могут обнаружить свойства, не доступные для изучения в земных условиях. К таким свойствам относятся, прежде всего, осцилляции нейтрино.

Осцилляции нейтрино. Гипотеза о возможных осцилляциях нейтрино была четко сформулирована Б. М. Понтекорво в 1957 г., когда еще не существовало проблемы солнечных нейтрино в ее сегодняшнем понимании и когда существование нескольких видов нейтрино еще не было экспериментально установленным фактом.

На сегодняшний день в списке лептонов значится три типа нейтрино — электронное (ν_e), мюонное (ν_μ) и τ -нейтрино (ν_τ) — и соответствующие им антинейтрино. Правда, ν_τ пока еще не зарегистрировано в прямых экспериментах, но мало кто сомневается в его существовании. В слабом взаимодействии нейтрино участвуют в паре с соответствующим лептоном: электроном, мюоном или тау-лептоном. Предполагается, что возможен новый тип взаимодействия, приводящий к осцилляциям — взаимным превращениям одного вида нейтрино в другое, например $\nu_e \leftrightarrow \nu_\mu$, $\nu_e \leftrightarrow \nu_\tau$ и т. д. Тогда, электронные нейтрино, рожденные в центре Солнца при β^+ -распаде ^8B , могли бы по пути к Земле многократно испытывать такого рода превращения. В этом случае не все нейтрино, испущенные Солнцем, смогут вызвать в нейтринном детекторе реакцию ^{37}Ar — некоторые из них в этот момент будут в состоянии, отличном от ν_e . В результате скорость образования ^{37}Ar в хлорном детекторе окажется в несколько раз ниже теоретической величины, полученной без учета осцилляций. Обнаружение таких осцилляций могло бы послужить разумным объяснением низкой скорости счета нейтрино в эксперименте Дэвиса.

Эксперименты по поиску осцилляций ν_μ от распада μ -мезонов, рожденных на ускорителях или в космических лучах, пока не увенчались успехом. Не обнаружены осцилляции и в опытах с электронными антинейтрино от реакторов. У всех экспериментов такого рода одна общая труд-

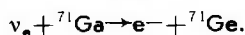


Подземный сцинтилляционный телескоп Баксанской нейтринной обсерватории.

ность — расстояния, на которых мы имеем возможность вести поиски осцилляций, ограничены земными масштабами. Уникальными в этом смысле пока остаются эксперименты по поиску осцилляций мюонных нейтрино, выполненные на подземном сцинтилляционном телескопе ИЯИ АН СССР под руководством А. Е. Чудакова. Эти эксперименты дают наилучшую оценку для нижнего предела характерного времени осцилляций типа $\nu_\mu \leftrightarrow \nu_e$, поскольку пролетная длина для мюонных нейтрино, попадавших в телескоп с противоположной стороны Земли в конусе с раствором 50° , в среднем составляла около 10 000 км.

Длина осцилляций, однако, может оказаться сравнимой с размерами Солнца или даже с размерами орбиты Земли. Не исключено поэтому, что только новые опыты с солнечными нейтрино, которые в настоящее время готовятся в СССР и США, смогут ответить на вопрос о существовании нейтринных осцилляций. В этих экспериментах измерение потока солнечных нейтрино будет производиться гал-

лиевым нейтринным детектором, в котором регистрируются радиоактивные атомы ^{71}Ge , образующиеся в реакции



Галлий-германиевый радиохимический детектор был предложен еще в 1963 г. В. А. Кузьминым (ИЯИ АН СССР). Назначение этого детектора — регистрация потока нейтрино от основной реакции водородной цепи ${}^1\text{H}(p, e + \nu_e){}^2\text{D}$.

Энергетический порог этой реакции (0,233 МэВ) значительно ниже максимальной энергии нейтрино (0,42 МэВ), испускаемых в реакции ${}^1\text{H}(p, e + \nu_e){}^2\text{D}$, с которой начинается цепь превращений водорода в гелий. Поток этих нейтрино составляет 90—95% от полного потока, определяемого светимостью Солнца. Как следует из расчетов В. А. Кузьмина и Г. В. Домогацкого (ИЯИ АН СССР), почти 70% атомов ^{71}Ge в галлиевом телескопе будут образовываться при захвате именно таких нейтрино. Согласно стандартной модели Солнца, полная скорость захвата нейтрино атомами ^{71}Ge составляет около 100 SNU. По этой причине 70 SNU — это тот нижний предел для скорости образования ^{71}Ge , который еще совместим с традиционными пред-

ставлениями о процессах, протекающих внутри Солнца, и о свойствах нейтрино. Однако если причиной низкой скорости образования ^{37}Ar в хлорном детекторе являются осцилляции нейтрино, то скорость образования ^{71}Ge в галлиевом детекторе может оказаться ниже 70 SNU. Экспериментальное обнаружение этого факта явилось бы серьезным аргументом в пользу осцилляций нейтрино.

В настоящее время галлий-германиевые детекторы обретают черты реальных экспериментальных установок. В США завершены работы по проверке процедуры извлечения ^{71}Ge из раствора хлорида галлия (GaCl_3), который будет использован в брукхейвенском детекторе. Возможность использования этого вещества для экспериментов с солнечными нейтрино была указана А. А. Поманским в 1965 г.

Баксанский детектор будет заполнен жидким галлием (галлий относится к числу легкоплавких металлов — температура плавления около 30°C). В экспериментальных работах Г. Т. Зацепина, В. И. Гаврина, И. Р. Барабанова и Е. П. Веретенкина разработана достаточно надежная методика извлечения атомов ^{71}Ge из расплава галлия и их счета.

Эксперименты по регистрации потока солнечных нейтрино с помощью галлий-германиевых детекторов создадут необходимый фундамент для дальнейшего развития науки о Солнце.

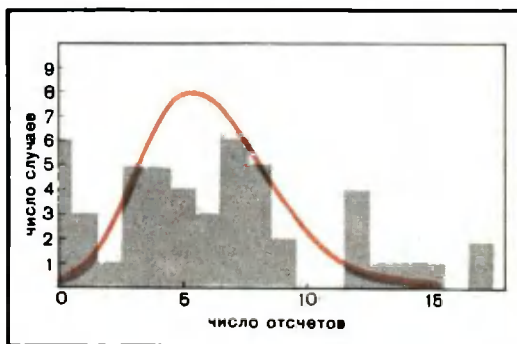
ПУЛЬСИРУЕТ ЛИ ПОТОК НЕЙТРИНО?

Теперь мы опять вернемся к экспериментам Дэвиса. После двух-трех месяцев экспозиции образовавшиеся под действием нейтрино атомы аргона необходимо извлечь из огромного объема нейтринного детектора. Для этого через него пропускают поток гелия. Унося с собой атомы ^{37}Ar , смешанные со стабильным аргоном, поток гелия попадает в угольную ловушку, адсорбирующую атомы аргона. Для того чтобы определить, какое количество атомов ^{37}Ar образовалось в детекторе, извлеченный аргон помещают в пропорциональный счетчик. Как показывают контрольные эксперименты, при которых в перхлорэтилене создается заранее известное число радиоактивных атомов аргона, сосчитать удается лишь не больше половины накопившихся атомов.

Если предположить, как это делалось всегда, что поток солнечных нейтрино во времени не меняется, то при постоянной длительности экспозиции и постоян-

ном значении эффективности извлечения атомов ^{37}Ar частота появления различных отсчетов пропорционального счетчика в разных циклах должна описываться распределением Пуассона. Этот идеальный вариант статистического распределения предполагает также, что в счетчике полностью отсутствует фон — события, имитирующие распады ^{37}Ar .

В действительности экспериментальное распределение сильно отличается от пуассоновского. Лишь с вероятностью, не превышающей 0,5%, это можно объяснить



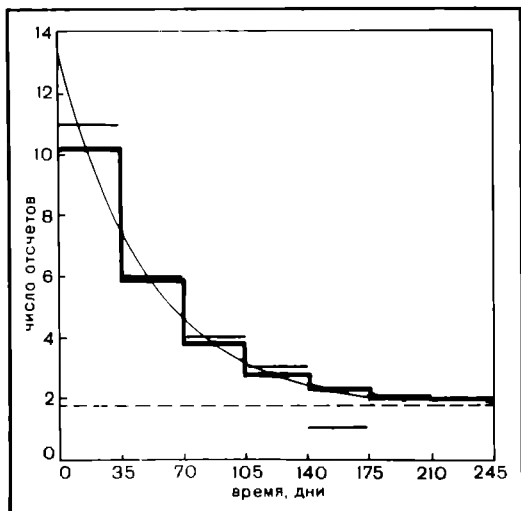
Наиболее вероятное распределение [гистограмма] числа сосчитанных атомов ^{37}Ar , полученное после вычитания фона счетчика методом максимального правдоподобия. Гистограмма выполнена на основе данных Р. Дэвиса 1970—1980 гг. посредством пересчета к одному и тому же значению экспозиции для всех циклов. Если предположить, что скорость образования ^{37}Ar , экспозиция и эффективность извлечения атомов ^{37}Ar не меняются от цикла к циклу, а у счетчика отсутствует фон, число отсчетов должно описываться распределением Пуассона (цветная кривая).

чисто случайными флуктуациями. Есть, однако, причины методического характера, деформирующие идеальное распределение в сторону его уширения. Во-первых, это непостоянство времени экспозиции — за прошедшие 10 лет оно изменялось от 1 до 7 месяцев. Во-вторых, возможные флуктуации эффективности извлечения и счета атомов ^{37}Ar . И наконец, наибольшие осложнения вызывает фон счетчика, который очень трудно учесть, поскольку его интенсивность изменяется от счетчика к счетчику.

При нахождении среднего числа распадов, характеризующего идеальное распределение, все эти факторы уже частично учитываются. Однако изменения формы распределения пока получить не удалось. В то же время, как показывает анализ,

объяснить все характерные черты эмпирического распределения только влиянием перечисленных факторов весьма затруднительно.

В первую очередь обращает на себя внимание тот факт, что в окрестности максимума идеального распределения эмпирическое распределение сильно «обеднено» за счет областей, где число распадов либо очень велико, либо очень мало. Кроме того, из сравнения распадной кривой цикла № 27, знаменитого аномально высокой скоростью образования



Временной ход числа отсчетов в пропорциональном счетчике (распадная кривая) в цикле № 27 для последовательных 35-дневных интервалов времени (черные горизонтальные отрезки). Кривая экспоненциального типа соответствует теоретически ожидаемой форме распадной кривой для полного числа отсчетов, полученного за 245 дней работы счетчика. [Цветная гистограмма описывает то же самое теоретическое распределение, но уже пересчитанное к 35-дневным интервалам измерений.] Пунктирной прямой изображен наиболее вероятный уровень фона счетчика. Маловероятно, что эмпирически полученная форма распадной кривой, столь близкая к теоретической, есть просто игра случая, вызванная флуктуациями фона счетчика.

³⁷Ar, с расчетной кривой, видно, что возможность воспроизвести временной ход отсчетов счетчика только флуктуациями фона является маловероятной. (Следует отметить, что вид распадной кривой цикла № 27 типичен для всех циклов с высокой скоростью образования ³⁷Ar.)

Напрашивается предположение, что большие отклонения от идеального распределения вызваны непостоянством самого потока нейтрино.

Идея использования нейтринных экспериментов для обнаружения возможных вариаций потока солнечных нейтрино обсуждалась в работах Г. Т. Зацепина и В. А. Кузьмина еще в 1964 г., когда в СССР только формировалась программа развития нейтринной астрономии. Уже тогда эти авторы не исключали существования пульсаций нейтринного потока, связывая это с 11-летним циклом солнечной активности. Однако астрофизики отнеслись к этой идее скептически — она не укладывалась в рамки традиционной теории строения солнечных недр.

Вопрос о вариациях потока солнечных нейтрино был вновь поднят в 1978 г. К. Сакураи (Япония). К тому времени брукхейвенский детектор проработал уже около 10 лет и были получены результаты примерно 40 надежных циклов измерений потока нейтрино. Усредняя экспериментальные значения скоростей образования ³⁷Ar по 4—5-месячным интервалам, Сакураи обнаружил, что в брукхейвенских данных содержится указание на пульсации потока нейтрино с периодом около 26 месяцев (квазидвухлетние вариации). Более того, им были выявлены корреляции между вариациями скорости счета ³⁷Ar и квазидвухлетними вариациями числа солнечных пятен в период с 1970 по 1976 г.

Совсем недавно сотрудниками Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР (ФИАН) Г. А. Базилевской, Ю. Н. Стожковым, Т. Н. Чарахчян подмечена еще одна закономерность. Было обнаружено, что при переходе к последнему 11-летнему циклу солнечной активности уменьшение числа солнечных пятен сопровождалось ростом скорости счета ³⁷Ar в нейтринном детекторе, а последующее увеличение числа солнечных пятен — ее снижением. Анализ, проведенный в ИЯИ АН СССР (В. Н. Гаврин, Ю. С. Копысов, М. Т. Макеев), показал, что из брукхейвенских данных с вполне приемлемой статистической обеспеченностью можно выделить не только квазидвухлетние вариации потока нейтрино, но и вариации с периодом порядка 11 лет.

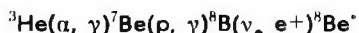
В работах сотрудников ФИАНа приводится еще одно, довольно неожиданное, наблюдение. Обнаружена высокая степень корреляции между скоростью образования ³⁷Ar и потоком космических лучей галактического происхождения. Более того, по измерениям авторов, из четырех сильных всплесков космических лучей, по времени совпавших с последними тридцатью днями циклов № 19, 21, 27 и 71, в трех случаях

имело место значительное повышение скорости счета ^{37}Ar . При этом повышение скорости счета в цикле № 71 было авторами предсказано на основании мощных хромосферных вспышек, которые имели место 7 и 12 октября 1981 г. Любопытно, что во время цикла № 21, в котором увеличения скорости не наблюдалось, вспышка произошла на обратной стороне Солнца.

Конечно, статистического материала брукхейвенского эксперимента все еще недостаточно, чтобы подчеркнутые вариации скорости образования ^{37}Ar и тем более их корреляцию с изменениями потока космических лучей считать твердо установленным фактом. Необходимы дальнейшие эксперименты.

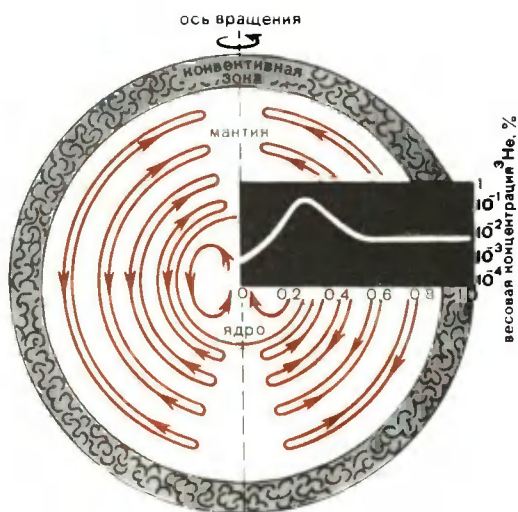
Чрезвычайно обнадеживающей в этом отношении является программа нейтринных исследований на Баксанской нейтринной обсерватории ИЯИ АН СССР. Эта программа предусматривает создание хлор-аргонового нейтринного детектора, содержащего в 5 раз больше перхлорэтилена, чем брукхейвенский. Баксанский детектор позволит гораздо быстрее накапливать статистический материал. Наиболее веским аргументом в пользу вариаций потока солнечных нейтрино явилось бы обнаружение корреляции между скоростями счета в баксанском и брукхейвенском детекторах.

Чем же объяснить описанные выше явления, если все-таки поверить в их достоверность? Одно из возможных объяснений, предложенное автором статьи, состоит в следующем. Предполагается, что на Солнце возбуждены колебания приливного типа (дипольные моды гравитационных колебаний), неминуемо приводящие к смещениям вещества в центре Солнца. При определенных допущениях относительно состояния вещества в солнечном ядре период этих колебаний может оказаться порядка нескольких лет, а вертикальные и горизонтальные смещения вещества — сравнимыми с радиусом ядра. Поскольку внутри ядра концентрация ^3He уменьшается почти в 100 раз при приближении к центру, то гравитационные колебания, о которых идет речь, должны вызвать периодические изменения содержания ^3He в центре Солнца. Это повлечет за собой периодические изменения (с удвоенной частотой гравитационных колебаний) скорости цепочки реакций



и соответствующую модуляцию потоков «борных» и «бериллиевых» нейтрино.

Что касается солнечной активности, то и она при таких предположениях будет периодически изменяться. В обсуждаемой модели солнечная активность пропорциональна скорости течения вещества, а поток нейтрино — амплитуде его смещения. В результате естественным образом возникают отрицательная корреляция между потоком нейтрино и индексами солнечной активности и положительная корреляция между потоком нейтрино и пото-



Характер течений вещества, возникающих в недрах Солнца при наличии гравитационных колебаний дипольного типа. На рисунке представлено также изменение весовой концентрации ^3He по радиусу Солнца.

ком космических лучей галактического происхождения, падающим на Землю. Действительно, в период солнечной активности повышается интенсивность магнитных полей за пределами орбиты Земли, а это ведет к «выметанию» космических лучей из межпланетного пространства.

В настоящее время трудно предсказать, что дадут последующие эксперименты по регистрации солнечных нейтрино. Не исключено, что они приведут к новым неожиданностям. Сейчас же можно сказать одно: загадка солнечных нейтрино становится в ряд наиболее интригующих проблем физики XX века.

Раймонд Дэвис: «Главное — мы видим сигнал от солнечных нейтрино»

Корреспондент. Профессор Дэвис, Вы стали изучать солнечные нейтрино около двадцати лет назад. Расскажите с чего Вы начинали?

Р. Дэвис. На самом деле этой проблемой мы стали заниматься гораздо раньше, так что я начну издавна, с предистории.

В ранних работах, где ядерный синтез рассматривался как вероятный источник энергии звезд, даже не упоминалось о возможности проверки этой гипотезы с помощью нейтринных экспериментов. В выдающихся работах Х. Бете 1938—1939 гг. нейтрино вообще не были включены в ядерные реакции, хотя прошло уже пять лет после создания Э. Ферми теории β -распада. В то время, однако, еще не был сформулирован принцип сохранения числа лептонов. Упоминания о Солнце как источнике нейтрино стали появляться в литературе, по-видимому, лишь в 40-х годах.

В начале 50-х годов я работал в Брукхейвене, где мы создали радиохимический нейтринный детектор, основанный на реакции $^{37}\text{Cl}(\nu_e, e^-)^{37}\text{Ar}$. Такой метод регистрации нейтрино был предложен Понтекорво в 1946 г., в период его работы в Чок Ривер. Понтекорво убедительно обосновал, почему хлор (или бром) хороши для регистрации нейтрино и почему с такими детекторами можно осуществлять нейтринные эксперименты на реакторах. Что касается солнечных нейтрино, то Понтекорво полагал, что их энергия может оказаться слишком малой для обнаружения хлор-аргоновым методом.

В то время считалось, что значительные количества нейтрино рождаются только в начальной реакции pp-цикла $^1\text{H}(p, e^+ \nu_e)^2\text{D}$, а такие нейтрино имеют небольшую энергию, не выше 0,42 МэВ, и не могут захватываться ядрами хлора. Поэтому можно было рассчитывать «поймать» лишь нейтрино, испу-



Р. Дэвис

щенные ядрами ^{13}N и ^{15}O в углеродно-азотном цикле. С помощью нашего детектора в 1955 г. мы получили весьма грубую верхнюю оценку потока солнечных нейтрино — порядка 10^{14} нейтрино/см²с, или в современных обозначениях 40 000 SNU. Рецензент моей статьи сделал тогда забавное критическое замечание: «Любой подобный эксперимент, не обладающий требуемой чувствительностью, в действительности не имеет никакого отношения к вопросу о существовании нейтрино. Для пояснения моей мысли приведу пример. Можно написать научную статью, описывающую эксперимент, в котором исследователь взбирается на гору. Стоя на ней, он безуспешно пытается достать Луну и делает вывод, что Луна находится более чем в восьми футах над вершиной горы».

Одним словом, наблюдения нейтрино казалось безнадежным делом, но мы продолжали обсуждать эту проблему. В начале 1958 г. произошло значительное событие, совер-

шенно изменившее ситуацию: было измерено сечение реакции $^4\text{He}(\alpha, \gamma)^7\text{Be}$, и оно оказалось в тысячи раз больше ожидаемого. Сразу же было понято (я получил письма от В. Фаулера и А. Камерона), что ^7Be может захватить протон и превратиться в ^8B , который (и это подчеркивалось в письмах) будет распадаться с испусканием нейтрино большой энергии. Фаулер и Камерон надеялись, что такие нейтрино можно «поймать» хлор-аргоновым методом. В связи с этим первостепенную важность приобретал вопрос о соотношении числа случаев захвата ядром ^7Be протона или электрона. При захвате электрона в реакции $^7\text{Be}(e^-, \nu_e)^7\text{Li}$ испускается нейтрино с небольшой энергией, 0,86 МэВ, не регистрируемое хлорным детектором. В постскрипуме своего письма Вилли Фаулер указывал со свойственным ему оптимизмом: «По-видимому, можно воспользоваться Вашими результатами для вычисления количества нейтрино, испускаемых Солнцем, и тем самым получить астрофизическую оценку для сечения реакции $^7\text{Be}(p, \gamma)^8\text{B}$ ».

В своем ответе я привел соответствующие вычисления. Получалось, что в 1000 галлонов¹ используемой нами жидкости C_2Cl_4 (перхлорэтилен) следует ожидать около 7,7 захватов нейтрино в день, т. е. поток составлял 3900 SNU!

Этой волне оптимизма суждено было скоро угаснуть, но в тот момент она еще катилась и указывала нам дальнейший курс. Уже был завершен наш очередной эксперимент с 1000 галлонами C_2Cl_4 в Саванна Ривер, который дал 26 атомов ^{37}Ar в день, образующихся из-за фона космического излучения. Стало ясно, что если мы хотим обнаружить сигнал от солнечных нейтрино, детектор надо перенести поглубже в

¹1 галлон (США) = 3,785 л.

шахту. В конце 1959 г. он был перевезен в Брукхейвен и установлен в шахте на глубине 2300 футов. Первые эксперименты мы завершили осенью 1960 г. Поток солнечных нейтрино оказался мал (меньше 4000 SNU): образовывалось всего 3 ± 5 атомов ^{37}Ag в день. Однако в то время, в конце 50-х, мы и ожидали примерно такого потока «борных» нейтрино.

Казалось, успех близок, но в 1960 г. была изучена реакция $^7\text{Be}(\nu, \gamma)^8\text{B}$. Ее сечение оказалось разочаровывающе малым, т. е. нужных нам нейтрино в солнечном излучении должно было быть так немного, что их регистрация становилась нереальной. Общую точку зрения выразил тогда Райнес:

«Возможность отрицательного результата с детектором из тысяч или даже сотен тысяч галлонов C_2Cl_4 вынуждает экспериментаторов воздержаться от таких попыток».

Корреспондент. Насколько я поняла, на такой пессимистической ноте заканчивается предыстория поисков солнечных нейтрино. Но ведь мы теперь знаем, что опыты продолжались. Что же побудило Вас не отказываться от столь «безнадежной» затеи?

Р. Дэвис. В 1962 г. началось наше сотрудничество с Джоном Бакалом. Он написал тогда статью о β -распаде внутри звезд, где указал, что захват электрона в звездах может идти с совсем другой скоростью, нежели в земных лабораториях (а ведь в своих оценках мы пользовались именно такими данными). Я написал Бакалу письмо с вопросом относительно скорости захвата электрона атомом ^7Be в условиях Солнца. В результате появилась его новая работа на эту тему, а мы с тех пор продолжаем задавать друг другу различные вопросы.

В 1963 г. были получены первые вычисления потока нейтрино на основе стандартной модели Солнца (Дж. Бакал, В. Фаулер, И. Ибен, Р. Сирс). Полученное значение потока — около 5 SNU (или 0,01 случаев захвата нейтрино в день в 1000 галлонов C_2Cl_4) — никак не

вдохновляло на постройку большого детектора. Ведь даже в 100 000 галлонов, согласно этой оценке, мы бы имели всего лишь одно событие в день. Астрономы не проявляли энтузиазма к таким дорогостоящим, по их понятиям, экспериментам, не подающим к тому же слишком много надежд на успешное завершение.

Однако, несмотря на мрачные перспективы, я горячо желал провести эксперимент с 100 000 галлонами перхлорэтилена. Это было ровно в сто раз больше объема нашего предыдущего детектора. Такой эксперимент представлялся мне технически осуществимым. Я чувствовал и верил, что резервуар нужного размера можно изготовить в разумное время и сделать его достаточно герметичным. Последнее необходимо для предотвращения утечки газообразного аргона.

Идея эксперимента с солнечными нейтрино стала выглядеть реальной после новых расчетов Бакала. Джон показал, что степень захвата хлором «борных» нейтрино примерно в двадцать раз больше, чем мы считали ранее. В своих расчетах он учел возможность образования атома аргона не только в основном, но и в возбужденных состояниях. Наши совместные результаты, доказывающие выполнимость эксперимента с 100 000 галлонами C_2Cl_4 , были доложены в ноябре 1963 г. на Международной конференции по эволюции звезд в Нью-Йорке. Астрофизики предпочитали, правда, изучать более экзотические стадии эволюции, так что ни мои с Бакалом предложения по экспериментам с солнечными нейтрино, ни модель Солнца Дика Сирса не удостоились упоминания при обзоре основных результатов конференции.

Вскоре после этого мы с Бакалом посетили директора Брукхейвенской национальной лаборатории (БНЛ) Мориса Гольдхабера, известного своими работами в ядерной физике. Целью визита была просьба о финансовой поддержке полноценного эксперимента по поиску солнечных нейтрино. Мы оба очень волновались, поскольку было широко известно скептическое отношение директора БНЛ к способности астрофизиче-

ков сказать что-либо правильное о чем-нибудь интересном. Мы надеялись увлечь Гольдхабера ядернофизическим аспектом проблемы. Кроме того, мы собирались подчеркнуть, что если теория и потерпит крах в предстоящем эксперименте, то уже это будет существенным результатом, поскольку подтвердит его (Гольдхабера) убеждение в том, что астрофизики сами плохо представляют то, о чем говорят. Сейчас мы уже не помним, с чем Морис согласился на этой первой встрече и согласился ли хоть с чем-нибудь. Но позже он публично признался, что не понял, о чем мы ему толкуем. Тем не менее мы получили важную поддержку.

Ожидаемое число захватов нейтрино хлором возросло к тому времени до 4—9 в день, что делало эксперименты более осуществимыми. Идея Бакала о переходе ^{37}Cl в возбужденные состояния ^{37}Ag казалась мне красивой и должна была привлечь специалистов по ядерной физике. Реакции, в которых рождается ^8B , очень чувствительны к температуре Солнца, так что, помимо всего, эксперименты с хлором можно было рассматривать как способ измерения температуры в центральных областях Солнца. Из наших прежних экспериментов Бакал получил оценку в 20 млн град. и указал, что измерение потока «борных» нейтрино с точностью 50% позволит определить температуру Солнца с точностью 10%. Я чувствовал, что это привлечет к нам симпатии астрофизиков.

В 1964 г. появилась большая часть наиболее важных теоретических идей и предложений по эксперименту. Мы опубликовали две статьи (на самом деле это должна была быть одна работа, но ее объем превысил требуемые журналом размеры). В статье Бакала излагались результаты предыдущих расчетов потока нейтрино с включением некоторых важных добавлений Сирса. Это позволило получить первое количественное предсказание результата, ожидаемого в эксперименте с хлором: 40 ± 20 SNU (на самом деле единицами SNU, которые вел Бакал для обозначения 10^{-36} захватов нейтрино в секунду на каждый

атом мишени, мы начали пользоваться позже, в 1969 г.). В своей статье я сообщил о результатах пробного эксперимента, проведенного в шахте на глубине 1800 метров водного эквивалента с детектором емкостью в 1000 галлонов; верхняя граница нейтринного потока составляла 300 SNU. Было показано также, что использование 100 000 галлонов жидкости даст возможность обнаружить ожидаемое число захватов и фон при этом будет небольшим.

После появления статей (написанных, кстати, по инициативе В. Фаулера для привлечения внимания научной общности и облегчения поисков источников финансирования) в США возник неожиданный всплеск обсуждений и другой активности вокруг этих вопросов. В одном из писем, написанных Бакалу в этот период, я отметил, что иногда реклама приносит и свои выгоды. Дело в том, что только что появилась статья о наших экспериментах в журнале «Тайм», и это облегчило поиски подходящей шахты и добычу нужного резервуара для жидкости детектора.

Много лет спустя Понтеркорво рассказывал мне, что он доложил наши статьи на специальном семинаре; по его мнению, он был единственным из присутствующих, кто полагал, что эксперимент завершится успешно.

В середине 1964 г. вопрос о финансировании эксперимента был, наконец, решен положительно, и в этом большую роль сыграла активная поддержка Вилли Фаулера.

Корреспондент. Таким образом, прежде чем заняться опытами, Вам пришлось преодолеть немало трудностей. По-видимому, и в дальнейшем они встречались Вам в изобилии. Не могли бы Вы вспомнить самые главные из них?

Р. Дэвис. Это может показаться странным, но главные трудности мы испытывали при поиске подходящей шахты. Мы, наконец, получили деньги, а нужной нам шахты все не было. По правде говоря, искать ее мы начали еще в начале 1963 г. Нам рекомендовали две: золо-

тоносную шахту в Хоумстейке и медную шахту компании «Анаконда». Последняя соглашалась иметь с нами дело и за приемлемую цену бралась вырыть на глубине 4200 футов пещеру для резервуара; к сожалению, горная порода позволяла отрыть пещеру диаметром лишь 14 футов — такие размеры нам не подходили. В Хоумстейке можно было вырыть большую по размерам пещеру на глубине 4850 футов, но компания заломила за это такую цену, что мы решили поискать другие варианты.

Серебряная шахта в Келлоге подходила по всем параметрам: глубина 5400 футов, подходящая порода, заинтересованность владельцев и приемлемая цена. Кроме того, у шахты было: красивое название «Солнечный свет», а Вилли Фаулер любил такие имена. Все было хорошо, но к тому моменту когда у нас появились деньги, шахта «Солнечный свет» обвалилась.

Тогда мы снова обратились к владельцам шахты в Хоумстейке и попросили их пересмотреть смету. Сделали они это быстро, и в Брукхейвен был представлен вполне сносный счет на 125 000 долларов. Кроме того, они сделали проект пещеры и стремились начать работы уже весной 1965 г. Мы, разумеется, были вполне удовлетворены.

Примерно в это время Брукхейвен посетили Г. Т. Зацепин и А. Е. Чудаков. Они подробно познакомились с нашими планами и рассказали о развитии нейтринной астрономии в СССР. Это были первые встречи с этими выдающимися учеными и первые обсуждения, за которыми последовали и другие, весьма ценные для нас.

Затем было два года затишья на теоретическом фронте: Большинство астрофизиков занялось квазарами и другими проблемами, которые следует назвать астрофизикой высоких энергий. Если на солнечные нейтрино и обращалось внимание, то лишь в том смысле, что теоретики ожидали результатов, подтверждающих их предсказания. Правда, было опубликовано несколько работ по модели Солнца. В этот пе-

риод появилась короткая, но важная статья В. А. Кузьмина о возможном применении галлия в радиохимических экспериментах с нейтрино. В ней отмечалось, что низкая пороговая энергия ^{71}Ga (около 0,2 МэВ) позволяет детектировать основные $\bar{\nu}\nu$ -нейтрино; был указан также ряд других преимуществ галлиевого детектора. Мудро не обсуждались доступность и стоимость большого количества галлия; сейчас это — одна из главных проблем.

Но вернемся к хлор-аргоновым экспериментам. В мае 1965 г. начались работы на шахте в Хоумстейке, и через два месяца мы уже осматривали подземный зал площадью 10×20 футов и высотой 32 фута. Летом того же года началось изготовление резервуара, который затем был доставлен в разобранном виде в нашу шахту и к лету 1966 г. смонтирован в подземном зале. Впоследствии прибыли десять железнодорожных цистерн с перхлорэтиленом C_2Cl_4 и резервуар был заполнен. Организационный период занял два с половиной года. Теперь началась другая работа.

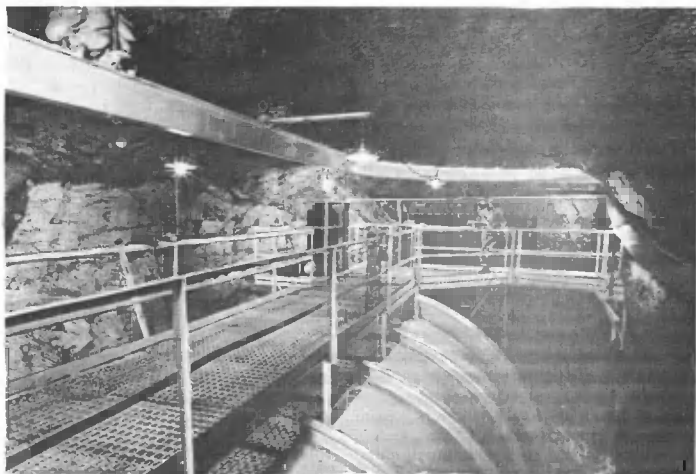
Корреспондент. Можете ли Вы рассказать о наиболее волнующих моментах за прошедшие полтора десятилетия? Я имею в виду не только положительные, но и отрицательные эмоции.

Р. Дэвис. Да, первые результаты мы получили пятнадцать лет назад, в 1968 г. Мы нашли, что верхняя граница для потока солнечных нейтрино составляет 3 SNU — это было на порядок меньше теоретических предсказаний. Полученный результат мы обсуждали с Бакалом. Я заинтересовался, не допустил ли он какой-нибудь ужасной ошибки в расчетах. Джон был очень уверен в своей теории, но все же показал расчеты Р. Фейнману. Фейнман ошибок не нашел. В свою очередь, я обсудил условия эксперимента с друзьями-химиками, но и в экспериментальной части ошибок не нашлось. Этот момент доставил нам самые отрицательные эмоции. В журнале за нашей статьей с экспериментальным результатом, основанным на первых двух циклах изме-

рений, следовала теоретическая статья Бакала и др. с оценкой потока $7,5 \pm 3$ SNU. В вычислениях 1968 г. использовалась та же стандартная модель Солнца, однако, по сравнению с расчетами 1963—1964 гг., в них рассматривались некоторые дополнительные факторы. Учет большей величины сечения реакции ${}^3\text{He}$ (${}^3\text{He}$, $2p$) ${}^4\text{He}$, измеренного в период 1965—1967 гг., привел к уменьшению предсказаний (дополнительный множитель 0,6). Более детальные расчеты pp-реакции вместе с точными измерениями времени жизни нейтрона (1968) дали множитель 0,7. Наконец, уточнение соотношения тяжелых элементов и водорода на поверхности Солнца (1968) привело к множителю 0,5. Эти три изменения действуют в одном направлении и могут быть выражены дополнительным множителем $0,6 \cdot 0,7 \cdot 0,5 = 0,2$. Так 40 SNU превратились в 8 SNU. Мудрое и удачное резюме сделал Эд Солпитер: «Таким образом, у нас нет уверенности, что солнечные нейтрино обнаружены, но мы и не имеем сомнительного удовольствия от назревающего скандала в теории эволюции звезд».

Положение дел мы обсуждали на конференции в Москве (сентябрь 1968 г.) и пришли к выводу, что, прежде чем говорить о серьезных противоречиях между теорией и нашими результатами, необходимо установить экспериментальные погрешности в значениях некоторых параметров, используемых в расчетах. На конференции меня спросили, сколько стоил эксперимент. Я ответил шуткой: «Десять минут времени на коммерческом телевидении (600 000 долларов)».

Что же касается Вашего вопроса о положительных эмоциях, то я их испытал после завершения цикла № 27, когда результат оказался примерно равным 6 SNU. Сначала я подумал, что кто-то меня разыгрывает. Это можно было бы осуществить, подложив радиоактивный источник, а в нашей группе такие парни могли найтись. Я спросил, не сделал ли кто-нибудь такого. Джон Бакал ответил, что если бы он даже так



Резервуар брукгейвского детектора солнечных нейтрино в подземном помещении шахты.

и пошутил, то никогда бы в этом не признался.

Корреспондент. В связи с этим возникает вопрос. Вы рассказали о случае аномально высокого результата. А был ли аномально низкий?

Р. Дэвис. В ноябре 1971 г. в очередном цикле (№ 21) не было ни одного сигнала — ни от нейтрино, ни от фона, хотя детектор облучался обычное для сеанса время — около двух месяцев. Я сообщил об этом Бакалу сначала по телефону, а затем и в соответствующем послании. Тот рассмотрел возможность нестабильности нейтрино, т. е. его распада на какие-то другие частицы. Сейчас эта идея отвергнута, а результат цикла № 21 считается статистической флуктуацией. Этот случай хорошо иллюстрирует взаимосвязь между экспериментом и теорией. Хотя в данном случае уместнее говорить не о теории, а о предположениях такого рода, какие обычно высказываются где-нибудь за кофе или за коктейлем.

Корреспондент. Известно, что Ваша группа довольно мала для такой огромной работы. Как Вам удается ее осуществлять? И еще, имеются ли какие-либо психологические трудности, свя-

занные с необычностью самого эксперимента, ведущегося много лет в таком непривычном для физических исследований месте, как глубокая шахта:

Р. Дэвис. Процедура нашего эксперимента сама по себе несложна. Она не требует нашего постоянного присутствия в шахте. Подготовка к новому циклу занимает примерно неделю, а сам он длится от двух до трех месяцев. Единственное, что требуется в течение цикла — это следить за показаниями измерительных приборов, расположенных тоже в шахте. Показания снимаются каждую неделю и по почте пересылаются мне. Этим у нас занимается лаборантка. В период, когда эксперимент еще только готовился (об этом я уже кое-что рассказывал), в работе принимало участие много инженеров, без чьей помощи немалосложно сооружение такого экспериментального зала в шахте, сборка резервуара и т. д. Ко всем этим людям я испытываю глубокую благодарность.

Корреспондент. Каков же, по Вашему мнению, главный результат, полученный за прошедшие годы?

Р. Дэвис. Основной результат — это то, что мы все-таки видим сигнал от солнечных нейтрино. Сигнал, правда, оказался меньше, чем предсказано стандартной моделью Солнца. Сейчас для скорости образования ${}^{37}\text{Ar}$ теория дает значение

$7,6 \pm 3,3$ SNU, а последние экспериментальные результаты — $1,9 \pm 0,3$ SNU. Фон от космических лучей гораздо ниже получаемого нами значения. Поэтому то, что мы видим, скорей всего, так или иначе связано с Солнцем, с какими-то процессами на нем. Но на самом деле трудно строго доказать, что вы действительно видите Солнце в «нейтринном свете».

Корреспондент. И все-таки, не смущают ли Вас расхождения между теорией и полученными экспериментальными результатами?

Р. Дэвис. Всякое противоречие — вещь сама по себе положительная. Оно стимулирует научные исследования и новые эксперименты и, что более важно, новые теории. Проводя эксперименты, я руководствовался теорией. Без хорошо обоснованного предсказания скорости счета наблюдаемое число атомов ^{37}Ag , образующихся в день, потеряло бы большую часть своей научной ценности. Но я не могу сказать, что меня ужасно удручает наблюдаемое расхождение.

Корреспондент. Ему можно дать различные объяснения. Что Вы думаете, например, о нейтринных осцилляциях?

Р. Дэвис. Нейтринные осцилляции — очень привлекательное объяснение эффекта. Мне хотелось бы верить, что они существуют.

Корреспондент. Но если это осцилляции, то нейтрино должны иметь массу...

Р. Дэвис. Да, об этом сейчас много говорят. Я слышал лекцию о результатах группы Любимова, слышал и критику в их адрес. Это очень хорошие работы, но полученные результаты пока нельзя принимать безоговорочно. Я думаю, что было бы забавным, если бы нейтрино имели массу. С научной точки зрения это выглядело бы интереснее.

Корреспондент. И, наконец, традиционный вопрос о Ваших дальнейших планах?

Р. Дэвис. Сейчас мы ведем подготовку к новому эксперименту, в котором вместо хлора будет использоваться галлий. У нас уже есть около двух тонн галлия, а необходимо иметь 40—50 тонн. В этом-то и вся трудность. Работы будут проходить в три этапа. На первом этапе намечена проверка всех экспериментальных процедур, и в частности процесса извлечения германия из хлорида галлия, а

также определение фона космического излучения. На втором этапе запланированы эксперименты с радиоактивными источниками, цель которых — определить сечение реакций $^{71}\text{Ga}(\nu_e, e^-)^{71}\text{Ge}$. Для таких опытов нам нужно будет уже около 17 тонн галлия. Третий этап — непосредственный поиск солнечных нейтрино. Мы надеемся начать его через 5 лет.

На меня произвели большое впечатление работы по подготовке галлиевой экспериментальной установки на Баксанской нейтринной обсерватории. Я видел шесть тонн галлия. Меня познакомили с планом проведения эксперимента, и я считаю, что он очень хорошо задуман. Эксперимент более сложен и утончен, чем наш, резервуар — больше, а прорытый туннель производит большое впечатление.

Корреспондент. Стало быть, Вы прощаетесь с хлор-аргоновым методом?

Р. Дэвис. Ни в коем случае. Я полон желания продолжить эксперименты с хлором в ближайшие десять лет и даже дольше. Если, разумеется, я буду в состоянии сделать это.

Б. М. Понтекоров: «Я не абсолютно уверен, что «загадка солнечных нейтрино» реально существует»

Корреспондент. Бруно Максимович, в свое время Вы предложили использовать радиохимические методы для регистрации нейтрино. Как Вы пришли к этой идее?

Б. М. Понтекоров. Меня интересовала сама проблема регистрации нейтрино. В 40-е годы с сомнением относились к мысли, что можно зарегистрировать свободные нейтрино. Так думали просто потому, что вероятность столкновения нейтрино с ядра-

ми вещества до смешного мала. Ведь ожидаемая длина свободного пробега нейтрино с энергией в несколько мегаэлектронвольт в конденсированном веществе имеет астрономические масштабы: в воде она в миллиард раз превышает расстояние от Земли до Солнца.

Сцинтилляционные счетчики, столь успешно использованные в 50-е годы Ф. Райнесом и К. Коузом для регистрации свободных антинейтрино от реактора, тогда еще не были

изобретены. Мне показалось, что для этого наиболее пригодны методы радиохимии, позволяющие отделить считанные атомы радиоактивного элемента от громадной массы всего вещества, облучавшегося нейтрино. И в 1946 г. я предложил радиохимические методы для детектирования свободных нейтрино, в частности хлор-аргоновый метод. Радиохимические методы вполне подходят для регистрации нейтрино с энергией приблизительно 0,5—15 МэВ.

Корреспондент. Как известно, до сих пор именно хлор-аргоновый метод применялся при поиске солнечных нейтрино. В чём его преимущества?

Б. М. Понтекорво. Хлор-аргоновый метод, обоснованию которого я посвятил ряд экспериментальных и теоретических работ, основан на реакции



Чем хороша эта реакция? Во-первых, можно использовать перхлорэтилен — сравнительно дешёвую, не ядовитую, не огнеопасную жидкость, содержащую хлор. Ее можно применять в качестве гигантской мишени. Во-вторых, аргон — благородный элемент, и процедура извлечения нескольких атомов ^{37}Ar из огромного количества C_2Cl_4 относительно проста. Однако я хотел бы подчеркнуть, что, несмотря на эту «простоту», опыт Дэвиса потребовал героических усилий автора. И, наконец, существенно то, что радиоактивный ^{37}Ar живет достаточно долго — около 35 дней. Его распад — это следствие захвата ядром электрона с К-оболочки, в которой в результате образуются «дырка». Когда электроны с других оболочек займут эту «дырку», избыточная энергия выделится в виде рентгеновского излучения и (или) пойдёт на отрыв одного из электронов внешних оболочек (так называемый эффект Оже). В любом случае суммарная выделяющаяся энергия имеет вполне определенное значение — 2,8 кэВ. Я не сразу осознал принципиальную важность этого обстоятельства и вначале предполагал использовать счетчик Гейгера в качестве детектора извлеченного из мишени радиоактивного аргона. Однако вскоре мы с Дж. Ханна обнаружили, что небольшое количество ионов (порядка 100), образующихся в счетчике при освобождении энергии 2,8 кэВ, позволяет применить пропорциональные счетчики с большим коэффициентом газового усиления. (Ранее считалось, что при больших коэффициентах усиления пропорциональные счетчики работать не могут.)

Так я пришел к выводу о необходимости использования



Б. М. Понтекорво

пропорциональных счетчиков в хлор-аргоновом методе. В пропорциональном счетчике, в отличие от гейгеровского, распад ^{37}Ar оставляет красивый и довольно отчетливый «автограф», и это позволяет значительно снизить фон. Уменьшение достигается не только возможностью измерения в пропорциональном счетчике амплитуды импульсов, но и их формы. Второе обстоятельство стало мне ясно только в 1968 г., и я сообщил о нем Дэвису на нейтринной конференции в Москве.

Корреспондент. Какие нейтрино Вы предполагали изучать с помощью радиохимических методов?

Б. М. Понтекорво. Об источниках нейтрино я скажу два слова. В 1946 г. я обсуждал три возможных источника: Солнце, работающий ядерный реактор и продукты деления «горячего» урана, извлеченные из реактора. Я отмечал тогда, что поток нейтрино от Солнца на поверхности Земли достаточно велик, порядка 10^{10} см $^{-2}$ с $^{-1}$, но что энергия нейтрино маловата для регистрации хлор-аргоновым методом. Однако это не означает, что я не возвращался позже к проблеме нейтрино от Солнца: она до сих пор меня очень интересует.

Корреспондент. Что Вы думаете о «загадке солнечных нейтрино»?

Б. М. Понтекорво. Под «загадкой» понимается обстоятельство, что поток солнечных нейтрино, зарегистрированный Дэвисом и его сотрудниками, значительно меньше, чем теоретически ожидаемая величина. Напоминаю, что полученное в экспериментах значение потока солнечных нейтрино, как и все величины, измеряемые в физике, имеет некоторую неопределенность. Кроме того, и ожидаемая величина потока, рассчитанная в работах Дж. Бакала, также имеет неопределенность, которую совсем не просто оценить.

Дело в том, что с помощью реакции превращения хлора в аргон можно зарегистрировать лишь относительно малоинтенсивную часть спектра солнечных нейтрино (в основном, нейтрино с достаточно большой энергией, испускаемые, согласно оригинальной работе В. Фаулера, ядрами ^8B). Поток нейтрино от ^8B в значительной степени определяется температурой в центре Солнца и другими его параметрами. Я бы сказал, что теоретический результат сильно зависит от принимаемой модели Солнца. Кроме того, в погрешность расчетов вносят свой вклад вероятности ядерных столкновений, значения которых до сих пор не очень хорошо известны.

Расчетная величина потока солнечных нейтрино с 1964 г. уменьшилась в пять раз, хотя в последние несколько лет она более или менее стабилизировалась. Быть может, я слишком осторожен, но я не абсолютно уверен, что «загадка солнечных нейтрино» реально существует.

В настоящее время в СССР и США готовятся эксперименты с использованием другого радиохимического метода, который был впервые упомянут В. А. Кузьминым. Я имею в виду так называемый галлий-германиевый метод, основанный на реакции превращения ^{71}Ga в ^{71}Ge . Эту реакцию способны вызвать и те солнечные нейтрино, которые «ускользают» от

регистрации хлор-аргоновым методом. В первую очередь, здесь важны нейтрино низких энергий от интенсивной части нейтринного спектра Солнца. Такие нейтрино испускаются в реакции $p \rightarrow d + e^+ + \nu_e$; эта часть спектра прекрасно рассчитывается и почти не зависит от модельных предположений. Предстоящие опыты помогут выяснить, действительно ли существует «загадка солнечных нейтрино».

Корреспондент. Представим себе, что «загадка» все же существует, т. е. будущие эксперименты также покажут, что число детектируемых нейтрино меньше ожидаемого. Как ее можно объяснить?

Б. М. Понтекорво. Об одном объяснении «загадки», если она все-таки остается, я уже фактически говорил — принимаемая в качестве «стандартной» модель Солнца может быть не совсем верной.

Другое возможное объяснение относится к самой природе нейтрино. Речь идет о конечной массе нейтрино и явлении нейтринных осцилляций. Если имеют место осцилляции, лишь некоторая часть нейтрино, дошедших от Солнца до Земли, может быть зарегистрирована; остальные нейтрино в этом смысле как бы «стерильны». Это и дает уменьшенную величину измеряемого потока солнечных нейтрино.

Я предсказывал и обсуждал явление осцилляций нейтрино еще до того, как появились сообщения Дэвиса о «загадке». Они были придуманы как очень чувствительный метод проверки закона сохранения лептонного заряда. Конечно, я был бы очень рад, если бы опыты с хлор-аргоновым методом определенно указали на существование «загадки» и, возможно, на наличие осцилляций нейтрино. К сожалению, как я уже говорил, это может быть и не так.

Не исключено, что именно опыты с галлий-германиевым детектором ответят на вопрос о существовании осцилляций. Эксперименты с солнечными нейтрино — самый чувствительный метод поиска осцилляций. Эта проблема очень актуальна. Она

не менее важна, чем решенная Дэвисом задача регистрации нейтрино от Солнца.

Корреспондент. С момента появления на свет «загадки солнечных нейтрино» высказывались многочисленные гипотезы о ее происхождении. Чем выделена гипотеза осцилляций?

Б. М. Понтекорво. Действительно, выдвигались довольно экзотические предположения. Думали, что нейтрино могут распадаться по пути от Солнца к Земле. Предполагалось, что энергия Солнца не термоядерного происхождения. Считали, что внутри Солнца может находиться черная дыра. Высказывалось предположение, что в прошлом Солнце приобрело извне значительную часть своей массы, так что его внутренние и внешние части имеют совершенно разный состав, что делает все вычисления абсолютно неправильными...

Объяснение «загадки солнечных нейтрино» с помощью осцилляций выделяется своей неэкзотичностью. Оно привлекательно с точки зрения физики элементарных частиц и не придумано ad hoc, специально для объяснения результатов Дэвиса. Гипотеза осцилляций, в принципе, допускает проверку, независимую от опытов с солнечными нейтрино, например в экспериментах на реакторах, мезонных фабриках и ускорителях. Правда, опыты с солнечными нейтрино несравненно более чувствительны к осцилляциям, чем другие эксперименты.

Корреспондент. Что Вы думаете о вариациях потока солнечных нейтрино?

Б. М. Понтекорво. Под вариациями нейтринной интенсивности в последнее время понимается якобы существующая зависимость от времени потока нейтрино от Солнца, зарегистрированного Дэвисом. Вполне возможно, что вариации имеют место, но, по моему мнению, опубликованные до сих пор результаты пока не указывают на существование таких вариаций. Вопрос о вариациях нейтринного потока можно будет решить на Баксанской нейтринной observa-

тории, когда там заработает хлор-аргоновая установка, по объему в пять раз превышающая установку Дэвиса.

Корреспондент. Каково Ваше мнение о наличии массы у нейтрино?

Б. М. Понтекорво. Отличная от нуля масса нейтрино, полученная в экспериментах сотрудников Института экспериментальной и теоретической физики, — результат, который не всеми рассматривается как окончательный. В 1983 г. эта группа, руководимая В. А. Любимовым, добилась существенных методических достижений в постановке эксперимента. Можно надеяться, что окончательный результат не слишком далек. Опыт весьма остроумен, но очень сложен. Аналогичные поиски массы нейтрино предпринимаются в различных лабораториях мира: в СССР, Франции, США, в Европейской организации ядерных исследований и др.

Я бы сказал, что нулевая масса нейтрино выглядит очень красиво. Но не менее красиво было бы, если бы она оказалась отличной от нуля. Дело в том, что не известен принцип, заставляющий массу нейтрино равняться нулю. Для фотона, например, такой принцип есть. Пусть опыт решит этот важнейший вопрос. Кстати, напомним, что осцилляции возможны только при конечных и разных массах нейтрино.

Корреспондент. И в заключение, как Вы оцениваете значение опытов Дэвиса?

Б. М. Понтекорво. Я хотел бы подчеркнуть, что Р. Дэвис, зарегистрировав солнечные нейтрино, сделал большое астрономическое открытие и экспериментально доказал, что энергия звезд действительно имеет термоядерное происхождение. Однако проблема солнечных нейтрино не закрыта и дальнейшие эксперименты могут сыграть важную роль в развитии наших представлений как о Солнце, так и о свойствах самих нейтрино.

Интервью взяла
И. Н. Арутюнян

Бескишечные моллюски и кольчатые черви

К. Н. Несис,
кандидат биологических наук

Институт океанологии им. П. П.
Ширшова АН СССР

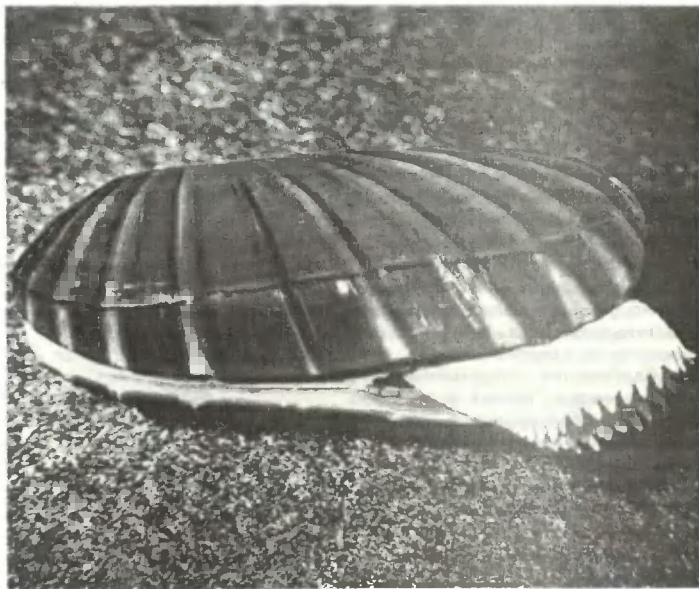
Москва

В науке часто бывает, что какие-то явления природы просто не привлекают к себе внимания, пока кто-то первым не скажет: «Э-э!». Так, в частности, было с погонофорами — многие держали их в руках, но не отдавали себе отчета, что это за нитевидные предметы или существа, пока А. В. Иванов не доказал, что погонофоры — особый тип животного царства. Поскольку эти морские беспозвоночные животные полностью лишены пищеварительной системы, предполагали, что они питаются растворенным органическим веществом, поглощая его всей поверхностью тела.

Все свободноживущие беспозвоночные, начиная с высших червей, имеют пищеварительную систему, и до погонофор наука не знала исключений. Но и их открытие не поколебало привычных представлений.

Зато когда обнаружили вестиментифер — животных, родственных погонофорам, но гораздо более крупных (длина их туловища до 150 см, толщина до 4 см) и тоже лишенных пищеварительной системы, стало ясно, что существуют особые, своеобразные способы питания, при которых даже высокоорганизованные животные не нуждаются в желудке, кишечнике и печени. И, действительно, таких животных оказалось немало.

В коралловых песках лагуны полинезийского атолла Moorea на глубине 1,5 м французский зоолог К. Жуэн обнаружил нитевидного многощетинкового червя из группы архианнелид, который оказался новым родом и видом и получил название *Astomus taenioides* («без-



Solemya panamensis — один из двустворчатых моллюсков с редуцированным кишечником (по Х. Фелбеку).



а



б



в

Стадии плавательных движений солемми: а — нога вытянута, створки раскрыты; б — нога подтянута, край мантии закрывает отверстие для входа воды; в — створки сжаты, перистоэракум смят в складки, и струя воды с силой выбрасывается из выводного сифона [по Р. Рейду].

рот нитевидный»)¹. Его длина 4—5 мм, ширина лишь 0,1 мм. Морфологически он близок к протодрилусу, обычному обитателю мелких песков Черного моря, но, в отличие от прото-

дрилуса, не имеет рта, глотки, слюнных желез. На месте кишки заметна тонкая коричневая полоска, состоящая из одного слоя клеток, в цитоплазме которых, по-видимому, содержатся запасы питательных веществ. Протодрилусы тоже обнаружены в лагуне Moorea, и их ки-

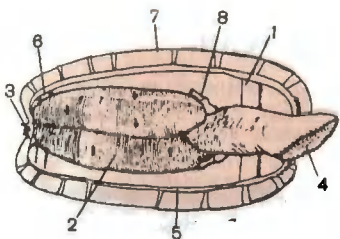
¹ Jouin C. — Canad. J. Zool., 1979, v. 57, № 12, p. 2448.

щечники, как обычно, наполнены детритом.

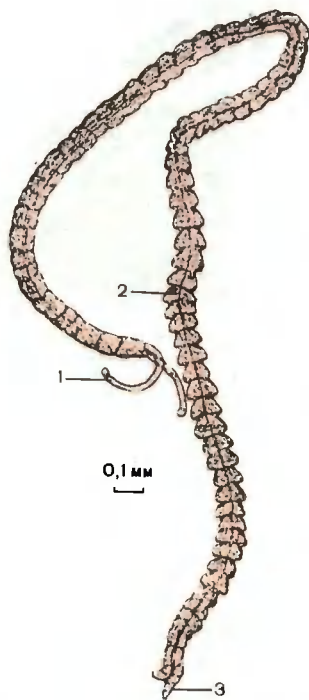
В таком же биотопе — поверхностном слое кораллового песка — в лагуне Бермудских о-вов на глубинах до 4 м западнотермальный зоолог О. Гире обнаружил бескишечного малощетинкового червя, описанного им как новый вид *Phalodrilus leukodermatus*². Род *Phalodrilus* относится к семейству Tubificidae, к которому принадлежит всем известный трубочник *Tubifex tubifex*, но включает только морские виды. Многочисленные виды этого рода имеют нормально развитую пищеварительную систему, однако *Ph. leukodermatus* полностью лишен рта, ануса и кишечника. Сильно редуцированную пищеварительную систему Гире обнаружил и у другого нового вида *Phalodrilus longissimus* из того же места. Прочие виды этого рода, обитающие в лагуне Бермудских о-вов, имеют хорошо развитый кишечник.

Бескишечные фаллодрилусы длиннее астомуса, но тоже очень тонкие: *Ph. leukodermatus* достигает 20—25 мм при диаметре 0,2 мм, *Ph. longissimus* — 20—40 мм при толщине 0,125 мм. Покровы *Ph. leukodermatus* ярко-белые, под цвет песка, *Ph. longissimus* — красноватые, но строение их сходно. Под кутикулой располагается необычно толстый эпидермис, придающий червям «ваздушный», как у нематод, вид, а между кутикулой и эпидермисом имеется система обширных полостей. В этих полостях у *Ph. leukodermatus* обнаружены скопления палочковидных бактерий. В задней части тела червя, где полости особенно велики, в них, кроме того, содержатся особые овальные тельца, значительно более крупные, чем бактерии.

Что это за тельца и какова природа бактерий, не выяснено, но похоже, что они имеют отношение к питанию червей. Фаллодрилусы живут в чистом, хорошо промытом коралловом песке, но под ним, на глубине около 10 см, располагается черный слой, пахнущий сероводоро-



Строение *Solemya reidi*: 1 — передний мускул-замыкатель, 2 — жабра, 3 — выводной сифон, 4 — нога, 5 — край мантии, 6 — задний мускул-замыкатель, 7 — необызвещаленный край раковины, 8 — щупальцевый хоботок (по Р. Рейду).



Бескишечный многощетинковый червь *Astomus taenioides*: 1 — щупальце, 2 — полость на месте кишечника, 3 — хвостовой вырост (по К. Жуэну).

их метаболизма. По наблюдениям Гире, фаллодрилусы по многу дней могут жить в бескислородном грунте.

Как питается астомус, не выяснено. Симбиотические бактерии у него не обнаружены. Но в мезенхиме — диффузной ткани, заполняющей целомические полости сегментов червя, — есть крупные круглые клетки с большим ядром, напоминающие какие-то симбиотические организмы (но не водоросли зооксантеллы). Играют ли они какую-то роль в питании астомуса, не установлено.

Астомус — единственный представитель многощетинковых, фаллодрилус — малощетинковых червей без пищеварительной системы.

Большой сенсацией стало открытие бескишечных двустворчатых моллюсков. Они были обнаружены одновременно и независимо двумя канадскими исследователями — Р. Рейдом и Ф. Бернардом³. Бернارد описал моллюска как новый вид *Solemya reidi*. Это довольно крупный моллюск: длина раковины до 6 см, высота до 2 см. Он распространен у западных берегов Северной Америки от Южной Аляски до Южной Калифорнии (Санта-Барбара) на глубинах 40—600 м.

Солемии — очень древняя, арханная группа двустворок, образующая особый отряд *Solemyida*. Он возник в девоне, 350—400 млн лет назад, а его предполагаемые предки известны из среднего ордовика, 450—475 млн лет назад. Род *Solemya* известен с мела. Ныне он представлен небольшим числом видов, но широко распространен. В морях СССР солемии существовали в палеогене и неогене. Эти закапывающиеся моллюски питаются тонко отсортированным детритом. Сильно развитые жабры помогают в сортировке пищевого материала. Особые трубчатые щупальцевые хоботки собирают пищу с жабр и передают ее в рот.

дом. Гире предполагает, что длинные черви время от времени заползают в сероводородный слой, чтобы «покормить» своих симбионтов, а вернувшись в чистый слой, переваривают бактерии или всасывают продукты

³ Bernard F. R. — *Venus*, 1980, v. 39, № 1, p. 17; Reid R. G. B. — *Canad. J. Zool.*, 1980, v. 58, № 3, p. 386; Reid R. G. B., Bernard F. G. — *Science*, 1980, v. 208, № 4444, p. 609.

² Giere O. — *Cah. Biol. marine*, 1979, v. 20, № 3, p. 301; Idem. — *Mar. Ecol. Progr. Series*, 1981, v. 5, № 3, p. 353.

Отсутствие кишечника — характернейшая черта *S. reidi*. На месте рта у моллюска — простая ямка, нет желудка, печени, не обнаружены протеолитические ферменты. Пищеварительная система отсутствует уже у молодки длиной 5 мм, но личинка солемии планктотрофная, и у нее должен быть кишечник.

Отсутствие пищеварительной системы у солемий кажется особенно странным потому, что эти моллюски способны плавать, а это требует больших энергетических затрат. Тонкая раковина солемий украшена узкими светлыми полосками, радиально расходящимися от «макушки». В этом месте известковый слой раковины редуцирован, и имеется лишь гибкий органический слой, перистракум. Нижний край мантии совсем не обызвествлен и может загигаться внутрь. Нога очень большая, мускулистая, ее конец разделен на две лопасти, которые моллюск использует при рытье. При плавании нога далеко вытягивается вперед, створки раковины раскрываются и вода входит в мантийную полость через кольцевую щель вокруг основания ноги. Затем нога подтягивается назад, край мантии закрывает отверстие, подобно манжете, моллюск с силой сводит створки, перистракум сминается в складки, объем мантийной полости резко уменьшается, и струя воды под давлением выбрасывается из выводного сифона. Моллюск получает реактивный толчок вперед и проплывает расстояние втрое больше длины раковины. Такие толчки повторяются каждые 1—2 секунды. Моллюск может плыть непрерывно до 1,5 минут.

У других видов рода солемий наблюдаются разные стадии атрофии пищеварительной системы, от нормально развитой у *S. togata*, *S. valvulus* и *S. velum* через сильно редуцированную и, возможно, вовсе нефункционирующую у *S. panamensis* и *S. parkinsoni* до полного отсутствия у *S. reidi* и, вероятно, у атлантической *S. borealis*. Рейд и Бернард предполагали, что бескишечные солемии питаются растворенным органическим веществом, всасывая его сильно развитыми жабрами. Непохуже,

однако, чтобы они могли удовлетворить таким способом свои метаболические потребности. Но интересно, что солемии с редуцированным или полностью отсутствующим кишечником живут в необычных условиях. Хотя *S. reidi* распространена широко, по-видимому, самая многочисленная популяция обитает на западном побережье о-ва Ванкувер на глубине 40 м вблизи нижнего лесосклада целлюлозного завода. Дно в этом месте сильно засорено остатками коры и древесины, при гниении которых в грунте появляется сероводород, и, кроме солемий, там почти нет животных. Крупная популяция *S. panamensis* обитала у мыса Уайтс-Пойнт, вблизи места сброса сточных вод г. Лос-Анджелеса, но исчезла, когда сброс стоков прекратили и грунт в этом месте обогатился кислородом.

Возникло предположение, что солемии питаются с помощью хемосинтезирующих симбиотических бактерий. У *S. panamensis* с мыса Уайтс-Пойнт установлена высокая активность ферментов, катализирующих цикл Кальвина — Бенсона (цикл темновых реакций ассимиляции углекислоты, протекающий, в частности, в хлоропластах растений), нитратредуктазы — фермента, восстанавливающего нитраты, и ферментов метаболизма серы⁴. Активности ряда ферментов, сконцентрированных в жабрах, у солемий близка или даже выше, чем у вестиментиферы *Riftia pachyptila* из Галапагосского рифа, а соотношение изотопов $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ — такое же, как у глубоководных двустворок, питающихся хемосинтезирующими бактериями — обитателями гидротермальных излияний. Вероятно, источник пищи солемий — окисляющие сероводород хемосинтезирующие бактерии — либо симбиотические, живущие в жабрах моллюска, либо свободноживущие в грунте, но которых моллюск отфильтровывает и переваривает в клетках жабер. Возможно, добывая такую пищу, солемии вынуждены

глубоко закапываться, чтобы достичь восстановленных слоев грунта там, где верхние сантиметры осадка окислены, и потому приобрели высокую устойчивость к бедной кислородом среде.

Открытие бескишечных кольчатых червей и моллюсков имеет отнюдь не только академический интерес. Солемия — достаточно крупное животное с большой мясистой ногой (способность долго плавать требует хорошо развитой мускулатуры), богатой белком. Представим себе, что мы разместили на поверхности Черного моря ряды поплавков и подвесили на них клетки с солемиями так, что моллюски находились как раз на границе кислородной и сероводородной зон. Эта граница достаточно резка — не более нескольких метров. В зоне раздела еще достаточно кислорода для дыхания моллюсков, но уже достаточно сероводорода для жизнедеятельности хемосинтезирующих бактерий, окисляющих сероводород. Таким образом, можно создать плантацию марикультуры, использующую богатейший и никому, кроме бактерий и солемий, не доступный источник питательных веществ. Если удастся решить проблему сбора и подрачивания личинок солемий, можно будет осуществить полный цикл выращивания пищевого сырья на «даровом» источнике энергии.

Можно попробовать заселить комплексами бескишечных моллюсков и симбиотических хемосинтезирующих бактерий и места сброса сточных вод, например, целлюлозно-бумажных комбинатов. Моллюски с бактериями будут одновременно и очищать воду, и наращивать биомассу. Конечно, сейчас это только фантазия, но ведь совсем недавно фантазией казалось и существование моллюсков и червей без рта и кишечника!

⁴ Felbeck H., Childress J. J., Somero G. N. — Nature, 1981, v. 293, № 5830, p. 291.

ГЛАВНЫЙ АРХЕОЛОГ СИБИРИ

К 75-летию со дня рождения А. П. Окладникова

«Случай помогает подготовленному уму»

Академик Г. И. Марчук,

заместитель Председателя Совета Министров СССР,
председатель Государственного комитета СССР по науке и технике

Восемнадцать лет я был связан с деятельностью Сибирского отделения Академии наук СССР. Живя в Сибири, невозможно не интересоваться ее историей, тем более, что исследования, которые проводились при непосредственном участии и под руководством главного сибирского археолога академика А. П. Окладникова дали поразительные результаты: они подтвердили самобытность и своеобразие древних культур этой части Азии.

На алтайской речке Улалинке, например, обнаружено древнейшее в Сибири палеолитическое поселение. Изучение многих сотен наскальных рисунков древних охотников привело к выводу, что искусством счета овладели на берегах нынешних Ангары и Лены даже раньше, чем в Шумере и Египте. Находки археологов неопровержимо доказывают древнее происхождение современных амурских племен. Типичный узор (амурская спираль), украшавший одежду и сосуды неолитических жителей низовьев Амура, почти не изменившись, вплется в национальные орнаменты нанайцев, ульчей, нивхов и других современных дальневосточных народов. Сибирские археологи провели совместно с американскими коллегами раскопки сначала на Алеутских островах, затем на Байкале. Эти исследования подтвердили предположение, что древнейшие коренные жители Америки, предки нынешних индейцев, алеутов, эскимосов пришли из Сибири через Берингов мост (10—15 тыс. лет назад Берингова пролива не было, и Азиатский континент, непосредственно соединялся с Североамериканским).

Вспоминается такой случай. В 1974 г. в канадском городе Ванкувере проходил

международный математический съезд, в котором участвовал и я. В один из дней на первой полосе газеты «Нью-Йорк таймс» я увидел портрет Алексея Павловича Окладникова. Корреспонденция под портретом называлась: «Выдающийся успех советских археологов». В ней рассказывалось о работе совместной советско-американской археологической экспедиции на Алеутских островах. Особенно подробно описывались события на острове Анангула. Как только катер пристал к восточному берегу острова, одним из первых с него сошел Окладников, возглавлявший советскую группу археологов, и, по образному выражению корреспондентов, как гончая начал делать большие круги по местности. Это продолжалось несколько часов. Наконец он сел и сказал: «Будем копать здесь». Американские археологи было запротестовали — они давно вели раскопки на острове, нашли кое-что интересное, хотели именно их и продолжить, место же, на которое указал Окладников, было далеко в стороне. Но Алексей Павлович повторил: «Будем копать здесь». В статье говорилось, что американцы только из деликатности (каким образом они были хозяевами) согласились с непонятным с их точки зрения решением и заложили новый раскоп. Через 3 дня начали появляться редчайшие находки, которые восполнили отсутствующий до той поры пробел в истории алеутской культуры.

Даже если отбросить вполне возможную газетную сенсационность, все равно я почувствовал в этом описании хорошо знакомый мне археологический почерк Окладникова. Про него вообще рассказывают легенды. Вот он едет с коллегами на машине по Монголии и как-будто дремлет,



АЛЕКСЕЙ ПАВЛОВИЧ ОКЛАДНИКОВ
20.IX (З.Х) 1908—18.XI 1981

но вдруг останавливает водителя и говорит свое знаменитое: «Будем копать здесь». И экспедиция откапывает в степи, где нет ни единого бугорка, стоянку первобытного человека. Вот он в центре города Горно-Алтайска на берегу Улалинки наклоняется и поднимает ничем с виду не приметный булыжник, который оказывается древним каменным орудием. Вот обнаруживает в гравии обломок каменного топора и, узнав у рабочих, откуда возят этот гравий, находит в окрестностях карьера древнее стойбище.

Я как-то спросил Алексея Павловича: «Как Вам это удастся?» Ответ был шутливым и кратким: «Интуиция, Гурий Иванович. Интуиция».

Интуиция в науке значит очень много. За ней огромный опыт ученого, его эрудиция, профессиональное мастерство, соединенное с творческим началом.

В кулуарах общих собраний Академии наук СССР приходилось слышать: «Окладникову снова повезло, опять что-то откопал». Везение началось с момента, когда он в 30-е годы нашел в горах Памира знаменитого теперь неандертальского мальчика — то было открытие мирового класса. Затем везение повторялось из года в год. Не слишком ли часто, чтобы считать это случайностью? Секрет Алексея Павловича Окладникова заключался, видимо, в том, что он умел поставить себя на место тех людей, которые жили в древние эпохи, пытался воссоздать их действия. Для этого нужны огромные знания, умение пользоваться ими, сопоставлять, делать выводы. И каждый раз, когда я слышал о новой случайной находке академика Окладникова, мне вспоминались слова Л. Пастера: «Случай помогает подготовленному уму».

Жизнь — поиски

Член-корреспондент АН СССР

А. П. Деревянко

Новосибирск

Время, казалось, навсегда поглотило радости и горе, мирный труд и разрушительные войны племен и целых народов. И открытие в археологии нового памятника — это страница, а может быть и глава, в летописи человечества. Археология помогает видеть в зеркале давно ушедших событий самих себя со всеми волнениями, с особой остротой ощущать свое место в этом мире, осознавать свою ответственность перед настоящим и будущим. Археология — это и постоянные поиски: нещадное солнце, морозящий дождь, тучи комаров, гнуса. Непролазную тайгу, раскаленные пески и многое другое приходится преодолевать пешком, на моторной лодке, на лошадах, в машине.

Все накопленное человеком за более чем миллионную историю тесно взаимосвязано. Сотни тысяч лет каменного века подготовили переход к земледелию и скотоводству, а затем к эпохе металла, образованию первых государств. Неповторимое искусство Греции, эпоха Средневековья, новый взлет культуры в период Возрождения — все это отдельные, но взаимосвязанные страницы и главы в истории человеческого общества. Девятнадцатый век неразрывно связан с восемнадцатым, точно так же, как без нынешнего века невозможен век грядущий — двадцать первый.

Вся жизнь Алексея Павловича Окладникова и служила задаче открытия забытых страниц истории человечества. Первую свою научную экспедицию Окладников совершил в 1925 г., когда ему было 17 лет. Первую статью опубликовал в 18 лет. Его экспедиционные маршруты неоднократно проходили вдоль великих азиатских рек: Лены, Ангары, Амура, Колымы, Индигирки. Он работал в Средней Азии и в Монголии, Кореи и за Полярным кругом, изучал древние культуры Аляски и Алеутских островов, Сахалина и Курил. Более 50 лет Окладников, как только сходил снег и прилетали грачи — первые вестники весны, выезжал в экспедицию в самые различные районы

нашей страны. И каждая его экспедиция — новые открытия, новые знания о прошлом. Им написано около 60 книг, более 500 статей. Поражает широта эрудиции и интересов Окладникова: проблемы становления человеческого общества, происхождение искусства, история древних культур и племен Средней, Центральной, Восточной и Северной Азии от первоначального заселения этих территорий человеком до Средневековья. И во всех этих вопросах он — признанный авторитет не только у нас в стране, но и за рубежом.

Родился Алексей Павлович Окладников 20 сентября (3 октября) 1908 г. в небольшой деревне Константиновщине, надежно запрятанной в таежной глуши верховьев великой сибирской реки Лены. Отец его, Павел Степанович Окладников, — сельский учитель, расстрелянный колчаковцами на Байкале. Мать, Анна Аверьяновна, — простая русская женщина, почти не знавшая грамоты. От отца он унаследовал страсть к чтению, а от бабушки и матери — любовь к легендам и преданиям. Долгими зимними вечерами он мог часами слушать увлекательные рассказы. Еще в детстве у него зародилось чувство бережного отношения к духовной культуре народов, которая создавалась веками и передавалась от одного поколения к другому. Успех Окладникова как ученого заключается именно в том, что за так называемыми остатками материальной культуры он видел прежде всего человека с его душой, мыслями и переживаниями, человека, который по крупницам создавал то, что у нас есть сегодня.

Много связывало Окладникова с охотниками и следопытами ленской тайги. И главное — любовь к природе, страсть к путешествиям, сила духа, неутомимость и непритязательность — качества, столь необходимые в любой экспедиции.

Директором школы, где учился Окладников, был талантливый педагог Иннокентий Трофимович Житов, создавший

краеведческий кружок. Интерес к археологии у Окладникова пробудился после лекции, прочитанной в школе одним из старейших археологов Сибири Павлом Павловичем Хороших. Увлеченный рассказом археолога, школьник-краевед вскоре сам испытал радость первого открытия, когда на берегу реки Анги нашел каменные орудия — свидетельство жизни древнего человека здесь, в местах, где он родился и вырос. Первые находки окрылили Окладникова: оказывается, и ленскую тайгу человек заселил уже так давно, что даже легенды и сказания не сохранили память об этих далеких и никому неведомых временах. Все летние месяцы после тех находок он проводит в тайге, в поисках стоянок древнего человека, и вскоре ему удалось собрать большую коллекцию каменных орудий на открытых им поселениях древнего человека.

В 1925 г. Окладников по рекомендации окружного отдела народного образования поступает в педагогический техникум, а затем переводится в Иркутский педагогический институт. В Иркутск Окладников привез два мешка. В одном были замороженные впрок на долгую зиму пельмени, а в другом — коллекции, собранные им в верховьях Лены.

В Иркутске в это время работал талантливый ученый и педагог Бернгард Эдуардович Петри (1884—1937). Ученик академика В. В. Радлова и Л. Я. Штернберга, Петри с конца 90-х годов прочно связал свою судьбу с Сибирью, переехав с берегов Невы, где работал в Музее антропологии и этнографии, в Иркутск. Петри по праву может считаться основателем иркутской школы этнографов и археологов. При кафедре первобытной культуры в Иркутском университете он создал археологический кружок, активным членом которого стал Окладников. В это время членами кружка были М. М. Герасимов, Г. Ф. Дебец, А. Г. Сосновский, Г. В. Ксенофонтов и другие, ставшие впоследствии известными учеными.

Каждый год Окладников выезжает в экспедиции в низовье Селенги, на Верхнюю Лену. И каждый год приносит новые открытия, проливающие свет на почти совершенно не изученные вопросы истории и быта племен неолита, ранней эпохи бронзового века. За десять лет Окладникову удалось собрать обширные материалы по древней истории прибайкальских племен.

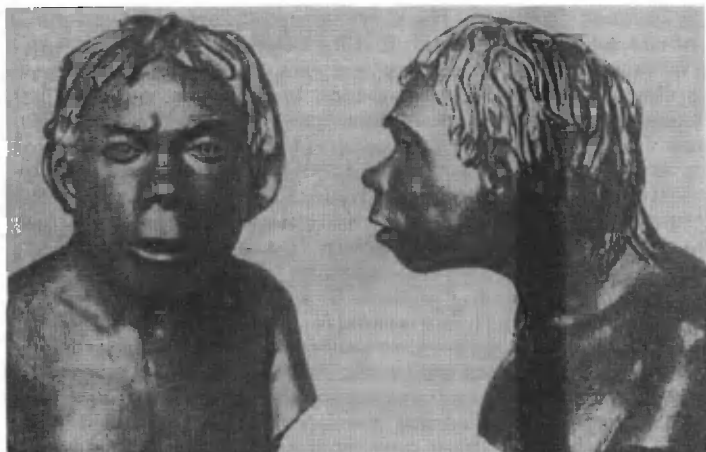
В 1935 г. он переезжает в Ленинград и поступает в аспирантуру, в ведущее в то время археологическое учреждение стра-

ны — Институт истории материальной культуры АН СССР. Научным руководителем у молодого, но уже прошедшего суровую школу сибирской археологии ученого был известный советский археолог Петр Петрович Ефименко (1884—1969). В Ленинграде в то время работали Н. Я. Марр, И. А. Орбели, В. В. Струве, В. И. Равдоникас, лекции и семинары которых посещает молодой ученый. В конце 20-х и в 30-е годы в археологию пришли Б. Б. Пиотровский, Б. А. Рыбаков, С. В. Киселев, С. П. Толстов, Н. П. Третьяков, М. П. Грязнов, С. Н. Бибиков и другие, ставшие впоследствии выдающимися учеными. Это было время формирования советской археологической науки; в жарких дискуссиях, далеко не всегда безобидных, проходивших в Москве, Ленинграде, Киеве и других центрах, происходила кристаллизация методических и методологических принципов периодизации истории человеческого общества.

В это время происходит и становление Окладникова как ученого-археолога с широким диапазоном исследований. Трудно в настоящее время назвать аспект древней истории, в который он не внес бы свой вклад. Именно в эти годы он становится одним из ведущих исследователей древнейшего прошлого человечества. Им сделано много открытий, но наибольшее значение имеют находки мустьерского человека в гроте Тешик-Таш в Узбекистане, принесшие ему мировую известность.

В начале 1938 г. в Институт истории материальной культуры в Ленинграде, где в то время работал Окладников, пришло письмо из Ташкента. Известный советский ученый Михаил Евгеньевич Массон — блестящий знаток и исследователь древних культур Средней Азии — ставил вопрос о необходимости исследования каменного века в Узбекистане.

К этому времени, благодаря трудам русских ученых-востоковедов, открылся удивительный мир земледельческих цивилизаций Средней Азии. Народы Средней Азии на протяжении многих тысяч лет принимали активное участие в исторических процессах. Ее горы и долины были свидетелями гибели Кира и торжества Дария, могущества великого македонца Александра и трагедии Спитамена. Много интереснейших страниц древней истории среднеазиатских племен удалось написать археологам и востоковедам к концу 30-х годов. Но в основном это были страницы, относящиеся к сравнительно позднему времени: наиболее древние племена, о которых имелись сведения у археологов, рас-



Мальчик-неандерталец из Тешик-Таша. Реконструкция М. М. Герасимова.

Девушка из Кондона (Нижний Амур, IV—III тысячелетие до н. э.).

Сосуд с о-ва Сучу (Нижний Амур, IV—III тысячелетие до н. э.).

Личина из Вознесенского (Нижний Амур, III тысячелетие до н. э.).

селялись на юге Средней Азии около 5 тыс. лет назад. А что было до них? Очевидно, что древние культуры и государства должны были иметь более ранние этапы, на основе которых и развивалась в последующем среднеазиатская цивилизация. Встал вопрос о поисках следов людей каменного века.

Возглавить работы по изучению древнейших этапов истории народов Средней Азии было поручено Окладникову. Он решил начать с долины горной реки Тургандарьи. Отсюда начался долгий и утомительный путь в горы, где охотникам за горными козлами издавна были известны таинственные пещеры, в которых могли жить древние люди. Долгих восемь дней карабкались путешественники с проводниками, горными пастухами из поднебесного кишлака Юкары-Мачай по крутым, извилистым тропам, по узким карнизам, выдолбленным в скалах.

Наконец вдали показалось темное отверстие в скале — таинственный грот Тешик-Таш. С потолка в самой середине грота медленно и ритмично падала капля за каплей чистая прозрачная вода. Там, где падали капли, образовалась ямка глубиной не более 20 см, а в ней, на самом ее дне, лежали кости животных, раздробленные человеческой рукой. Самой же замечательной находкой был кусок камня, безусловно обработанный человеком. Он принес археологам не только радость открытия, но и успокоение: теперь, наконец, они знали, что найдено пещерное поселение человека и притом неожиданно древнего — мустьерского!¹

Конечно, это было довольно-таки смелое предположение: до сих пор еще никто не находил в Средней Азии и в соседних с ней областях азиатского материка, если не считать Индии, отгороженной от Средней и Центральной Азии высокой стеной Гималаев и Тибетским нагорьем, следов культуры мустьерского времени.

Прошло несколько дней. Археологи заложили в гроте раскоп и начали очень осторожно разбирать слой за слоем. И вот однажды они наткнулись на кость, явно принадлежавшую не животному. Тут уже и сам Окладников боялся предположить, что она принадлежит человеку. Он взял нож и кисть и с крайней осторожностью, сантиметр за сантиметром стал снимать слой земли, и вот уже показался череп... Череп человека.

Во всем мире было обнаружено не более 20 остатков людей мустьерского времени, а в Советском Союзе всего лишь два. Причем, в одном случае, в пещере Киик-Коба в Крыму, уцелел костяк ребенка, настолько плохо сохранившийся, что слово «уцелел» применимо к нему только условно. От второго костяка из Киик-Кобы сохранилось, к великому сожалению ученых, тоже слишком мало. А тут лежал череп неандертальского человека — первый на территории нашей страны.

В 1949 г. вышла в свет книга «Тешик-Таш», в которой Окладников тщательно и скрупулезно проанализировал все факты, связанные с раскопками и обнаруженными находками. Обвалившаяся со свода грота глыба раздавила череп, оказавшийся детским, на десятки мелких кусочков, но благодаря ювелирной работе антропологов, он был полностью восстановлен. М. А. Синельников и Н. А. Гремяцкий подробно описали в монографии детский скелет и че-

¹ Мустье — эпоха среднего каменного века (100—35 тыс. лет назад).



реп. За эту монографию Окладников, так же как и Гремяцкий и Синельников, был удостоен Государственной премии СССР. Крупнейшим советским антропологом М. М. Герасимовым по костным остаткам была сделана реконструкция неандертальского мальчика.

Раскопки в Тешик-Таше позволили установить, что это были не остатки случайной жертвы катастрофы, вроде горного обвала, а следы настоящего погребения со сложным обрядом захоронения.

Тешик-Таш — одно из многих других интереснейших открытий Окладникова в Средней Азии. В Туркмении, Таджикистане, Киргизии в различные годы им были найдены и изучены десятки стоянок, мастерских, пещерных поселений, относящихся к нижнему, среднему и верхнему палеолиту. Окладникову посчастливилось вести раскопки не только во многих районах нашей страны, но и за рубежом. Нет возможности в одной статье последовательно и по годам проследить все его экспедиционные маршруты, рассказать о всех его идеях и открытиях.

Не только исключительное трудолюбие и энциклопедические знания помогали Окладникову открывать начальные главы истории человечества, но и редкая интуиция и счастье полевого исследователя. Именно им было начато и поразительно многое сделано по изучению прошлого народов Центральной Азии — «далекой и таинственной», как написал в начале XX в. видный французский исследователь А. Буль.

Еще в конце XIX — начале XX в. антропологом и этнографом Д. Н. Анучиным, а позднее академиком П. П. Сушкиным была высказана оригинальная гипотеза о центральноазиатском происхождении человека. Среди зарубежных ученых эту

идею развивал крупнейший американский палеонтолог и археолог Г. Осборн.

Для подтверждения этой гипотезы в глубины Монголии в 20-е годы была направлена американская центральноазиатская экспедиция под руководством крупного ученого-биолога Р. Эндрюса. В состав экспедиции в разные годы входили многие крупнейшие исследователи из разных стран.

Участникам этого уникального научного предприятия удалось обнаружить большое количество ископаемых животных, в том числе гигантское кладбище динозавров в самом сердце Центральной Азии — пустыне Гоби, в местности Баиндзак (по-монгольски — богатый саксаул) или Шабарак усу (по названию колодца Глинистая вода). Но на главный вопрос ответа найти не удалось. Наиболее ранние памятники, открытые учеными, были определены сравнительно поздним временем — финальным этапом неолита.

Более десяти лет пришлось работать Окладникову и его советским и монгольским коллегам в Центральной Азии. Экспедиционные маршруты много раз пересекали Гобийский Алтай, Центральную и Восточную Монголию, пустыню Гоби. Были открыты десятки уникальных памятников эпохи нижнего, среднего и верхнего палеолита.

Изучение палеолита в Центральной Азии позволило Окладникову выделить две основные традиции в технике изготовления каменных орудий у древнейшего населения Монголии, которые, скорее всего, связаны с двумя миграционными волнами древних людей при заселении этой территории. На основании сходства изделий из ряда памятников Монголии с древнейшими орудиями труда Юго-Восточной и Восточной Азии можно с уверенностью сказать,

что впервые древний человек появился в Центральной Азии 300—400 тыс. лет назад. Отсюда, конечно, еще не следует, что Монголия была прародиной человека. Но совершенно ясно, что и здесь, наряду с такими областями, как Юго-Восточная Азия, Африка, Европа, шло дальнейшее поступательное развитие человеческой культуры и общества в целом начиная с нижнего палеолита.

Во многих районах страны пришлось работать Окладникову, но где бы ни проходили экспедиционные маршруты ученого, его каждый год неодолимо влекла Ангара, Лена, Амур, красавец Байкал. И как ни напряжен бывал летний период экспедиционных работ, Алексей Павлович непременно возвращался в места, где он делал свои первые раскопки, где легли его первые археологические тропы, превратившиеся в широкую дорогу, которая привела его к важным открытиям, проливающим свет на многие проблемы истории человеческого общества.

Десятки, сотни исследованных им памятников в Сибири и на Дальнем Востоке позволили ему написать яркие страницы истории охотников и рыболовов, расселявшихся на бескрайних просторах от Урала до Тихого океана.

Одним из интереснейших открытий Окладникова является поселение Улалинка, расположенное в городской черте Горно-Алтайска. На поселении при раскопках обнаружены грубые нуклеусы, рубящие орудия, скребла и другие изделия древнего человека. Очень сложен вопрос о датировке этого памятника. Окладников считал Улалинку древнейшим поселением в Сибири и относил его к нижнему палеолиту. Пока об этом периоде в Сибири и на Дальнем Востоке мало убедительных фактов, много спорных проблем, но неустанные поиски памятников эпохи нижнего палеолита и тот вклад, который внес Окладников в изучение этого периода, позволяют надеяться, что будущие исследования смогут более определенно ответить на этот важный вопрос.

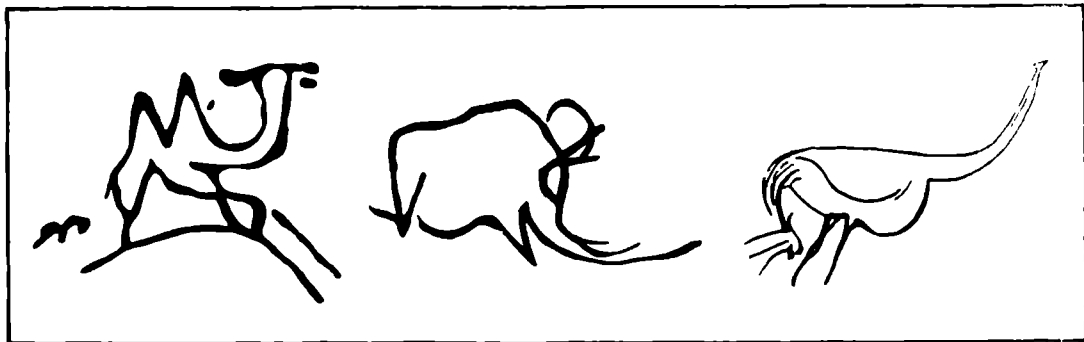
Гораздо больше накоплено фактов о культуре верхнего палеолита. Еще в 1937 г. Окладников открыл уникальное верхнепалеолитическое поселение в устье Сухой Пади, неподалеку от села Буреть. При исследовании этого поселения были обнаружены остатки жилищ, построенные из костей мамонтов и северных оленей. Жилища по своей конструкции напоминали дома эскимосов XIX в. с углубленным в землю основанием, сверху они были покрыты

куполообразной крышей, опиравшейся на эластичный каркас из жердей и оленьих рогов.

Палеолитические стоянки и поселения открыты и исследовались Окладниковым на Алтае, в Западной и Восточной Сибири, Якутии и на Дальнем Востоке. В отдаленном прошлом — 30—20 тыс. лет назад — человек уже освоил не только южные районы Сибири и Дальнего Востока, но и продвинулся далеко на север, вплоть до Ледовитого океана и еще дальше: прошел по сухопутному мосту — древней Берингии в Америку. Именно «древние сибиряки» — пионеры освоения Севера — в погоне за мамонтом и носорогом, за стадами северных оленей и быков первыми открыли этот совершенно новый для человека материк, протоптали по его девственной земле первые тропы и разожгли свои очаги, заложив основу для всего дальнейшего развития культуры и цивилизации Нового Света. Для решения этой проблемы много творческих сил и энергии отдал Окладников. Он был руководителем с советской стороны первой советско-американской экспедиции, работавшей на Аляске и Алеутских островах.

Большой вклад внес Окладников в изучение последующих этапов — мезолита, неолита — обширного Азиатского региона. Им была разработана периодизация неолитических культур Восточной Сибири и Дальнего Востока. Десятки стоянок и поселений неолитического времени открыты и изучались им в Туркмении, Таджикистане, Киргизии, Монголии.

Многие очень крупные археологи всю свою жизнь занимались исследованием какого-то определенного периода в истории человечества, видя в этом цель всей своей жизни, сознательно суживая хронологические и территориальные рамки своих исследований. И в этом, безусловно, большой смысл, потому что на современном этапе развития археологии происходит стремительное накопление фактического материала и невозможно быть профессионалом одновременно во многих направлениях древней истории. Окладников, благодаря своему таланту, огромной работоспособности и эрудиции, был одним из немногих энциклопедистов в археологии. Его интересовали не только ранние эпохи в истории человечества — каменный век, но и поздние этапы — эпоха металла и Средневековье. Он с большим увлечением занимался изучением бронзового, железного века Прибайкалья, Забайкалья, Дальнего Востока.



Рисунки древних людей из пещеры Хойт-Ценкер Агуй (Монголия).

Одним из направлений работы Окладникова были проблемы этногенеза народов Сибири и Дальнего Востока. Решение этих вопросов требует от исследователей хорошего знания археологии, палеоантропологии, этнографии, лингвистики и других наук. Большой вклад внес он в решение проблемы происхождения тунгусо-маньчжур, якутов, бурят, палеоазиатов. Особенно глубокие знания и большой интерес проявил Окладников к этнографии. Он всегда считал, что археология и этнография неразрывно связаны друг с другом. Это как бы две части одного большого целого. Этнография помогает раскрыть археологу то, что никогда не могут дать раскопки — как бы окаменелую мысль древнего человека, его идеологию, его мировоззрение, духовную культуру. Каждый раз, когда представлялись случаи сомкнуть две науки, заглянуть в далекий исчезнувший мир при помощи древних легенд, сказаний, преданий, он всегда стремился воспользоваться такой возможностью.

Особенностью творческого мира Окладникова было умение увидеть богатство души древнего человека, его стремление к познанию окружающего мира. Это наиболее ярко выразилось в его работах, посвященных древнему искусству. Он интересовался самыми различными аспектами этой проблемы.

Постоянно волновали и интересовали Окладникова вопросы происхождения искусства, его истоков. На эту тему им написано много интересных статей и книг, которые известны среди специалистов не только у нас в стране, но и за рубежом. Особое значение имеет его книга «Утро искусства», изданная в 1967 г. в издательстве «Искусство». В этой обобщающей работе с подку-

пающим лаконизмом и красочностью языка дана интереснейшая панорама истории первобытного искусства от первых шагов и предпосылок художественного творчества до скрупулезного анализа всех известных памятников эпохи палеолита. И особенно важно, что Окладников не только внес большой вклад в теоретическую разработку проблем первобытного искусства, но своими открытиями в Сибири, а затем и в Центральной Азии значительно раздвинул географические границы, в которых происходило зарождение и становление искусства, открыл миру новые великолепные образцы и шедевры художественного творчества.

До недавнего времени принято было считать, что древнейшие и классические в своем роде памятники искусства первобытного человека, пещерные росписи и другие образчики древнего искусства, оставленные людьми ледниковой эпохи, сосредоточены на сравнительно ограниченном пространстве Западной Европы — во Франции и Испании. Родиной искусства считался Запад. Здесь жили, по словам Г. Осборна, «греки» палеолитического времени, вдохновленные мастера живописи, гравюры и резьбы.

Никто не предполагал еще 30—40 лет назад, что и Азия тоже может дать произведения искусства, не уступающие западноевропейским. В Сибири на палеолитическом поселении Мальта, раскопанном Герасимовым, и в Бурятии Окладников нашел великолепные скульптурные изображения животных, змей, птиц, а также скульптурки женщин и украшения, которые поражают исследователей высоким мастерством исполнения. На Лене Окладников открыл наскальные рисунки этого же периода у села Шишкино. В 1966 г. в Центральной Азии, в Монголии, в пещере Хойт-Ценкер Агуй Окладников также нашел пещерные росписи. Все это говорит о том, что в Азии тоже существовали свои очаги первобытного искусства. Были свои талантливые художники,

которые не только донесли до нас облик вымерших животных, но и оставили бесценные художественные произведения, способные вызвать то неподдельное восхищение, которое мы испытываем, встречаясь с подлинным, прекрасным искусством.

Яркие и своеобразные тенденции в развитии духовной и материальной культуры не исчезали в более позднее время, особенно ярко проявились на обширной территории от Урала до Тихого океана в неолитическое время. 5—6 тыс. лет назад продолжало развиваться реалистическое искусство, анималистическое в своей основе.

Десятки интереснейших статей, блестящих книг посвятил Окладников древнейшему искусству народов мира и, пожалуй, самые увлекательные и выстраданные страницы — искусству народов Сибири, где известно множество таких рисунков, распространенных в самых различных ее местах: по утесистым крутым берегам таежных рек, начиная от предгорий Урала и до Амура, в бескрайних степях Забайкалья, Тувы и Минусинской котловины, на Алтае, а также на скалах вдоль «Внутреннего моря» глубинной Азии — Байкала. Почти все известные галереи каменного века Северной Азии и не только Северной, но и Центральной и Средней изучались Окладниковым. Каждая такая большая группа, а иногда и отдельные местонахождения сибирских писаниц имеют свой собственный неповторимый колорит, неразрывно связанный с историческим прошлым, культурой и конкретными событиями в жизни того древнего населения, которым они были оставлены.

Древние рисунки на скалах — не просто картинная галерея. Она создавалась из рисунков и сцен, означавших различного рода магические и колдовские обряды. Среди десятков и сотен рисунков животных на Ангаре человек изображен всего лишь один раз, схематично и в особой позе. Это мужчина с согнутыми ногами. Он как бы танцует, руки его подняты вверх к небу. Окладников пришел к выводу, что в древних безмолвных рисунках на скалах запечатлены молитвы о помощи, обращенные к неведомым грозным силам природы. Писаницы были своего рода священной книгой тысячелетий. Прочтению этой книги ученому во многом помогли легенды и сказки племен тайги.

Талант и способность человека в полной мере раскрываются тогда, когда выбранная специальность находится в гармонии с духовным миром человека, когда

раздумья и решения проблем занимают его всего без остатка, а решение их доставляет истинную радость и наслаждение. Именно эта любовь к науке о прошлом человечества, изучению которой Окладников отдал всю свою жизнь, глубокое уважение к человеку, делавшему самые первые и трудные шаги в познании мира, позволили ему сделать так много, что этого хватило бы на несколько жизней. Вся жизнь его — титанический труд.

За выдающийся вклад в науку академик Окладников удостоен двух Государственных премий СССР, ему присвоено звание Героя Социалистического Труда, заслуженного деятеля науки РСФСР, Бурятской и Якутской АССР. Он был избран действительным членом академий наук Венгрии, МНР, членом-корреспондентом Британской королевской академии.

Окладников был не только большим ученым, но крупным организатором науки, прекрасным педагогом. Долгое время он работал в одном из ведущих археологических учреждений страны — Ленинградском отделении Института археологии АН СССР. В 1961 г., когда было создано Сибирское отделение АН СССР, по приглашению М. А. Лаврентьева он переехал в Новосибирск и возглавил работу гуманитариев Сибири. Им был организован сначала Отдел гуманитарных исследований, а в 1966 г. — Институт истории, филологии и философии Сибирского отделения АН СССР, бессменным директором которого он был до своей смерти. По всей Сибири и Дальнему Востоку благодаря его усилиям возникли археологические и исторические отделы, лаборатории и кафедры.

Сотни учеников Окладникова работают в нашей стране и за рубежом. Он был инициатором создания и руководителем крупнейших археологических экспедиций: Ангарской, Братской, Ленской, Северо-азиатской (Дальневосточной), Советско-Монгольской.

Окладников был одним из инициаторов написания и главным редактором пятитомной «Истории Сибири», удостоенной Государственной премии СССР, принимал участие в написании многих коллективных трудов по истории и археологии нашей страны.

Умер Окладников в расцвете творческих сил. Еще весной 1982 года за несколько месяцев до кончины выезжал в экспедицию на Алтай... Но жизнь его и сегодня продолжается в делах его учеников и коллег, в идеях, высказанных им в книгах и статьях.

Воспоминания об учителе

Д. И. Бродянский,
кандидат исторических наук
Владивосток

Впервые я увидел Алексея Павловича Окладникова в сумрачный день ленинградской осени 1957 г. в подвале бывшего дворца на Дворцовой набережной, 18, где располагалась камеральная мастерская. Ученый в тот момент диктовал помощнице описание неказистого горшка из бурой глины. И сосуд ожил, приобрел черты индивидуальности. Мне, первокурснику восточного факультета Ленинградского университета, показалось чудом пространное и красочное описание внешне простой вещи. Да и сейчас, 25 лет спустя, я бы, пожалуй, не сумел так образно описать тот горшок двухтысячелетнего возраста, найденный на берегу быстрой и чистой речки Кроуновки в районе г. Уссурийска.

Летом 1960 г., сойдя с поезда «Москва — Владивосток», я встретил А. П. Окладникова во дворе краеведческого музея. Похвалив за настойчивость: «Добрался все-таки до Дальнего Востока!» — Алексей Павлович сразу отправил меня в один из своих экспедиционных отрядов на полуостров Песчаный. В тот полевой сезон на Песчаном окончательно решил давний спор о природе и возрасте раковинных куч, усеявших берега залива Петра Великого. Впрочем, каждый полевой сезон у А. П. Окладникова приносил замечательные результаты. В следующие 20 лет не раз приходилось работать вместе с Алексеем Павловичем, слушать его рассказы.

Солнечный теплый день приморского октября. А. П. Окладников вырвался из потока заседания очередной конференции на остров Гилова, где «можно на огородах собирать каменные топоры». И мы их собираем, переходя с одного огорода на другой по берегу пролива Старка. Удивленная странным занятием взрослых людей, хозяйка одного из таких огородов спрашивает, что мы ищем. Держа в ладонях находки, А. П. Окладников объясняет, что вот это — тесло, а это — топор, ими работали люди,

жившие здесь две с половиной тысячи лет назад. Недоверие, удивление, восторг и снова удивление — вот, пожалуй, обедненный перечень тех состояний, что отразились на лице женщины за несколько минут импровизированной лекции. Такие лекции сопутствовали любой поездке; их аудитория — шоферы, пастухи, дорожные рабочие, сельские механизаторы, лесники, солдаты и генералы... Кто только не проходил через стадии удивления, узнавания, благодарности, горячего желания немедленно чем-то помочь этому обаятельному рассказчику в сапогах и непритязательной походной одежде! Одежда была «не академической», иногда только шляпа выдавала принадлежность ее обладателя к интеллигенции, да кто сейчас не носит шляп? Но ведь не зря сказано: «встречают по одежке, а провожают по уму». Как только крепкий, с навечно загорелым лицом А. П. Окладников произносил первые слова, слушатели понимали, что перед ними человек высокой культуры. Один мой коллега как-то заметил по адресу А. П. Окладникова, что негоже, дескать, академику ходить в такой одежде... Невдомек было критику, что отлично сшитый костюм отнюдь не заменяет на кафедре лектора.

Тех, кто работал с Алексеем Павловичем «в поле», удивляли его наблюдательность, зоркость, неутомимость поисковика. Идем от лагеря к раскопу. Весь отряд, десятки людей, уже второй месяц ходят по этой проторенной нами же тропе. А. П. Окладников, едва переступив невидимую границу поселения, поднял прекрасный халцедоновый наконечник стрелы.

«Да как же мы не заметили?»

Смеется: «Мне местные духи помогают».

В Каире, этой Мекке мировой археологии, в 1956 г., сидя в летнем кафе с Б. Б. Пиотровским, увидел в песке на полу отщепы.

«Откуда песок?»



Перед началом раскопок на Рудановском городище в Приморье. 1978 г.

«Да вот недалеко, из района пирамид».

Тотчас же отправился и с помощью местных мальчишек собрал коллекцию мустьерских каменных орудий.

Стоило машине остановиться на дороге, заложив руки за спину, шагал, глядя под ноги (едва ли еще не на асфальте) и частенько находил что-нибудь. Так, мимоходом, по дороге с Алтая в Новосибирск, нашел неразграбленное карасукское погребение. Археологи знают, что эти ка-

менные ящики на древней дневной поверхности, сооруженные в XIII—VIII вв. до н. э., в те же века сплошь разграблены. Находка Алексея Павловича из редчайших.

Зашла как-то речь о зарубежных поездках. Монголию пересек вдоль и поперек десятками маршрутов, открыл множество памятников разных эпох. А одной хорошо организованной экспедиции из дружественной европейской страны не повезло, ничего не нашли. Почему?

«Они, европейцы, заранее все рассчитали, наметили маршрут, строго его придерживались, да и смотреть привыкли по-европейски. А я так: хочет шофер свернуть к родственникам, 200 км в сторону, — поехали. Везде что-нибудь найдется, нужно уметь видеть».

На Кубе, до поездок А. П. Окладникова, были известны памятники не старше пяти — шести тысяч лет. Алексей Павлович сразу нашел более древние, мезолитические.

«Они только в пещерах смотрели, а я взял, да выше пещер забрался, там и нашел».

Египет, Монголия, Куба, Алеутские острова — везде, где побывал Алексей Павлович Окладников, он открыл неизвестные ранее археологические памятники. У нас в стране — от Урала до Колымы, от Памира до Таймыра — им открыты, вероятно, многие тысячи археологических объектов.

Весь день льет нудный моросящий приморский дождь. Еще утром мы спустились на лодке к устью реки Артемовки и меряем шагами пашню, осматриваем обнажения морского берега. На мокрой земле хорошо заметны отщепы, каменные орудия, черепки — здесь огромное поселение, три разных эпохи оставили свои вещи в этой земле. Штормовка, вся одежда давно промокли, на сапогах налипли пудовые лепешки глины, минуло время обеда, пора бы уже возвращаться, но Алексей Павлович неуголемо (а ему уже шестьдесят!) меряет и меряет шагами террасу, взбирается на скользкие камни мыса, просит сделать зачистку, еще одну, еще... Только темнота служила пределом таких маршрутов. Обычным считался дневной перевал на триста — пятьсот километров отнюдь не по идеальным дорогам. В кабине грузовика не закрывал боковое стекло, любил свежий ветер, и видно лучше. Вот только правое плечо побаливало, но говорил об этом весело, как о неизбежном неудобстве.

Не любил оставаться долго на одном месте. Автору этих строк однажды посчаст-



Раскопанные жилища раннего железного века в Кроуновке (Приморье).

ливилось найти нечто принципиально новое. А. П. Окладников приехал, сидел и сам копал ножом шесть дней, докопал и снова скорее в путь.

«Нет машины? Поедем на электричке. Не заказана в городе гостиница? Поставишь на кухне раскладушку; нет, нет, только на кухне».

Во время маршрута заехали к моей бывшей студентке. Алексей Павлович прилег на диван, хозяйка буквально вырвала у него из-под головы плоскую подушку и положила большую, пышную. Засмеялся довольный.

Из окна электрички показал на мыс в долине реки Раздольной, попросил обязательно проверить, нет ли там поселения. Проверил. На мысу оказался неолитический слой.

На раскопе с утра до темноты. Работал быстро, торопил, делал часто прирезки, но тщательную зачистку ценил, не отвлекал тех, кто занят ею. Во время работы рассуждал вслух, спрашивал мнение окружающих: так ли они видят слои, расположение вещей. Диктуя в дневник описание разреза (сложнейшего разреза Осиновки в 1965 г.), все время проверял свое видение слоя, спрашивал: «А что видите вы? Так ли? Правильно ли описание?» Возражения, замечания слушал внимательно, с обоснованными соглашался, был чуток к себе, к людям, умел слушать.

В Осиновку приехал со сломанным в автомобильной аварии ребром. Выполнял совет врача — «берегся», спал не в палатке,

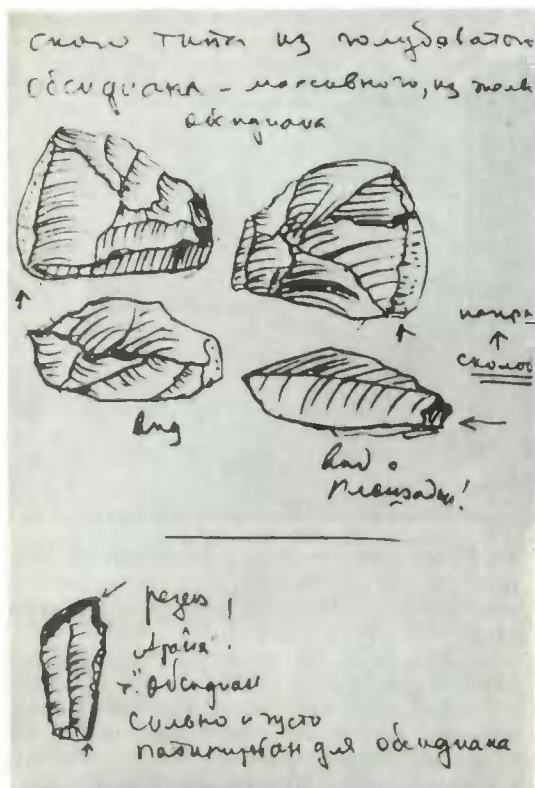
а на полу пустого класса сельской школы. Трудно сказать, было ли в нетопленном классе теплее, но уж жестче, чем в набитой сеном палатке, безусловно.

За один день написал большую статью «Тунгусо-маньчжурская проблема и археология». Писал быстро, набело. Однажды я видел: правит рукопись, сидя в кабине экспедиционной машины. Так и осталось в памяти: мог работать даже в машине. Работал везде (кабинет всегда с собой). В гостинице правил рукопись книги «Утро искусства». В старом дощатом бараке возле одного из раскопов написал статью для сборника «Наука и человечество». В больницу попросил привезти машинку и непрерывно отстукивал на ней статьи, рецензии и отзывы... Любил слушать во время работы музыку Баха, Моцарта, но записи с собой не возил.

Не выносил грубости, проявлений неуважения к человеку. Покраснев, молча уходил, но иногда взрывался, резко давал отпор грубияну. Любил, чтобы окружали его рослые, крепкие ребята, способные и землю ворочать, и за себя постоять.

Не любил заседаний, но понимал их организующее и информационное значение, работал прямо в зале. Как-то в темноте (показывали слайды) попросил перевести подписи к средневековой карте. «Темно? А вон столик стенографистки, садись и работай».

Но всегда с удовольствием вырывался из залов и кабинетов на волю, в экспедицию. Быстро и внимательно читал рукописи, вопросы задавал точные, часто содержащие в себе новую мысль, новый поворот темы. Не занимался мелкой опекой уче-



Страница полевого дневника А. П. Окладникова. 1966 г.

ников, приучал со студенческих лет к самостоятельности.

Был физически крепок, вынослив. При подъеме на крутые сопки, шестидесятипятилетний, обгонял молодых, поздней осенью умывался до пояса на берегу ключа, схваченного первым ледком. В начале 70-х годов вдвоем с академиком И. И. Минцем несколько дней летал на вертолете пограничников, выступал на заставах. Вернулся довольный, веселый, возбужденный.

«Как слушали? Ну, где мне соревноваться с Минцем, комиссаром гражданской войны!»

А гражданская ударила и по нему, белые убили отца, сельского учителя.

Любил делать подарки, щедро тратил личные деньги на экспедиции, но иногда вдруг становился бережлив, требовал сварить всеми нелюбимый «геркулес». Не помню, чтобы когда-нибудь это сделали, пачка злополучного овса постоянно валялась в машине. Всегда стремился поделиться едой, чем-нибудь угостить.

До конца жизни сохранил какую-то детскую любознательность, стремление заглянуть в глубину вещей и явлений, узнать интересного человека, а скучных людей сторонился, им он казался странным, непонятным: «Камни собирает?» С юмором рассказывал, как в Чите искал орудия на стоянке, а долго наблюдавший за ним человек подошел, взял за локоть и пытался вежливо, но настойчиво отвести, как выяснилось, в дом душевнобольных.

Любопытно, что при огромном человеческом обаянии и мастерстве лектора, собеседника, рассказчика А. П. Окладников оставался непонятным и неудобным для тех, кто плохо знал свое дело, будь то директор совхоза или археолог. Неизменно тянулись к Алексею Павловичу дети и собаки — эти безотказные индикаторы человеческой доброты.

В одних случаях быстро публиковал открытый памятник, но чаще подолгу осмысливал полученную информацию, сомневался, взвешивал, снова и снова возвращался к работе над коллекцией, добирая материал в новых раскопках и маршрутах. И многое, очень многое не успел сказать.

Неизмеримо много сделал он для пропаганды исторических знаний, для воспитания бережного отношения к памятникам истории. Всю свою жизнь был пропагандистом, лектором, журналистом.

А. П. Окладников в совершенстве владел классическими методами археологии: типологическим и стратиграфическим. Будучи одним из создателей советской археологии, он последовательно защищал принцип историзма археологии и всегда стремился от анализа слоев, вещей, отдельных памятников выйти на уровень исторических реконструкций и обобщений, уровень крупных полотен, воссоздающих прошлое объемно и зримо. Огромная эрудиция (в ее основе работа и феноменальная память, через десяток лет узнавал «в лицо» однажды виденный предмет, даже простой булыжник из Гоби), комплексное использование различных категорий источников: письменных, этнографических, фольклорных. Источники знали настолько, что нередко уходил в исследование «неархеологических» вопросов: Ермак, декабристы в Сибири, землепроходцы и мореплаватели Севера, этнография. Весь этот уникальный по разнообразию и богатству запас знаний мгновенно превращался в инструментарий дешифровки археологических источников.

В те четверть века, что я знал А. П. Окладникова, он нередко как бы пропускал промежуточные этапы исследования, что



Импровизированная лекция. Варварина гора (Бурятия). 1973 г.

одни принимали за пренебрежение методикой, другие бездумно стремились этому подражать, не понимая, что крупному мастеру подражать нельзя, потери при этом неизбежны — как в искусстве, так и в науке. Важнейшим и тончайшим инструментом познания является интуиция ученого. А. П. Окладникова она никогда не подвела. Он генерировал идеи, порой как будто не заботясь о строгой аргументации, системе и методике доказательств. И почти всегда и везде был прав. Жизнь науки проверяет правомерность гипотез, беспощадно бракует их, но сколько же мыслей А. П. Окладникова прочно вошло в арсенал мировой археологии или утверждается в ней! Так обстоит дело и с признанием неандертальцев в Средней Азии, неандертальских погребений, с нижним и средним палеолитом Сибири и Дальнего Востока, выделением археологических провинций в Сибири и на Дальнем Востоке, дальневосточным земледелием, массой конкретных разработок в области первобытной и средневековой археологии. И рядом с этим — концепция

добровольного вхождения народов Сибири в состав Государства Российского. И мысли о будущем науки. Таков диапазон А. П. Окладникова.

В основе концептуального метода А. П. Окладникова лежит гуманистическая глубоко интернациональная идея единства человечества, подлинно всемирного характера мировой истории и вклада в нее всех народов Земли — великих и малых. И нежная любовь к родной земле, к огромным просторам Родины и ее людям. Эта любовь окрашивает все его работы и всю его жизнь.

КРАТКАЯ БИБЛИОГРАФИЯ ТРУДОВ А. П. ОКЛАДНИКОВА

ОЧЕРКИ ИЗ ИСТОРИИ ЗАПАДНЫХ БУРЯТ-МОНГОЛОВ (XVII—XVIII вв.). Л., 1937;

НЕОЛИТ И БРОНЗОВЫЙ ВЕК ПРИБАЙКАЛЬЯ. Ч. 1—3. М.—Л., 1950—1955;

ЯКУТИЯ ДО ПРИСОЕДИНЕНИЯ К РУССКОМУ ГОСУДАРСТВУ. Изд. 2-е. М.—Л., 1955;

РУССКИЕ ПОЛЯРНЫЕ МОРЕХОДЫ XVII В. У БЕРЕГОВ ТАЙМЫРА. Изд. 2-е. М.—Л., 1957;

ДАЛЕКОЕ ПРОШЛОЕ ПРИМОРЬЯ. Владивосток, 1959;

ДНЕВНЕЕ ПОСЕЛЕНИЕ НА ПОЛУОСТРОВЕ ПЕСЧАНОМ У ВЛАДИВОСТОКА. М.—Л., 1963;

ОЛЕНЬ ЗОЛОТЫЕ РОГА. М.—Л., 1964;

ПЕТРОГЛИФЫ АНГАРЫ. М.—Л., 1966;

УТРО ИСКУССТВА. Л., 1967;

ПЕТРОГЛИФЫ НИЖНЕГО АМУРА. Л., 1971;

ЦЕНТРАЛЬНОАЗИАТСКИЙ ОЧАГ ПЕРВОБЫТНОГО ИСКУССТВА. Новосибирск, 1972;

ПО АЛЯСКЕ И АЛЕУТСКИМ ОСТРОВАМ (совместно с Р. С. Васильевским). Новосибирск, 1976;

ОТКРЫТИЕ СИБИРИ. М., 1979.

ПУБЛИКАЦИИ В «ПРИРОДЕ»

ПРОИСХОЖДЕНИЕ АЛЕУТОВ (совместно с У. Лафлином) 1976, № 1.

НОВАЯ ПЕЩЕРА НА УРАЛЕ С ПАЛЕОЛИТИЧЕСКИМИ РОСПИСЯМИ (совместно с В. Т. Петриним) 1982, № 1.

По следам динозавров

В. И. Седлецкий,
доктор геолого-минералогических наук

Ростовский государственный университет

В последние годы стали появляться сведения о том, что в северной части хребта Кугитангтау в юго-восточной Туркмении имеются многочисленные следы динозавров. Следы эти издавна были известны местным жителям, а сравнительно недавно район, где они встречаются, посетили геологи. Был даже снят небольшой документальный фильм. Тем не менее территория не была детально обследована, и этот уникальный памятник природы не был описан. Для восполнения этих пробелов в сентябре 1982 г. преподаватели и студенты Ростовского университета отправились в специальную экспедицию, результаты которой и приводятся в настоящей статье.

Напомню, что динозавры — это жившие в мезозое пресмыкающиеся, которые по особенностям строения скелета делятся на ящеротазовых и птицетазовых. Появились динозавры в среднем триасе (220—210 млн лет назад), а исчезли они, как принято считать, достаточно внезапно в конце мелового периода (67—65 млн лет назад).

По своим морфологическим, экологическим и другим особенностям динозавры очень разнообразны. Одни из них были растительноядными, другие — хищниками. Часть динозавров унаследовала от предков и сохранила способность к передвижению на двух задних конечностях, другие эту способность утратили и стали опираться также и на передние ноги.

Размеры динозавров колеблются от 0,5 до 25 м. Гигантизм был одной из характерных особенностей многих динозавров. В Музее природоведения Университета им. А. Гумбольдта в Берлине хранится найденный в Африке скелет брахиозавра длиной 22,6 м, высотой около 12 м и весом более 50 т.

В течение мезозоя динозавры освоили все три среды обитания: сушу, воду, воздушное пространство. Было время, когда

динозавры насчитывали сотни видов и чрезвычайно широко расселились.

Остатки динозавров, их яйца, скорлупу от яиц и просто следы находят на всех континентах. У нас в стране разрозненные кости и части скелетов динозавров обнаружены в Средней Азии, Казахстане, Сибири и в других местах. Первый хорошо сохранившийся и почти целый скелет был найден в сентябре 1961 г. в 45 км к северу от Ташкента. Этот 5-метровый скелет утконосого динозавра — гадрозавра — был захоронен в толще песков верхнемелового возраста¹.

Следы динозавров отпечатались в мезозойских отложениях самого разного состава и возраста. Наиболее древние из них, оставленные динозаврами еще в триасовом периоде, найдены в Северной и Южной Америке. На территории нашей страны до последнего времени следы динозавров были известны лишь в двух местах: в Раватском ущелье в Таджикистане и на горе Сатаплиа в Грузии.

В Таджикистане возле кишлака Рават, расположенного на высоте около 3 тыс. м у Анзобского перевала в системе Гиссарского хребта, следы динозавров более 100 лет назад обнаружил геолог Г. Ф. Романовский. С тех пор здесь время от времени находят новые отпечатки. Все они сосредоточены на поверхностях пластов песчаников среднеюрского возраста. А в Грузии на горе Сатаплиа, что возвышается в 7 км к северо-западу от Кутаиси, в различных горизонтах нижнемеловых известняков обнаружено до полутора сотен следов динозавров.

И вот мы в Туркмении на хребте Кугитангтау. Скоро нам предстоит увидеть «Плато динозавров» — третье на территории нашей страны место, где, по сви-

¹ Беленький Г. А., Рождественский А. К. — Палеонтол. ж., 1963, № 1, с. 141.



Склон хребта Кугитангтау в Туркмении. По пласту известняка, хорошо видного в верхней части снимка, тянутся цепочки следов динозавров.

детельству очевидцев, сохранились следы вымерших пресмыкающихся.

Хребет Кугитангтау входит в систему юго-западных отрогов Гиссарского хребта и протягивается более чем на 80 км от р. Амударьи на юге до хребта Байсунтау на севере. По гребню Кугитангтау проходит граница между Туркменской ССР, лежащей к западу, и Узбекской ССР. Максимальная его отметка — вершина Айрибаба высотой 3120 м. Крутой и короткий восточный склон хребта сложен палеозойскими гранитами, а также триасовыми и юрскими (нижняя и средняя юра) породами. Западный склон хребта пологий (угол наклона от 12 до 20°); он образован верхнеюрскими известняками, мощность которых местами превышает

500 м. Известняки обнажаются на всем протяжении хребта, и лишь местами на их поверхности сохранились останцы гипсов и ангидритов. Известняковый склон прорезан многочисленными ущельями с отвесными стенами, закарстован. В южной части хребта, у села Карлюк, находятся знаменитые Карлюкские пещеры, где добывают мраморный оникс.

Вдоль подножья западного склона хребта тянется долина небольшой реки Кугитангдарья. В западном ее борту обнажаются красочные песчано-глинистые породы мелового возраста (нижний мел). Здесь у небольшого поселка Хаджа Пильмы и встретили следы динозавров.

Урочище, где находится поселок, представляет собой малообжитые места. Долина Кугитангдарьи в этом месте сужается, и слагающие ее борта известняки, глины и песчаники почти смыкаются, образуя единую систему горных склонов, ущелий и пологих вершин.

Верхнеюрские известняки неоднородны по составу: в их толще выделяются



След крупного растительноядного динозавра (предположительно, игуанодонта).

След мелкого растительноядного динозавра.

След хищного динозавра.



рифовые массивы и плитчатые разновидности. Отдельные пласты настолько пересыщены остатками древней фауны, что породы, из которых они состоят, правильнее было бы назвать ракушечником; другие пласты сложены кристаллическим кальцитом, иногда встречаются водорослевые разновидности. В верхней части известняковой толщи выделяется пласт глинистого известняка, наиболее устойчивый к разрушению. Он образует так называемые бронированные поверхности. Забегая вперед, отмечу, что пласт, о котором идет речь, обнажается только в наиболее высокой северной части хребта, где он во многих местах выходит на поверхность на площади свыше 10 км^2 . Выходы этого пласта заметны издалека, поскольку они образуют гладкие участки среды неровного, иссеченного ущельями известнякового склона.

Многочисленные следы динозавров различной сохранности отпечатались на поверхности этого пласта в 500—700 м выше тальвега долины.

Любопытно, что следы динозавров сохранились только на пологих участках, а на круто наклонных поверхностях они отсутствуют. В результате наблюдений мы пришли к выводу, что все следы, оставленные динозаврами на поверхности данного пласта, имеют одинаковый возраст — около 150 млн лет.

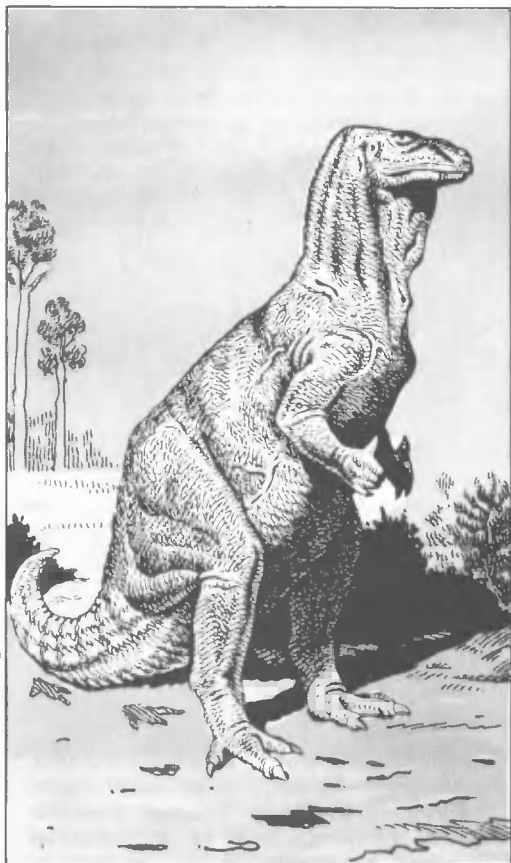
В пределах обследованной нами территории выделяются два пологих участка с многочисленными следами динозавров. Один из них, расположенный на 3 км западнее поселка Хаджа Пиль, был известен и раньше. Размеры его $250 \times 100 \text{ м}$. Следы здесь в основном хорошо сохранились.

Второй участок мы обнаружили сами. По крайней мере, раньше не было известно о его существовании. Этот участок находится в 2 км к югу от центра поселка и в 2,5 км к востоку от первого. Размеры его превышают $300 \times 150 \text{ м}$. Следы здесь сохранились хуже, но все же вполне доступны

для изучения. На этом участке мы нашли самый крупный след. Следы плохой сохранности тянутся вдоль этого же известнякового пласта не менее чем на 2 км к юго-западу.

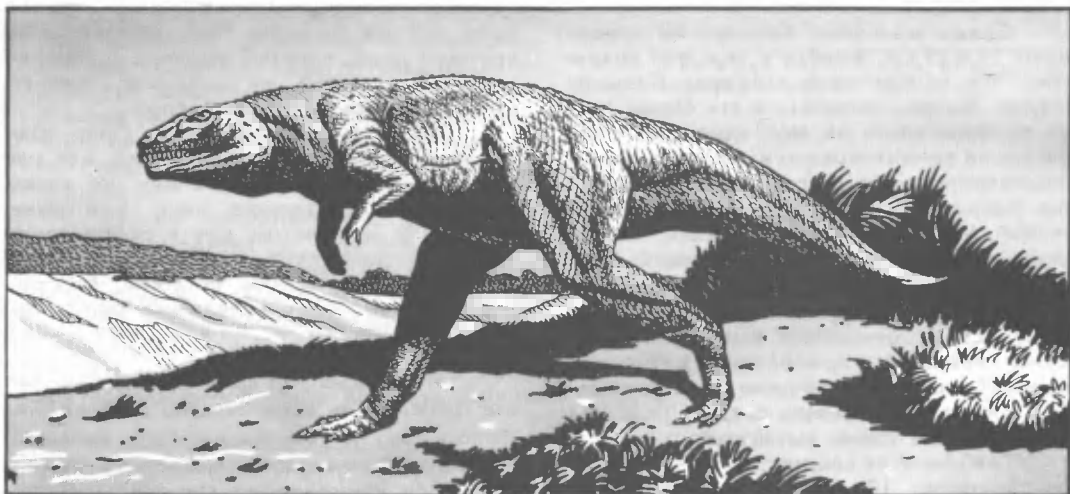
Вернемся к первому участку, где следы сохранились лучше. Известняковый пласт наклонен здесь к северо-востоку под углом около 20° . Поверхность пласта вся испещрена цепочками следов. Мы насчитали до 30 таких цепочек. Все они скрываются по краям площадки под лежащими выше пластами, и при желании некоторые из них можно проследить и дальше с помощью небольших расчисток. Ясно одно: следы принадлежали многим особям, имевшим разные размеры.

Судя по расположению следов, динозавры держались группами, каждая из которых насчитывала по нескольку десятков особей. Если предположить, что следы на отдельных участках, разделенных расстоянием в несколько километров, принадлежат разным группам динозавров, то их в урочище Хаджа Пиль было не меньше трех. Цепочки следов ориентированы примерно в одном направлении — с севера на юг. Все следы производят впечатление отпечатков крупных птичьих лап. Размер самых крупных следов 70×65 см, но большинство из них не превышает 60×50 см. На всех следах отчетливо выделяются три пальца примерно одинаковой ширины (около 14 см), причем средний палец немного длиннее. Каждый палец оканчивается тремя короткими когтями. Животные передвигались на двух ногах, шаг равномерный, средняя длина его 155 см. Обращает на себя внимание то обстоятельство, что динозавры в стаде часто шли по двое: цепочки их следов стро-



Так выглядели крупные растительноядные динозавры — игуанодонты [реконструкция У. Смитсона, 1974].

Реконструкция хищного динозавра — меганозавра [У. Смитсон, 1974].





Шаг динозавра.

го параллельны. Следы передних ног нигде не замечены, отсутствуют и какие-либо отпечатки хвоста.

Следы меньшего размера не превышают 25×23 см. Вместе с тем они сохраняют все особенности строения больших следов. Ящеры, оставившие эти следы, также передвигались на двух ногах. Цепочки следов не ориентированы в каком-то одном направлении, потому создается впечатление большей подвижности оставивших их особей. Мы склонны предполагать, что эти следы оставили молодые динозавры, принадлежащие к тому же виду, что и крупные.

Наконец, имеются следы, явно отличающиеся от описанных выше, хотя они также трехпалые и принадлежат двуногому ящеру. Таких следов найдено всего несколько. Примерные размеры следа 50×35 см. Пальцы более узкие, вытянутые.

Глубина всех следов различна. Иногда она достигает 10 см, что позволяет при

известных затратах труда получить четкие слепки. Часть изготовленных нами гипсовых слепков передана в музей, другая находится в Ростовском университете.

Попутно замечу, что изготовление слепков — процесс довольно трудоемкий, поскольку приходится не только доставлять на плато гипс, но и носить воду из долины. Хорошо, что до сих пор никто не пытался выкалывать отпечатки, как это случалось в других районах. Но некоторый урон все же нанесен. Нам попался один крупный след, залитый вровень с поверхностью цементом — результат чьей-то неумелой попытки снять слепок.

Следы в урочище Хаджа Пиль принадлежат динозаврам, обитавшим, как мы уже упоминали, около 150 млн лет назад в конце оксфордского века. Отпечатки оставлены на илистом дне в прибрежной части мелководного морского бассейна. Судя по органическим остаткам, бассейн был населен многочисленными бентосными организмами и, по-видимому, имел обильную растительность.

Интересно, что само название урочища Хаджа Пиль тоже связано со следами. Дело в том, что местные жители, большей частью охотники и пастухи, с давних времен обращали внимание на эти следы. Часто

им приходилось использовать скапливавшуюся в их углублениях воду. И не случайно в название урочища входит слово «пиль» — слон. По преданию, в зимнее полнолуние накануне Нового года камни размягчаются, как и все в природе, и по ровным площадкам на склонах гор безмолвно бродят большие слоны. А утром люди находят их следы. Так как недалеко проходил великий караванный путь из Средней Азии в Индию, рассказы о слонах и их изображения не были редкостью в этих местах.

Очень важным представляется тот факт, что во всех пунктах, где найдены следы динозавров, — в урочище Хаджа Пиль, Раватском ущелье и на горе Сатаплиа — эти следы принадлежат к нескольким разным типам.

В Раватском ущелье выделено 5 типов отпечатков, среди которых имеются трехпалые, принадлежащие двуногим ящерам, и пятипалые, оставленные динозаврами, передвигавшимися на четырех ногах. Существует предположение, что в известняках горы Сатаплиа сохранились следы как хищных, так и растительноядных ящеров. Причем, следы оставлены на поверхности пластов, залегающих один над другим.

Таксономическая идентификация динозавров по их следам, конечно же, очень затруднительна. Однако мы попытались сравнить хорошо знакомые нам следы из урочища Хаджа Пиль с описанными в литературе следами из двух других местонахождений.

Вот что пишет палеонтолог Л. К. Габуня, изучавший следы динозавров на Кавказе: «...следы верхнего горизонта Сатаплиа принадлежат травоядным динозаврам подотряда Ornithopoda. Эти динозавры были крупными двуногими полупальцеходными формами. Судя по следам, у них было три коротких и широких функционирующих пальца. На следе выделяется отпечаток широкого зафалангового отдела ноги. Следов передних ног и хвоста они не оставляли»².

Другой палеонтолог А. К. Рождественский выделяет в Раватском ущелье «трехпалые следы с сильно развитым средним пальцем, напоминающие отпечатки птичьих лап, но превосходящие их в несколько раз по размерам...». И о тех же следах: «пальцы массивные, причем средний не намного больше боковых. Это —

отпечатки орнитопод, возможно типа игуанодонтов»³.

К сожалению, фотографии следов, описанных Л. К. Габунией и А. К. Рождественским, привести не удастся из-за слабой их контрастности. Однако даже описания наводят на мысль о сходстве этих следов и большей части следов в урочище Хаджа Пиль. По крайней мере, не вызывает сомнения, что все они оставлены растительноядными ящерами из отряда птицетазовых, возможно игуанодонтами. Это были огромные динозавры, достигавшие в длину 20 м. Они передвигались, опираясь на мощные трехпалые задние конечности, а передние пятипалые конечности их были значительно короче.

Аналогичные следы меньшего размера принадлежат, по-видимому, молодым особям игуанодонтов. Узкие и длинные следы, судя по их очертаниям и особенностям строения, оставлены хищными динозаврами.

Находка многочисленных следов позднеюрских динозавров в юго-западных отрогах Гиссарского хребта уникальна со многих точек зрения. Прежде всего, изученная площадь — замечательный памятник геологической истории Земли, истории эволюции органического мира. Обширность территории, на которой обнаружены следы древних ящеров, хорошая сохранность и доступность их для изучения позволяют надеяться, что исследования здесь будут продолжены.

В заключение хочется призвать природоохранительные организации Туркменской ССР сделать все возможное для создания в урочище Хаджа Пиль геологического заповедника, который обеспечил бы охрану этого редкого памятника природы.

³ Рождественский А. К. На поиски динозавров в Гоби. М., 1969, с. 245.

² Габуня Л. К. Следы динозавров. М., 1958, с. 57.

Космические исследования

Запуски космических аппаратов в СССР (март — апрель 1983 г.)

В марте—апреле 1983 г. в Советском Союзе было запущено 23 космических аппарата, в том числе 16 спутников серии «Космос» с научной аппаратурой, предназначенной для продолжения исследований космического пространства.

Спутник «Космос-1443» 10 марта 1983 г. состыковался с орбитальной научной станцией «Салют-7», доставив на нее оборудование, аппаратуру и другие грузы, после чего в околоземном космическом пространстве начал функционировать в автоматическом режиме орбитальный комплекс «Салют-7» — «Космос-1443». Программой их совместного полета предусматривались дальнейшие испытания бортовых систем, агрегатов и элементов конструкции перспективных космических аппаратов, отработка методов управления орбитальными комплексами больших габаритов и масс. 28 апреля 1983 г. с помощью двигательной установки «Космос-1443» была проведена коррекция траектории полета орбитального комплекса, после чего параметры его орбиты составляли: высота в апогее 347 км, высота в перигее 291 км, наклонение 51,6°, период обращения 90,7 мин.

На борту спутника «Космос-1447» установлена аппаратура для отработки системы определения местоположения судов и самолетов, терпящих бедствие (система КОСПАС—САРСАТ). Это второй советский спутник, запущенный с аппаратурой для такой системы (первый, «Космос-1383», запущен 30 июня 1982 г.); спутник США с аппаратурой для нее был выведен на орбиту 28 марта 1983 г. С помощью аварийных сигналов

Космический аппарат	Дата запуска	Параметры начальной орбиты			
		перигей, км	апогей, км	наклонение, град	период обращения, мин
«Космос-1443»	2.III	199	269	51,6	88,9
«Космос-1444»	2.III	203	413	72,9	90,3
«Молния-3»	11.III	474	40 773	62,8	735
«Экран»	12.III	35 619	35 619	0,1	1 428
«Космос-1445»	16.III	207	230	50,7	88,3
«Космос-1446»	16.III	237	368	70	90,3
«Молния-1»	16.III	488	40 821	62,8	737
«Астрон»	23.III	2 000	200 000	51,5	5 880
«Космос-1447»	24.III	975	1 025	83	104,9
«Космос-1448»	30.III	977	1 017	83	104,9
«Космос-1449»	31.III	207	402	72,9	90,3
«Молния-1»	2.IV	483	39 023	62,9	700
«Космос-1450»	6.IV	474	515	65,9	94,7
«Радуга»	8.IV	35 870	35 870	1,3	1 440
«Космос-1451»	8.IV	194	264	82,3	88,7
«Космос-1452»	12.IV	786	826	74	100,8
«Космос-1453»	19.IV	473	520	74	94,5
«Союз Т-8»	20.IV	226	278	51,6	89,5
«Космос-1454»	22.IV	181	374	67,2	89,7
«Космос-1455»	23.IV	648	676	82,5	97,8
«Космос-1456»	25.IV	613	39 343	62,8	709
«Космос-1457»	26.IV	180	376	70,4	89,8
«Космос-1458»	28.IV	220	275	82,3	89,1

от советских спутников системы КОСПАС—САРСАТ за период с сентября 1982 г. было спасено 22 человека — граждан Канады, США, Великобритании, Испании и Франции.

На борту спутника «Космос-1458» установлена научная аппаратура для продолжения исследований природных ресурсов Земли в интересах различных отраслей народного хозяйства СССР и международного сотрудничества. Информация с этого спутника поступает в Государственный научно-исследовательский и производственный центр «Природа» для обработки и использования.

На космическом корабле «Союз Т-8» 20 апреля 1983 г. в 17 ч 11 мин по московскому времени стартовал экипаж в составе командира корабля В. Г. Титова, бортинженера летчика-космонавта СССР Г. М. Стрекалова и космонавта-исследователя летчика-космонавта СССР

А. А. Сереброва. Программой полета предусматривалась стыковка корабля с орбитальным комплексом «Салют-7» — «Космос-1443», а экипажу предстояло выполнить научно-технические и медико-биологические исследования и эксперименты на борту пилотируемого комплекса. Однако из-за отклонений от предусмотренного режима сближения стыковка корабля «Союз Т-8» с орбитальной станцией «Салют-7» была отменена. 22 апреля 1983 г. экипаж вернулся на Землю: спускаемый аппарат корабля «Союз Т-8» в 17 ч 29 мин совершил посадку в заданном районе территории Советского Союза в 60 км северо-восточнее г. Аркалыка.

Автоматическая станция «Астрон» предназначена для исследований галактических и внегалактических источников ультрафиолетового и рентгеновского излучения. Научная аппаратура станции создана совмест-

но учеными и специалистами СССР и Франции¹.

Очередные спутники связи «Молния-1» и «Молния-3» запущены в целях обеспечения дальнейшей эксплуатации системы дальней телефонно-телеграфной радиосвязи и передачи программ Центрального телевидения СССР на пункты сети «Орбита», расположенные в районах Крайнего Севера, Сибири, Дальнего Востока и Средней Азии, а также в рамках международного сотрудничества.

На очередном спутнике телевизионного вещания «Экран» (международный регистрационный индекс «Стационар-Т») установлена бортовая ретрансляционная аппаратура, обеспечивающая в дециметровом диапазоне волн передачу программ Центрального телевидения СССР на сеть приемных устройств коллективного пользования.

Очередной спутник связи «Радуга» оборудован бортовой ретрансляционной аппаратурой, предназначенной для обеспечения в сантиметровом диапазоне волн непрерывной круглосуточной телефонно-телеграфной радиосвязи и одновременной передачи цветных и черно-белых программ Центрального телевидения СССР.

Космические исследования

«Малые составляющие» в атмосфере Венеры

На спускаемых аппаратах автоматических межпланетных станций «Венера-13 и -14» были проведены масс-спектрометрические измерения химического и изотопного состава малых примесей в атмосфере Венеры. Поскольку чувствительность приборов была более высокой, чем на «Венере-11 и -12», изотопный состав был определен гораздо более точно.

Масс-спектрометры работали в атмосфере Венеры, начи-

ная с высоты 26 км и до поверхности планеты. Согласно полученным с их помощью данным, концентрация ^{20}Ne составляет примерно $1 \cdot 10^{-5}$, что хорошо согласуется с уже имеющимися данными. Изотопный состав неона отличается как от земного, так и от солнечного. Так, изотопный состав неона в атмосфере Земли — $^{20}\text{Ne}/^{22}\text{Ne} = 10,07 \pm 0,35$, а в атмосфере Венеры — $(11,9 \pm 0,7)$; в солнечном ветре эта величина в соответствии с известными экспериментальными данными равна $13,7 \pm 0,3$. Обработка полученных спектров на ЭВМ позволит оценить содержание самого редкого в атмосфере Венеры изотопа неона ^{21}Ne : по предварительным оценкам, отношение $^{22}\text{Ne}/^{21}\text{Ne} > 10$.

Измерения концентрации азота в атмосфере подтвердили полученные ранее результаты — примерно 4% по объему. Суммарная концентрация трех изотопов аргона $^{36}\text{Ar} + ^{38}\text{Ar} + ^{40}\text{Ar}$ также хорошо согласуется с данными измерений, проведенных на «Венере-11 и -12», однако отношение концентраций $^{36}\text{Ar}/^{38}\text{Ar}$, по предварительным оценкам, несколько выше полученного в предыдущих измерениях и более близко к его земному значению.

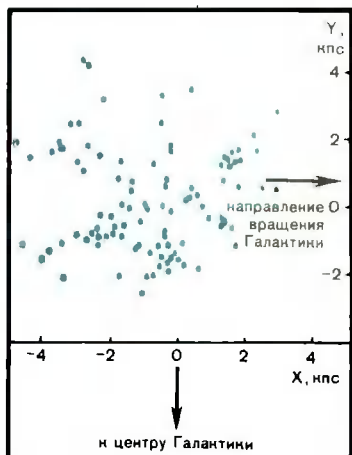
По данным «Венеры-13», величина концентрации криптона заключена в пределах от 10^{-8} до 10^{-7} , что по крайней мере вдвое меньше минимального значения, полученного на «Венере-11 и -12». Концентрация ксенона определена только приборами «Венеры-14»; полученные данные согласуются с американскими.

Письма в *Астрономический журнал*, 1982, № 7, с. 391—399.

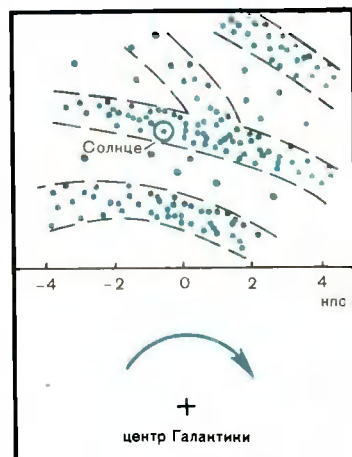
Астрофизика

Существуют ли спиральные ветви Галактики?

Астрономы относят нашу Галактику к спиральному типу. Однако точно определить расположение ее спирального узора пока не удалось. На нашу Галактику нельзя посмотреть со



Распределение в пространстве молодых звездных скоплений. Явно выделенный спиральный узор отсутствует. X и Y — галактические координаты.



Участки спиральных рукавов Галактики в окрестностях Солнца (примерно так их представляли астрономы в 70-х годах).

стороны, но, определив расстояние до некоторых молодых объектов, можно попытаться восстановить их распределение в Галактике и по ним выявить спиральную структуру. Наиболее подходят для этой цели рассеянные звездные скопления.

Американские астрономы К. Джэйнс (K. Janes) и Д. Адлер (D. Adler) составили каталог 434 рассеянных звездных скоплений Галактики, для которых

¹ Подробнее об автоматической станции «Астрон» см.: *Природа*, 1983, № 7, с. 100.

были вычислены расстояния до скоплений и возраст. Поскольку все рассеянные скопления находятся недалеко от плоскости Галактики, их распределение в пространстве было изображено на плоском чертеже. Однако деталей спирального узора увидеть на этом чертеже не удалось, выделялись лишь отдельные направления от Солнца. Возможно, спиральный узор не был виден потому, что на чертеже изображена «смесь» скоплений различных возрастов. Ведь, согласно теории, спиральная волна должна двигаться по звездному диску; молодые звезды и звездные скопления рождаются на гребне этой волны, там, где сильно сжат межзвездный газ, а затем начинают отставать от гребня и вскоре покидают спиральный рукав. Чем старше скопление, тем дальше оно от рукава, поэтому смесь скоплений различных возрастов не должна обрисовывать спиральный узор. Однако молодые скопления должны находиться у самого гребня спирального рукава. Зная возрасты скоплений, нетрудно проверить это предположение.

На чертеж были нанесены положения только самых молодых скоплений возрастом не более $2 \cdot 10^7$ лет. Однако опять лишь с большим трудом можно было увидеть отрезки спиральных рукавов. Для проверки рисунок раздали студентам-астрономам, которых попросили обрисовать контуры спиральных рукавов. Многие увидели рукава в направлении, перпендикулярном общепринятому! Сомнения подтвердились: угадать расположение спиральных рукавов даже по положению молодых звездных скоплений практически невозможно. По мнению авторов каталога, в нашей Галактике нет ярко выраженного спирального узора, а существуют лишь отдельные обрывки спиральных рукавов, связанные с самостоятельными очагами образования звезд. Иллюзия «спиральности» может возникнуть из-за сложного характера вращения Галактики: отдельные очаги образования звезд, возникающие более или менее случайно в различных местах галактического диска, вытягиваются вдоль направления вращения Га-

лактики в своеобразные дуги и на некоторое время становятся похожими на обрывки спиральных рукавов. Через несколько десятков миллионов лет картина размывается, но к тому времени в скоплениях уже почти не остается массивных ярких звезд и они становятся не столь заметными, как раньше. А образовавшиеся молодые звездные скопления продолжают поддерживать «иллюзию спирального узора».

В отличие от развитой в последние годы теории индуцированного образования звезд, в которой их рождение стимулируется глобальной спиральной волной плотности, описанные выше взгляды получили название теории спонтанного образования звезд. Возможно, в различных галактиках реализуется один из двух процессов, ведь известны как галактики с ярко выраженной двухрукавной спиральной структурой, так и галактики, у которых спиральный узор состоит из отдельных обрывков. К какому типу спиральных галактик относится наша, пока сказать трудно.

Astrophysical Journal Supplementary Series, 1982, v. 49, No 3, p. 425—446 (США).

Физика

Первое наблюдение Z-бозона¹

В ночь на 30 апреля группа физиков, возглавляемая К. Руббиа (С. Rubbia), с помощью детектора UA-1 зафиксировала событие, происшедшее при столкновении протонов и антипротонов в рр-коллайдере Европейской организации ядерных исследований (ЦЕРН) в Женеве (Швейцария). Было зарегистрировано два трека, расходящихся под большим углом друг относительно друга и направленных почти перпендикулярно к оси столкновения протонов и антипротонов. Треки оставлены электроном и позитроном, несущими большую, порядка 50 ГэВ, энергию каждый. По мнению авторов, появление столь «энергичных» электронов и позитро-

нов с наибольшей вероятностью можно объяснить их рождением при распаде нейтрального промежуточного Z-бозона, образовавшегося при столкновении протонов и антипротонов.

Впервые удалось экспериментально определить массу Z-бозона; она равна примерно 100 ГэВ. Разумеется, нельзя рассчитывать на большую точность, определяя массу частицы по единственному случаю ее рождения. Однако полученная оценка соответствует предсказаниям теории электрослабых взаимодействий, которая дает при учете радиационных поправок величину 94 ± 2 ГэВ.

Ранее группы UA-1 и UA-2 объявили об открытии заряженных промежуточных $W^\pm$ -бозонов, ответственных за перенос слабых взаимодействий между элементарными частицами¹. Нейтральные Z-бозоны также переносят слабые взаимодействия, ту их разновидность, которая характерна отсутствием передачи электрического заряда между лептонами или кварками. Процессы, обусловленные взаимодействиями такого рода («нейтральные токи»), были открыты в ЦЕРНе в 1973 г.

$W^\pm$ - и Z-бозоны имеют огромную массу, поэтому для их получения необходимо ускорить сталкивающиеся частицы до больших энергий. Единственная пока установка, пригодная для обнаружения промежуточных бозонов, — это церновский рр-коллайдер, который и предназначался в первую очередь для этих целей.

В экспериментах на коллайдере Z-бозоны могут образовываться при столкновении кварка и антикварка, входящих в состав протонов и антипротонов. Другие кварки и антикварки, не участвующие в рождении Z-бозона, превратятся в конечном итоге в многочисленные адроны, которые будут лететь преимущественно вдоль оси столкновения протонов и антипротонов, образуя адронные струи. Время жизни Z-бозона всего около 10^{-25} с, затем он распадается на пары частиц и

¹ Об открытии W -бозонов см.: Природа, 1983, No 4, с. 107.

античастиц. Поскольку импульсы кварка и антикварка, в результате столкновения которых появился Z-бозон, были почти равны и противоположно направлены, то возникший Z-бозон практически покоится. Поэтому продукты его распада (например, электрон и позитрон) должны иметь почти равные и противоположно направленные импульсы. При этом направление вылета пары частиц не обязательно совпадать с осью столкновения первоначальных протонов и антипротонов в ускорителе; имеются и «поперечные» направления вылета e^+e^- -пары. Их легче выделить из фона адронных струй, летящих вдоль оси столкновения. Именно на поиске таких «поперечных» пар с почти равными энергиями и основана методика обнаружения $W^\pm$ и Z-бозонов в ЦЕРНе.

Теория предсказывает, что при столкновении протонов и антипротонов нейтральные Z-бозоны рождаются примерно в десять раз реже, чем заряженные W-бозоны. Поэтому их не наблюдали в первой серии экспериментов, зарегистрировавших несколько случаев рождения W-бозонов. Во второй серии экспериментов, которая началась в апреле и должна была длиться три месяца, намечалось увеличить статистику в пять раз. Это должно было увеличить число наблюдаемых W-бозонов до нескольких десятков, а Z-бозонов — до нескольких штук.

К концу июня, когда готовилась эта заметка, было сообщено о 5 случаях возможного рождения Z-бозона и еще 50 наблюдений W-бозонов. Уточнены их массы: $M_W = 81 \pm 2$ ГэВ, $M_Z = 95,2 \pm 2,5$ ГэВ. На ускорителе велелись, кроме того, работы по повышению светимости, т. е. увеличению числа столкновений протонов и антипротонов, происходящих в единицу времени. За счет улучшения характеристик антипротонного пучка и повышения на 30% интенсивности пучка протонов светимость коллайдера достигла к 8 мая величины $8 \cdot 10^{28}$ см $^{-2}$ с $^{-1}$, что в полтора раза превышает светимость при первой серии опытов.

CERN Bulletin, 1983, v. 20/83 (Швейцария).

Физика

Электрический пробой кристаллов

В. М. Лисицын и В. И. Олешко (Томский политехнический институт им. С. М. Кирова) обнаружили явление электрического пробоя щелочно-галогидных кристаллов под действием сильноточных электронных пучков.

Кристаллы облучались одиночными импульсами с энергией частиц 0,25 МэВ, длительностью $35 \cdot 10^{-9}$ с и плотностью тока в пучке 1,5 кА/см 2 . Образцы толщиной от 1 до 10 мм располагались для локализации канала пробоя на заземленном электроде в виде острия. Длина пробега электронов пучка (0,3 мм) существенно уступала толщине образца.

Было обнаружено, что облучение кристалла сопровождается интенсивной вспышкой свечения плазмы, которая в общем случае образуется на обеих поверхностях кристалла и в его объеме. После импульса кристалл со стороны, противоположной облучаемой, в том месте, где расположено острие электрода, разрушался (как при электрическом пробое) с образованием характерного канала пробоя. Каждый последующий импульс увеличивал глубину этого канала. Сквозной канал формировался после 1—5 импульсов облучения в зависимости от мощности дозы в импульсе, толщины образца и вида материала.

По мнению авторов работы, в процессе взаимодействия электронных пучков со щелочно-галогидными кристаллами внутри образца возникает электрическое поле, связанное с объемным зарядом самого пучка и возбужденными в кристалле электронами. Напряженность поля в момент облучения достигает значений, достаточных для начала ударной ионизации. Объемное разрушение ионных кристаллов, толщина которых больше длины пробега электронов, может быть результатом развития в них электронных лавин при электрическом пробое.

Явление электрического пробоя щелочно-галогидных кри-

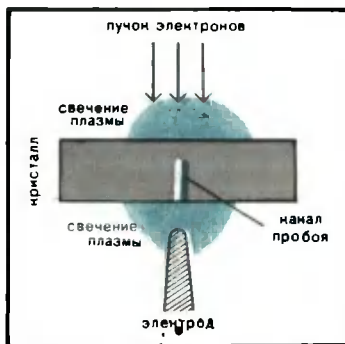


Схема эксперимента по электрическому пробое кристаллов при импульсном облучении электронным пучком.

сталлов под действием сильноточных электронных пучков представляет интерес при проведении исследований электронных процессов в диэлектриках, для разработки электрических методов разрушения твердых тел, для получения интенсивных световых вспышек, обладающих сплошным спектром излучения.

Письма в ЖТФ, 1983, т. 9, № 1, с. 15—18.

Физика

Исследование изолированной молекулы

Распространив технику многофотонной ионизации в область субпикосекундных импульсов, сотрудники научно-исследовательской лаборатории фирмы «Белл» (Мюррей-Хилл, США) выполнили первые измерения субпикосекундных одномолекулярных процессов. Б. Грин и Р. Фэрроу (B. Greene, R. Farrow; отдел изучения оптических материалов) установили, что электронно-возбужденная молекула цис-стильбена испытывает быстрый безызлучатель-

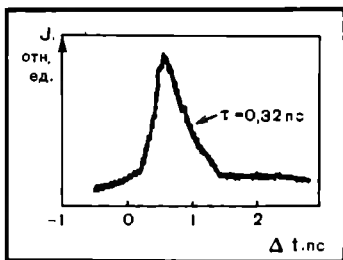
¹ Одномолекулярным называется процесс, происходящий в полностью изолированной, не испытывающей столкновений молекуле.

ный распад с характерным временем 0,32 пс.

До сих пор большинство внутримолекулярных процессов было невозможно зарегистрировать из-за их чрезвычайной кратковременности. Поэтому количественные измерения динамики молекулы цис-стильбена стали возможны лишь благодаря созданию субпикосекундных лазеров.

В эксперименте для генерации импульсов длительностью 0,25 пс использовался метод «сталкивающихся импульсов» с синхронизацией мод. Лазерный луч с длиной волны $\lambda=625$ нм делился на два, распространявшихся по разным путям: один проходил через регулирующую линзу задержки, а второй попадал на нелинейный кристалл, в котором генерировалась вторая гармоника с $\lambda=312,5$ нм. Затем лучи сводились и фокусировались в кювету с парами цис-стильбена, температура и давление которых поддерживались таким образом, чтобы в течение эксперимента в них отсутствовали столкновения молекул. Перестройка линии задержки позволяла обеспечивать прохождение через кювету видимого импульса до, во время и сразу после ультрафиолетового.

Ультрафиолетовый импульс переводил изолированные молекулы цис-стильбена в электронно-возбужденное состояние. Более интенсивный импульс видимого света использовался для зондирования возбужденных молекул и измерения скорости



Зависимости нонного тока J от времени задержки Δt между возбуждающим (ультрафиолетовым) и зондирующим (видимым) импульсами. Кривая демонстрирует процесс распада возбужденного состояния молекулы цис-стильбена; постоянная времени спада $\tau = 0,32$ пс.

распада возбуждения методом многофотонной ионизации. При распаде возбужденных молекул падает поглощение ими зондирующего излучения и, как следствие, меняется степень фотонионизации с изменением времени задержки между возбуждающим и зондирующим импульсами. Измеря зависимость ионного тока от времени задержки, можно определить время жизни возбужденного состояния.

Laser Focus, 1983, v. 19, No 2, p. 22—24 (США).

Физика

Генерация ультрафиолета в сверхзвуковой струе газа

А. Кунг (А. Kung; Лазерный центр, Сан-Франциско, США) получил пиковую мощность 260 Вт в области вакуумного ультрафиолета при генерации третьей гармоники от третьей гармоники лазера на алюмо-иттриевом гранате в сверхзвуковой струе ксенона.

Кюветы с инертными газами и парами металлов уже давно успешно используются для исследования явлений нелинейной оптики, в том числе для генерации гармоник. При длительности импульсов порядка наносекунд и давлении в кювете 1—10 мм рт. ст. эффективность преобразования генерации гармоники составляет примерно 10^{-4} . В последнее время для этих целей стали применять молекулярные пучки, в которых достигнута плотность, сравнимая с плотностью газа в кюветах. Дело в том, что молекулярные пучки обладают весьма четкой геометрией и точно определяемыми параметрами составляющих их молекул.

В эксперименте Кунга луч третьей гармоники лазера на алюмо-иттриевом гранате фокусировался в центр вакуумной камеры. Фокальная точка находилась внутри пучка атомов ксенона, создаваемого импульсным сверхзвуковым соплом. Излучение третьей гармоники с длиной

волны $\lambda=118,2$ нм регистрировалось наполненной ацетоном ионизационной камерой, чувствительной к излучению в диапазоне 104—129 нм. Импульсы исходного излучения и сверхзвукового пучка синхронизировались с помощью регулируемой линии задержки.

Было обнаружено, что интенсивность сигнала третьей гармоники существенно зависит от давления в сопле, его диаметра и расстояния от сопла до перетяжки лазерного луча. При входной мощности 18 МВт мощность третьей гармоники составила 260 Вт, откуда КПД преобразования равен $1,4 \cdot 10^{-3}$. Для сравнения в вакуумную камеру напускался ксенон; мощность третьей гармоники достигала 430 Вт при КПД $2,4 \cdot 10^{-5}$, т. е. была того же порядка, что и в сверхзвуковом пучке.

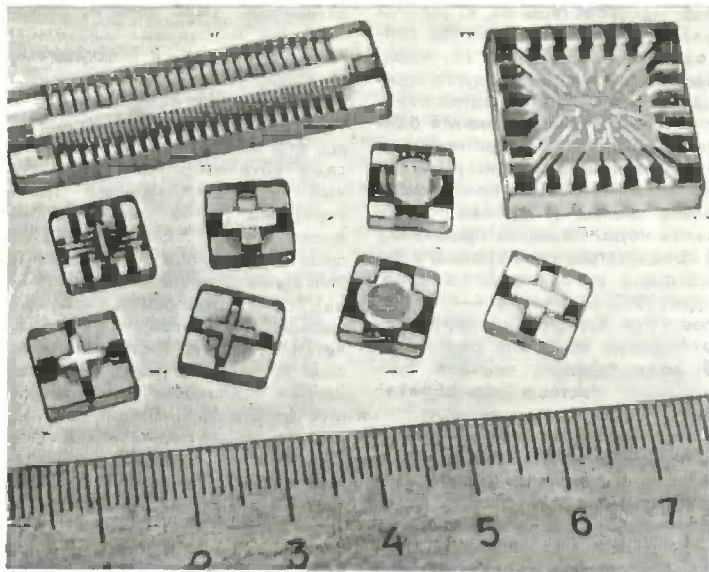
Одно из преимуществ генерации третьей гармоники в сверхзвуковом пучке — возможность ее осуществления при очень острой фокусировке. В обычной газовой кювете с повышением остроты фокусировки интенсивность третьей гармоники снижается. Импульсная генерация в струе может оказаться также выгодной для создания излучения с длиной волны короче 100 нм.

Laser Focus, 1983, v. 19, No 2, p. 18—20; Optics Letters, 1983, v. 7, No 1, p. 24—26 (США).

Физика

Тонкопленочные пироэлектрические приемники излучения

Для регистрации различных параметров импульсного лазерного излучения широко применяются приемники, действие которых основано на пироэлектрическом эффекте: при нагреве вещества изменяется его спонтанная поляризованность (т. е. дипольный момент единицы объема). Пироэлектрическим эффектом обладают кристаллы, некоторые керамики и полимеры, ряд жидких кристаллов. Обычно чувствительным элементом пироэлектрического



Различные виды тонкопленочных пьезоэлектрических приемников.

приемника является соответствующим образом ориентированным и обработанным срезу монокристалла с нанесенными на него электродами. В качестве монокристаллов используются сравнительно дорогие сегнетоэлектрики — ниобат и танталат лития, ниобат бария — стронция и т. п. Дороговизна и трудность обработки препятствуют их широкому применению.

А. М. Дорожкин, В. В. Лазарев, Г. М. Плешков и др. (лаборатория колебаний Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР) предлагают использовать в качестве пьезоэлектрических приемников излучения поликристаллические пленки органических соединений. Пленка представляет собой конгломерат мелких, порядка 1 мкм, микрокристаллов, ориентированных на подложке так, что спонтанная поляризованность ее в перпендикулярном к подложке направлении отлична от нуля. Пленки изготавливаются вакуумным напылением органических веществ на подложки из стекла, кварца, сапфира и других изоляторов. По основным параметрам такие ориентированные поликристаллические пленки пре-

восходят наиболее известные монокристаллические пьезоэлектрики (например, их токовая чувствительность составляет 25 мкА/Вт, в отличие от 2—8 мкА/Вт у монокристаллов). Технология изготовления пленочных пьезоэлектриков позволяет получать как одноэлементные приемники с площадью чувствительных элементов от 0,1 до 16 мм², так и многоэлементные (до 50 элементов), имеющие различную форму приемных площадок.

Конструктивно тонкопленочные пьезоэлектрические приемники представляют собой последовательно напыленные на прозрачную подложку «прозрачный» электрод (пленка алюминия толщиной 0,1—0,3 мкм), пирослой и «поглощающий» электрод. Пирослой освещается через подложку и прозрачный электрод, а поглощающий электрод увеличивает концентрацию тепла в пирослое. Иногда его дополнительно чернят для увеличения поглощения.

Приемники этого типа имеют весьма малую тепловую постоянную времени — при стеклянной подложке около 10 мкс, при подложке из нитроцеллюлозы — около 20 мс (по сравнению с 0,1—10 с для монокристаллов). Важной характеристикой пьезоэлектрика является его инерционность, определя-

мая процессами передачи тепла от поглощающего электрода к пирослою. Исследования показали, что инерционность пленочных пьезоэлектриков позволяет регистрировать процессы с характерными временами около десятков наносекунд.

Пленочные пьезоэлектрики характеризуются высокой стабильностью и долговечностью; после 2 лет хранения не были обнаружены изменения их основных характеристик. Средний срок службы этих пленок при интенсивном использовании составлял 1—3 месяца, причина выхода из строя — термический пробой.

Квантовая электроника, 1983, т. 10, № 6, с. 1107—1113.

Физическая химия

Переработка углей Канско-Ачинского бассейна

Производство электроэнергии путем сжигания бурых углей Канско-Ачинского бассейна, а также транспортировка этих углей существенно затруднены из-за их низкого качества: малой теплотворной способности (3500—3800 ккал/кг), высокой влажности (38—45%), высокого (до 60%) содержания окиси кальция в золе, наличия мышьяка, ртути и других вредных примесей. Поэтому большое значение приобретает разработка различных технологических схем «облагораживания» углей этого месторождения.

Сотрудники Института неорганической химии СО АН СССР (Новосибирск) предложили схему переработки бурых углей Канско-Ачинского бассейна в искусственное жидкое топливо, которым предполагается заменить нефтяной топочный мазут. В основе схемы лежит метод суперкритической газовой экстракции, заключающийся в обработке угля парами органического растворителя, находящегося при температуре выше критической. При такой обработке значительная часть угля переходит в газово-паровую фазу, образуя газовый экстракт. Поскольку растворители в сверхкритическом

газовом состоянии обладают меньшей вязкостью, они легче проникают в поры угля и их растворяющая способность становится больше по сравнению с докритическим состоянием. Кроме того, газовый экстракт легче, чем жидкий, отделить от твердого остатка, из него несложно выделить растворитель, который затем используется в очередном цикле экстракции. Остаток, получающийся после отгонки растворителя, по свойствам близок к нефтяному мазуту, его можно использовать в качестве котельного топлива: он содержит мало серы (0,02%), теплота его сгорания выше 8500 ккал/кг, зольность соответствует ГОСТу.

В схеме переработки угля, предложенной новосибирскими специалистами, одновременно с извлечением органической массы угля происходит ее обогащение водородом; так, отношение содержания водорода и углерода в одном из результатов экстракции менялось от 0,8 в исходном угле до 1,29 в продукте. Степень обогащения горючей массы водородом можно повышать, выбирая для термоэкстракции растворитель с подвижными атомами водорода, например спирты (метанол и др.).

Разработанный метод можно использовать для обогащения органического сырья различного происхождения. Так, при обработке торфа и древесного лигнина парами метанола образуется продукт, напоминающий угольный мазут. Степень конверсии органической массы торфа и лигнина близка к 100%.

Доклады АН СССР, 1983, т. 268, № 5, с. 1129—1131.

Химия

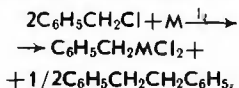
Металлоорганические соединения неодима и празеодима

До недавнего времени металлоорганические соединения трехвалентных лантанидов были неизвестны.

Группа сотрудников Института нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева АН СССР

под руководством Б. А. Долгопласа разработала метод синтеза таких соединений (их называют бензиллантаниддихлоридами), применив реакцию окислительного присоединения бензилхлорида к металлическим трехвалентным неодиму Nd и празеодиму Pr в присутствии очень малых (следовых) количеств иода. Реакцию проводили в среде тетрагидрофурана, в атмосфере аргона при температуре 20°C в течение 4—168 часов и при эквимолекулярном соотношении основных реагентов. В ходе реакции вначале бесцветный раствор приобретал красно-коричневую окраску.

Продукты реакции анализировали с помощью химических, хроматографических и масс-спектрометрических методов. На основе полученных результатов было сделано предположение, что реакция окислительного присоединения протекает следующим образом:



где M — металлы Nd или Pr.

Доклады АН СССР, 1983, т. 268, № 6, с. 1422—1425.

Молекулярная биология

Может ли РНК быть ферментом?

Все активные гены в клетках высших организмов, за редким исключением, содержат вставки — интроны, т. е. фрагменты ДНК, не кодирующие продукт данного гена. В итоге смысловая часть гена разбита на фрагменты, называемые экзонами, и сам ген имеет мозаичное строение¹. При снятии РНК-копии с мозаичного гена после транскрипции происходит удаление вставок и реконструкция нормальной копии гена. Этот процесс называется сплайсингом. И хотя ферменты, осуществляющие сплайсинг, еще не выделены, в ряде случаев их

активность была зарегистрирована на модельных системах.

Т. Кеч с коллегами (Т. Кеч; химический факультет Колорадского университета, Боулдер, США) недавно установили, что молекула РНК способна сама катализировать собственную сплайсинг. Изучая транскрипцию (т. е. снятие РНК-копии гена) клонированного фрагмента гена рибосомной РНК из тетрахимены (*Tetrahymena*), они обнаружили, что при низкой концентрации определенных солей происходит снятие полной копии гена, включая интрон. Сплайсинг же этой копии происходит только при высокой концентрации солей; при этом не требуется ни белка, ни энергии, а нужны только соли магния и производные гуанозина.

И хотя остается неизвестным, происходит ли сплайсинг в целой клетке, теоретическая возможность «самосплайсинга» РНК заставляет задуматься над рядом вопросов. Поскольку интроны найдены только у генов из клеток высших организмов, то предполагалось, что сплайсинг как процесс появился на поздних этапах эволюции. Однако если сама РНК является ферментом, то маловероятно, чтобы это ее свойство не использовалось на ранних этапах эволюции.

Процесс, по смыслу обратный сплайсингу, — встраивание. Следовательно, нельзя исключить возможности встраивания разных кусочков РНК и, тем самым, их перетасовки. А это, в свою очередь, может быть хорошим механизмом изменчивости на ранних этапах эволюции макромолекул.

Nature, 1982, v. 300, № 5891, p. 400—401 (Великобритания).

Молекулярная биология

Фактор, регулирующий гормон роста

Группа сотрудников Института биологических исследований им. Солка под руководством Р. Гиллеме (R. Gellman; Калифорния, США) провела химический анализ молекулы релизинг-фактора гормона роста.

¹ Подробнее об экзонах, интронах и мозаичном строении генов см.: Природа, 1980, № 8, с. 109; № 10, с. 112; 1981, № 6, с. 111.

Релизинг-фактор гормона роста — вещество, вырабатываемое гипоталамусом и регулирующее синтез и поступление в организм гормона роста, который вырабатывается другим участком головного мозга — гипофизом. Тем самым релизинг-фактор гормона роста влияет на многие метаболические процессы, происходящие в организме.

Несмотря на то что многие биологические свойства этого вещества были ранее известны, до последнего времени его не могли полностью изучить, так как оно присутствует в тканях гипоталамуса в очень малых количествах, что не позволяло получить данные о его химической структуре. Недавно американские исследователи получили из Франции образцы редко встречающейся опухоли поджелудочной железы, которая была удалена хирургическим путем у больного с признаками акромегалии (при этом заболевании резко увеличиваются периферические части тела). Как оказалось, клетки опухоли иногда способны вырабатывать в очень больших количествах релизинг-фактор гормона роста. Подобные случаи известны онкологам и объясняются нарушениями контроля работы генетического аппарата.

Исследователи группы Р. Гиллемина, выделив из клеток опухоли релизинг-фактор, сумели установить его химическую структуру. Он оказался белком, состоящим из 44 аминокислот, последовательность которых была также определена. Затем удалось осуществить синтез этого белка и сравнить его биологические свойства со свойствами природного фактора гормона роста. Они оказались одинаковыми.

Возможность искусственного синтеза релизинг-фактора гормона роста может иметь большое фармакологическое значение, так как сам гормон роста принимает участие в большом числе физиологических функций организма. Так, его можно использовать (путем инъекций) для лечения гипофизарной карликовости. Он может оказаться весьма перспективным для ускорения заживления ран и ожогов, лечения желудочных кровотечений. В животноводстве

его можно использовать для стимулирования роста крупного рогатого скота.

Хотя сам гормон роста уже получают методами генной инженерии, но это дороже и сложнее, чем химический путь получения релизинг-фактора. К сожалению, так как молекула гормона роста намного больше молекулы релизинг-фактора, химический метод получения для него пока неприемлем.

Science, 1982, v. 218, № 4572, p. 585; Clinical Research, 1982, v. 30, p. 555; Biochemical and Biophysical Research Communications, 1982, v. 107, p. 944 (США).

Молекулярная биология

Безматричный синтез белков на рибосомах *E. coli*

Матричный биосинтез белковых молекул, а также гомопептидных фрагментов происходит в живой клетке на рибосомах с участием многих сложных компонентов клетки, главные из которых — информационная, или матричная РНК (мРНК), транспортные РНК (тРНК), нагруженные «своими» аминокислотами аминоктил-тРНК, гуанозинтрифосфат (ГТФ) и ряд белковых веществ, называемых факторами инициации, роста и прекращения роста белковой цепи. Например, для синтеза полилизина обычно в качестве матрицы служит только полинуклеотид поли-А, поскольку эта аминокислота «записана» в двух кодонах — ААА и ААГ.

Однако в 1981 г. Н. В. Белицина, Г. Ж. Тналина и А. С. Спирин (Институт белка АН СССР) установили, что полилизин с длиной цепи до семи аминокислотных остатков может синтезироваться на рибосомах *E. coli* без полинуклеотида поли-А¹. Для осуществления этого процесса необходима лизил-тРНК в качестве субстрата в присутствии белковых факторов роста, а также рибосомной пептидилтрансферазы — фермента, катализирующего образования белковой цепи.

Дальнейшие исследования показали, что лизил-тРНК не исключение: на рибосомах *E. coli*, свободных от мРНК, удалось синтезировать гомополипептиды и из других аминоктил-тРНК.

Исследовалась также возможность безматричного синтеза на рибосомах с помощью других аминоктил-тРНК; лучшими субстратами оказались лизил-, серил-, треонил- и аспартил-тРНК. Синтез гомополипептидов из остальных аминоктил-тРНК был или малоэффективен или не шел совсем.

Доклады АН СССР, 1982, т. 266, № 3, с. 741—745.

Медицина

Еще одно лекарство против гипертонии

Несмотря на значительные достижения медицины в области синтеза и клинического применения химиофармацевтических препаратов против гипертонической болезни, лечение этого заболевания по-прежнему остается актуальной проблемой. Дело в том, что продолжительное применение химических лекарственных средств нередко приводит к возникновению осложнений, обусловленных токсическим или сенсибилизирующим действием подобных препаратов.

Чтобы избежать этих осложнений, Б. М. Щелотин и И. М. Шулипенко (Киевский медицинский институт) предложили использовать для лечения гипертонической болезни природный препарат — настой из листьев эвкоммии вазолистной (*Eucommia ulmoides* Oliver), родина которой является Центральный и Западный Китай. На территории нашей страны ее культивируют с 1906 г.

Для лечения было отобрано 43 человека, больных гипертонической болезнью, в возрасте от 34 до 68 лет. У одной группы больных клинические проявления заболевания соответствовали стадии II А (лабильная стадия, когда артериальное давление повышено постоянно, но уровень его неустойчив), у вто-

¹ FEBS Lett. 1981, v. 131, p. 289.

рой группы — стадии II Б (стабильная стадия, при которой наблюдается значительное и стойкое повышение давления). 23 больных находились на стационарном лечении (15 со стадией болезни II А и 8 — со стадией II Б) и 20 — на амбулаторном (из них 11 со стадией II А и 9 — со стадией II Б). Всем больным давали водный настой эвкоммии по 60 мл три раза в день за полчаса до еды. В период проводимого лечения все другие медикаментозные средства были отменены.

В результате у большинства больных, лечившихся как в стационаре, так и в амбулатории, наблюдалось отчетливое снижение артериального давления на 10,5%. Отмечено, что давление начинало снижаться уже через 30 минут после приема настоя, максимальное воздействие лекарства наблюдалось через 2—3 часа после его приема; у большинства больных такое снижение давления сохранялось затем в течение 4—6 часов. После 15 дней лечения стойкое снижение кровяного давления у большинства больных сохранялось в течение 3 месяцев. В период лечения у больных не отмечалось побочных и отрицательных реакций. По-видимому, в механизме лечебного действия настоя листья эвкоммии сочетаются с центральным и периферическим сосудорасширяющими эффектами. Авторы рекомендуют этот способ лечения для несложных форм гипертонической болезни.

Врачебное дело, 1983, № 1, с. 30—33.

Медицина

Высокая концентрация тиамина в сыворотке крови

Широко применяемый и жизненно необходимый витамин В₁ (тиамин) иногда вызывает тяжелое шоковое состояние, которое может закончиться смертью. Такие случаи были зарегистрированы при внутривенном введении тиамина. Однако более широко тиамин употребляется внутрь в виде искус-

ственных смесей витаминов и витаминизированных продуктов. В связи с этим заслуживают внимания данные, полученные Р. Дэвисом, Г. Айком и Дж. Хилтоном (R. Davis, G. Icke, J. Hilton; Королевский госпиталь и Государственная лаборатория здравоохранения, Перт, Австралия), о причинах внезапной смерти младенцев.

Сыворотку крови 233 детей, внезапно погибших в младенческом возрасте по неизвестным причинам, сравнивали с сывороткой крови 46 младенцев (контрольная группа), внезапную смерть которых можно было объяснить какой-либо известной причиной. В первой группе сыворотка крови содержала намного больше тиамина, чем во второй: в то время как в первой группе концентрация тиамина в среднем составляла 144,3 мкг/л (менялась в диапазоне от 22 до 500 мкг/л), в контрольной группе она не превышала 95 мкг/л, падая в ряде случаев до величин, меньших 1 мкг/л.

Было определено содержание тиамина в искусственном молоке. Выяснилось, что оно доходит до 2160 мкг/л, в то время как в девяти исследованных образцах женского молока его содержание составляло всего 55—366 мкг/л. По мнению австралийских ученых, увеличение содержания тиамина в сыворотке крови младенцев, погибших по неизвестным причинам, может быть связано с тем, что нарушается регуляция всасывания тиамина в желудочно-кишечном тракте. В свою очередь, высокое содержание тиамина в крови может быть причиной угнетения дыхательного центра.

Особое внимание обращается на то, что концентрации тиамина в сыворотке крови, вызвавшие паралич дыхательного центра у детей, намного меньше тех, которые вызвали угнетение дыхательного центра животных. Это говорит о недопустимости некритического использования результатов опытов на животных, тем более, что опыты обычно проводят на мелких животных, как правило, более устойчивых к избытку тиамина в сыворотке крови, чем крупные.

Полученные данные остав-

ляют открытым вопрос о возможности отрицательного влияния больших доз тиамина на взрослых людей. Правда, один из авторов работы ранее показал, что механизм всасывания из желудочно-кишечного тракта у взрослых защищает сыворотку крови от попадания чрезмерного количества тиамина. Однако неясно, срабатывает ли данный механизм во всех случаях или может отказывать при нарушении всасывающей функции и у взрослых, особенно у пожилых, которым часто рекомендуют комплексы витаминов с большим содержанием тиамина. Во всяком случае, следует с осторожностью относиться к чрезмерному превышению доз тиамина по сравнению с тем, что рекомендуют медики.

Clinica chimica acta, 1982, v. 123, № 3, p. 321—328 (Нидерланды).

Физиология

Действие пылевых частиц на дыхательные органы

Объединенный комитет по разработке научных критериев качества окружающей среды при Национальном научно-исследовательском совете Канады опубликовал обзор литературы, посвященный влиянию пылевых частиц различной формы и размеров на органы дыхания людей.

Частицы, попадающие в дыхательную систему, в зависимости от формы и размеров могут отфильтровываться в верхних дыхательных путях или проникать в воздухоносные пути и легкие. Частицы диаметром более 10 мкм осаждаются преимущественно в носоглотке; в трахеобронхиальной зоне могут оседать частицы диаметром не менее 3,5 мкм; 20—60% частиц диаметром 0,2—5 мкм проникают в легкие. Осевшие частицы активно выводятся из органов дыхания благодаря самоочищению этих органов. Механизм самоочищения имеет свои особенности в различных отделах дыхательной системы, поэтому скорость выведения частиц зависит не только от их физиче-

ских свойств, но и от места их отложения. Самоочищение органов дыхания — довольно эффективный процесс: постепенно выводится примерно 99% посторонних нерастворимых частиц. Относительно быстро удаляются частицы, осевшие в носоглотке — в течение 0,5—12 часов; этому способствуют кашель и чихание. Частицы, попавшие в трахео-бронхиальную зону, прилипают к выстилающей воздухоносные пути слизи и выводятся вместе с ней. Скорость продвижения слизи около 1,3—1,8 мм/мин, поэтому, в бронхах и трахее частицы могут находиться 5—10 дней. В собственно дыхательном отделе легких наиболее эффективным механизмом очищения является поглощение частиц альвеолярными макрофагами.

Под влиянием частиц, попадающих в дыхательные пути и легкие, могут развиваться различные заболевания, в том числе хронический бронхит, пневмония, астма, асбестоз, силикоз, злокачественные новообразования (мезотелиома) и др. Выраженность патологического процесса в определенной степени зависит от размеров и формы вызвавших заболевание частиц. Так, если диаметр частиц кварца превышает 10 мкм, то они неспособны проникать в альвеолы и провоцировать силикоз; вероятность силикоза наиболее велика при воздействии частиц диаметром 0,5—5 мкм. Для развития асбестоза большое значение имеет длина волокна асбестовой пыли: волокна длиной более 25 мкм плохо проникают в легкие и поэтому редко вызывают заболевание; волокна длиной менее 5 мкм активно поглощаются и обезвреживаются макрофагами; наибольшую опасность представляют волокна длиной от 5 до 25 мкм. По той же причине для развития мезотелиомы наиболее опасны волокна длиной 20 мкм и диаметром 0,5—5 мкм.

Материалы о влиянии на органы дыхания людей пылевых частиц в зависимости от их размера и формы используются при установлении регламентов качества окружающей среды.

National Research Council
Canada, 1982, Publications
№ 18564 (Канада).

Психифизиология

Способность узнавать свои движения

Немецкий психолог В. Вольф (W. Wolff) еще в 30-е годы отметил, что многие люди не могут узнать на фотографии свои руки и почерк, хотя видели их многократно, но легко узнают себя по походке, когда видят кинозапись, на которой лицо их закрыто¹. Англичане Т. Бердсворт и Т. Бакнер (T. Beardsworth, T. Buckner; Тринити-колледж Кембриджского университета) следующим образом проверили существование способности узнавать свои движения².

Испытуемый надевал специальную темную одежду, на которой в определенных местах были закреплены ярко светящиеся лампы (см. правую часть рис.), и совершал различные движения (садился, вставал, прохаживался и т. п.). На видеокамеру, которая при этом велась, были видны только светящиеся лампы и их движения (см. левую часть рис.). Каждый испытуемый должен был узнавать по видеозаписи себя и других испытуемых. Все участники эксперимента учились в одном колледже и хорошо знали друг друга, каждый десятки раз видел движения остальных, но никогда не видел собственных движений со стороны. Тем не менее испытуемые в целом узнавали себя значительно лучше (58% проб), чем своих знакомых (35% проб). При этом одни узнавали и себя и других с равной частотой, тогда как иные почти не ошибались в узнавании себя и с большим трудом узнавали своих товарищей. Еще один момент: легкость узнавания человеком себя никак не связана с легкостью узнавания его другими людьми: некоторые очень легко узнают себя, но с большим трудом опознаются знакомыми, и наоборот.

Известно, что образ собственных движений формируется не в зрительной памяти (ред-



Схема эксперимента с видеозаписью движений.

ко кому приходилось видеть себя в кино); он создается за счет информации, поступающей от рецепторов (воспринимающих нервные окончания) мышц, суставов, связок, отчасти от кожных и других рецепторов. Наличие отчетливой способности узнавать свои движения говорит о возможности переноса этого образа из сферы ощущения положений частей тела (т. е. кинестической) в зрительную.

Авторы предполагают, что аналогичный перенос лежит в основе таких явлений, как произвольное подражание движениям других, а также аутоскопических галлюцинаций, когда человек «видит себя со стороны». Эти явления бывают не только у больных, но и у здоровых людей в условиях «сенсорного голода», например в сурдокамере (камере абсолютной тишины), а также у лиц с очень богатым воображением³.

Б. И. Кочубей

Москва

Биохимия

Свиньи и трюфели

Известно, что свиньи очень любят трюфели. Обладая превосходным обонянием, они способны обнаружить запах этих грибов даже в глубины около 3 м под землей. Обычно

¹ Psychologische Forschung, 1932, Bd. 16, S. 251.

² Bull. Psychonomic Soc., 1981, v. 18, № 1, p. 19.

³ Гете И. В. Пoesия и правда. М., 1969, с. 364.

свинья, почуявшая трюфель, начинает интенсивно, даже неистово рыть в этом месте землю, стремясь докопаться до лакомства.

Р. Клаус и Х. Хоппен (R. Claus, H. Hoppen; Технический университет Любекской школы медицины, ФРГ) попытались установить причину столь необычного поведения животных. С помощью методов радиоиммунодиагностики, газовой хроматографии и масс-спектрометрии удалось установить, что трюфели содержат стероид, который издает сильный запах, напоминающий мускус. Ранее другие исследователи выяснили, что этот стероид синтезируется в период полового созревания в половых железах борова и переносится затем в слюнные железы, откуда и выделяется во внешнюю среду. Концентрация этого стероида в наиболее дорогостоящих сортах трюфелей примерно в два раза превышает его концентрацию в крови у борова. По-видимому, повышенный интерес свиней к этому феромону и объясняется его биологической ролью.

Обнаружено, что и у мужчин в половых железах синтезируется аналогичный стероид, который выделяется затем потовыми железами. Может быть, этим объясняется любовь людей к грибам?

Nature, 1982, v. 215, № 4537, p. 1224 (Великобритания).

Микробиология

Микроорганизмы — обитатели подводных гидротерм

К. Штеттер (K. O. Stetter; Университет Регенсбурга, ФРГ), работы которого по термофильным микробам привлекли большое внимание за последний год, сообщил о новой находке.

Среди подводных сольфатарных¹ полей в районе Порто-

Леванте (о-в Вулкано, Италия) были отобраны пробы песчаного осадка при 103° С, помещенные в атмосферу $H_2 + CO_2$ (80:20) с добавлением молекулярной серы и инкубированы при 100° С и давлении 2 атм. Уже через два дня в 20% проб был обнаружен микроорганизм, который образовывал сероводород в строго анаэробном процессе, используя в качестве окислителя серу. Лучшее всего этот своеобразный микроорганизм рос при 105°; при 85° — в 5 раз медленнее, а при 110° рост останавливался, по-видимому, из-за спекания серы.

Морфология организма оказалась весьма необычной: это плоские клетки диаметром от 0,3 до 2,5 мкм, соединенные друг с другом нитевидными придатками длиной до 40 мкм и диаметром 0,05—0,06 мкм. На электронномикроскопических снимках видно, что придатки имеют мембрану и белковую оболочку, состоящую из субъединиц диаметром 30 нм.

В отличие от бактерий глубоководных гидротерм Атлантики, использующих CH_4 и образующих CO и N_2O , организм, описанный Штеттером, относится к недавно обнаруженной в газогидротермах Исландии физиологической группе экстремально термофильных бактерий, восстанавливающих серу водородом. Аналогичные процессы восстановления серы водородом известны и у термофильных бактерий, существующих в континентальных условиях на Камчатке (обнаружены при бурении на вулкане Узон). Штеттер полагает, что подобные микроорганизмы, использующие в своей жизнедеятельности продукты вулканических извержений, могли иметь необходимые для развития условия на самых ранних этапах истории Земли.

Необычное строение открытых Штеттером бактерий находит свою аналогию у двух групп микроорганизмов: у найденных несколькими годами ранее в газогидротермах у Галапагосских о-вов гифомикробов²,

тоже образующих ультратонкий мицелий, и у металлогениума — остатки этого микроорганизма встречаются в осадках раннепротерозойского времени. Nature, 1982, v. 300, p. 258—260 (Великобритания).

Микробиология

Ионизирующая радиация усиливает ферментацию целлюлозы

Одним из перспективных путей повышения питательной ценности грубых кормов (таких, как солома) является обогащение их углеводами и белками за счет ферментативного гидролиза целлюлозных компонентов и микробиологического синтеза на их основе белка.

С. П. Коваленко, В. В. Дуксина, Е. П. Петряев, Т. Г. Глушенок и О. И. Шадыро (Институт микробиологии АН БССР) обнаружили, что эффективность ферментативного гидролиза целлюлозных компонентов соломы значительно повышается, если солому предварительно облучить небольшими дозами γ -лучей. В проведенных экспериментах пшеничную и ячменную солому облучали дозой 3 мрад, а затем облученный материал ферментировали в течение часа при pH 4,8 и температуре 50° С. Источником фермента служила питательная смесь (исходно содержащая молочную сыворотку, нитрат натрия и сульфат магния), на которой некоторое время выращивался гриб *Trichoderma lignum*, штамм БИМ-13.

Установлено, что предва- рительная радиационная обработка соломы повышала выход легкоусвояемых сахаров более чем в 2 раза, а в случае, когда перед облучением солома обрабатывалась 1%-ным раствором гидроксида кальция с целью разрушения целлюлозно-лигнинного комплекса, — даже в 3 раза. Повышение эффективности ферментации целлюлозы в соломе после облучения связано с уменьшением степени полимеризации этого компонента.

¹ Сольфатары — струи сернистого газа и сероводорода с примесью паров воды и других газов, выделяющиеся из трещин кратеров вулканов.

² Гифы (от греч. *hyphé* — ткань, паутина) — микроскопические простые или разветвленные нити, из которых формируется мицелий.

Исследователи полагают, что данный способ радиационно-ферментативной переработки целлюлозосодержащих компонентов в сахара с целью обогащения ими грубых кормов найдёт широкое практическое применение.

Доклады АН БССР, 1982, т. 26, № 6, с. 559—561.

Зоология

Пчелы-некрофаги

Д. Рубик (D. W. Roubik; Смитсоновский институт тропических исследований, США) сообщил интересные данные о биологии пчел вида *Trigona hyrogea*, обитающих в низинных влажных лесах восточной Панамы. Оказалось, что, в отличие от других видов пчел, обычно питающихся нектаром, цветочной пылью, спорами, растительными соками, эти пчелы употребляют в пищу исключительно остатки мелких павших животных, т. е. являются абсолютными некрофагами.

Такой способ питания определяет ряд особенностей в строении тела, поведении и экологии этих насекомых. У пчел-некрофагов утрачены морфологические структуры и приспособления для переноса пыльцы: голеня задних конечностей не имеет расширения и густой бахромы из волосков, служащих пчелам других видов для этой цели. Зато ротовой аппарат снабжен крупными зубчатыми мандибулами, позволяющими откусывать и измельчать ткани животных.

Как правило, рабочая пчела, обнаружив остатки какого-либо мелкого животного, метит дорогу к гнезду пахучими веществами (феромонами). По этому следу к источнику пищи устремляется сразу множество пчел, что позволяет быстро перенести еду в гнездо и оттеснить возможных конкурентов. Переваривание пищи осуществляется с помощью секрета, выделяемого специальными железами пчел. Переваренные массы содержат около 20% белков и служат единственным источником питания личинок и молодых пчел.



Зубчатые мандибулы (вверху) и голень задней конечности пчелы *Trigona hyrogea* (в середине); для сравнения — голень пчелы вида *T. pallens*, снабженная густой бахромой из волосков для сбора пыльцы (внизу)

Дальнейшие исследования помогут изучить происхождение и суть биохимических и других адаптаций, связанных с некрофагией в многолетних колониях пчел тропических лесов.

Science, 1982, v. 217, № 4564, p. 1059—2060 (США).

Зоология

Особенности организма большой панды

Большинство растительноядных позвоночных животных обладает хорошо развитой пищеварительной системой; их кишечник состоит из сложных камер, где трудноперевариваемая пища задерживается на дли-

тельное время, за которое желудочно-кишечная микрофлора успевает разложить плотные клетки целлюлозы. Наблюдения, проведенные в Национальном зоопарке Смитсоновского института (Вашингтон) над большой пандой (*Ailurus fulgens*), показали, что пищеварительные процессы у этого и у других растительноядных животных существенно различаются.

Кишечник большой панды относительно прост; он лишен камер, служащих для ферментации. Самец и самка, содержащиеся в зоопарке, почти совершенно не переваривают целлюлозу и гемицеллюлозу тканей бамбука — основной пищи этого животного. Если, например, овцы, пасущиеся на горных склонах с грубой растительностью, способны усваивать более 60% такой пищи, то большие панды усваивают не более 19,6% от поедаемой ими массы бамбука. Компенсирует это большая панда, очевидно, способностью поглощать за сутки огромное количество пищи (их суточная норма в пересчете на сухое вещество составляет более 6% массы их тела). Из организма пища выводится очень быстро — всего за 8 часов. Для сравнения: такое высокоспециализированное жвачное животное, как благородный олень, или марал, потребляет за сутки количество пищи, составляющее менее 2,5% массы его тела, а эффективное ее переваривание осуществляется более чем за 40 часов.

Использовать пищу более эффективно помогают большой панде и некоторые морфологические особенности ее организма. Так, зубы и челюсти способны тщательно измельчать грубые растительные волокна; передние лапы благодаря особому строению позволяют действовать подобно щипцам или пинцету. Животное цепко захватывает ими самые съедобные части растения, а затем уголком рта отделяет листья от стебля, где наибольшее содержание целлюлозы, и тем самым сокращает ее потребление.

Проведенные наблюдения интересны не только с точки зрения физиологии и морфологии этого редкого животного; они важны для экологов и спе-

циалистов по охране животного мира, поскольку теперь стало ясно, что для поддержания этого исчезающего вида необходимы значительно большие площади с зарослями бамбука, нежели полагали до сих пор.

New Scientist, 1982, v. 95, № 1321, p. 620 (Великобритания).

Этология

Оригинальный способ защиты гнезда у муравьев

У обитающего в тропических лесах Австралии муравья *Orectognathus versicolor* рабочие особи очень разнообразны по размерам и строению. Ширина головы у самых маленьких из них не более 0,8 мм, а у самых крупных превышает 2 мм. Мелкие и средние рабочие имеют относительно более узкую голову с длинными тонкими челюстями, заканчивающимися на вершине острым зубцом, торчащим вовнутрь. У крупных рабочих, иначе солдат, голова более широкая и массивная; мощные мышцы приводят в движение значительно более широкие и короткие, чем у мелких и средних муравьев, челюсти. Внутренний край челюстей солдат гладкий, лишен зубцов, а вершинный — зубец толстый, тупой и не загнут, что делает внутренний край челюстей совершенно прямым.

Специальные исследования показали, что этот ярко выраженный полиморфизм рабочих муравьев является основой для довольно четкого разделения функций между особями разного размера¹. В частности, солдаты почти совсем не занимаются уходом за личинками, строительством, доставкой в гнездо добычи и ее обработкой. Их основная функция — защита гнезда от врагов. И в этом деле они весьма искусны. Причем для охраны гнезда солдаты применяют совершенно оригинальный метод, не наблюдавшийся ни у какого другого вида муравьев.

В случае опасности (когда, например, на гнездо нападают муравьи другого вида, что нередко бывает в естественных условиях) солдаты занимают позицию у входа и, раскрыв свои мощные челюсти под углом примерно 120°, спокойно ожидают приближения противника. Как только посторонний муравей, вплотную приблизившись к солдату, оказывается между его челюстями, они с силой закрываются, при этом враг оказывается отброшенным от гнезда на 8—9 см, подобно тому как вылетает из пальцев сжатое между ними арбузное семечко. Именно благодаря своему прямому и гладкому внутреннему краю челюсти солдат не ранят противника, а лишь отбрасывают его в сторону. Такое своеобразное поведение позволяет всего нескольким солдатам эффективно защищать гнездо. Если же противник все-таки проникает в гнездо, солдаты применяют совершенно иную тактику: поскольку отбрасывать врага внутри гнезда бессмысленно, они уже не щелкают челюстями, а хватают врага и тащат к выходу. Когда им удается вытолкнуть его наружу, солдаты опять занимают оборонительную позицию с раскрытыми челюстями у входа в гнездо.

В. Е. Кипятков,
кандидат биологических наук
Ленинград



Экология

Меры против плодовой мушки

Плантациям цитрусовых в Египте большой вред причиняет средиземноморская плодовая мушка. Для борьбы с ней здесь регулярно обрабатывают пестицидами более 1 млн акров (1 акр=0,4 га) сельскохозяйственных угодий, причем импорт пестицидов обходится стране более чем в 60 долл. на 1 акр. Учитывая, что химические пестициды, накапливаясь в почве и растительности, отрицательно влияют на организм домашних животных и человека, принято решение с 1983 г. перейти на принципиально иной

метод борьбы с этим вредителем.

В различных районах страны предполагается построить сеть предприятий, где ежедневно будет выводиться около 1 млрд особей плодовой мушки. Затем их подвергнут стерилизации путем радиоактивного облучения. Выпущенные на волю бесплодные насекомые не принесут потомства, и популяция плодовых мушек пойдет на убыль, пока не достигнет неопасного для сельского хозяйства уровня. По расчетам, такая цель будет достигнута за 4 года.

Осуществлению этих мероприятий способствуют Организация ООН по продовольствию и сельскому хозяйству (ФАО) и Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ), которое контролирует безопасность применения радиоактивных материалов и принимает на себя более половины расходов.

New Scientist, 1982, v. 96, № 1336, p. 710 (Великобритания).



Охрана природы

Американский журавль

В конце 50-х годов численность американского журавля (*Grus americana*) — красивой белой птицы полутораметрового роста — стала резко убывать. Этот вид был объявлен находящимся под угрозой исчезновения, однако обычные меры охраны не принесли заметных результатов. Тогда были предприняты попытки размножить журавля в неволе с последующим расселением в районах его обычного обитания. Часть яиц, снесенных журавлями в Национальном парке Вуд-Буффало (провинция Альберта и Северо-Западные территории, Канада), изымали из гнезд и перевозили в Центр изучения диких животных в Паттент-Ривер (штат Мэриленд, США). Здесь эти яйца подкладывали в гнезда не только американских журавлей, но и родственных им более распространенных флоридских и дюновых журавлей. Теперь, по

¹ Carlin N. F. — Psyche, 1982, v. 89, № 3—4, p. 231.

прошествии более 20 лет, можно считать, что этот эксперимент увенчался определенным успехом. Хотя опасность исчезновения вида еще нельзя считать полностью устраненной, уже существуют возобновленные благодаря человеческой деятельности популяции американского журавля и штатах Нью-Мексико, Колорадо, Юта, Вайоминг и Айдахо.

Основная трудность этого эксперимента состояла не с высиживанием подкинутых яиц, а с адаптацией родившихся в неволе птиц к естественной среде. Чтобы уменьшить стресс, птенцов не разлучали с приемными родителями более года. Перед окончательным выпуском на волю их подолгу, подкармливая, оставляли в клетке в той местности, где им предстояло вести самостоятельную жизнь.

Интересно, что пути годичной миграции птиц из этих возобновленных популяций пролегают с северо-запада на юго-восток почти параллельно путям миграции естественной популяции этого вида, но их протяженность примерно втрое меньше: если у диких птиц от гнездовий, находящихся на севере Канады, до конечной точки перелета (Национальный парк Арансас в штате Техас, на берегу Мексиканского залива) расстояние равно более 4000 км, то у выращенных в неволе оно достигает и полутора тысяч.

В настоящее время в Паткентском научно-исследовательском центре одновременно разрабатываются и другие методики поддержания численности птиц. Например, искусственным освещением более чем на месяц продлевается период гнездования; проводится искусственное осеменение; изымаются снесенные яйца для инкубации «на стороне», что поощряет самку журавля сносить до 11 яиц в сезон, тогда как в естественных условиях она несет не более двух.

В Центре аналогичная работа, помимо американского журавля, ведется с пятью другими видами птиц, чья численность упала до опасного

уровня. Успех достигнут с андским кондором, встречающимся в пустынных областях Перу: более года назад в естественную среду выпущено 11 птиц, выведенных в неволе. По данным радиотелеметрических наблюдений, 7 из них все еще живы, что соответствует обычному уровню смертности.

В дальнейшем намечается решение следующих задач: сокращение числа случаев, когда выпущенные птицы не размножаются в естественных условиях; поддержание сохранности природной среды там, где прежде данный вид обитал и где предполагается возобновить популяцию; увеличение генетического фонда во избежание инбридинга в неволе.

Science News, 1982, v. 121, № 16, p. 266—268 (США).

Петрология

Вулканизм Новой Зеландии

На о-ве Северном (продолжении островных дуг Тонга—Кермадек) располагается крупнейшая вулканическая провинция Новой Зеландии — пояс современного вулканизма Таупо. Его протяженность только на суше составляет 200 км при ширине 40 км. Установлено, что пояс приурочен к зоне растяжения и погружения земной коры. Расчеты, а также прямые измерения показали, что скорость растяжения коры достигает здесь около 0,7 см/год, а погружение происходит со скоростью 0,3 см/год.

За последние 0,5 млн лет в зоне Таупо извергались самые разнообразнейшие вулканические породы — от высокощелочных базальтов до андезитов (содержащих до 60% кремнекислоты) и риолитов (излившись аналогов гранитных пород). Но больше всего накопилось риолитов — 16 тыс. км³, тогда как андезитов только 260 км³, а базальтов — 2 км³.

Как образовались риолиты? Существуют две основные гипотезы: они возникли либо в

результате частичного плавления нижележащих пород за счет глубинного тепла, либо вследствие дифференциации магмы, поднимающейся из мантии Земли к зоне растяжения на ее поверхности.

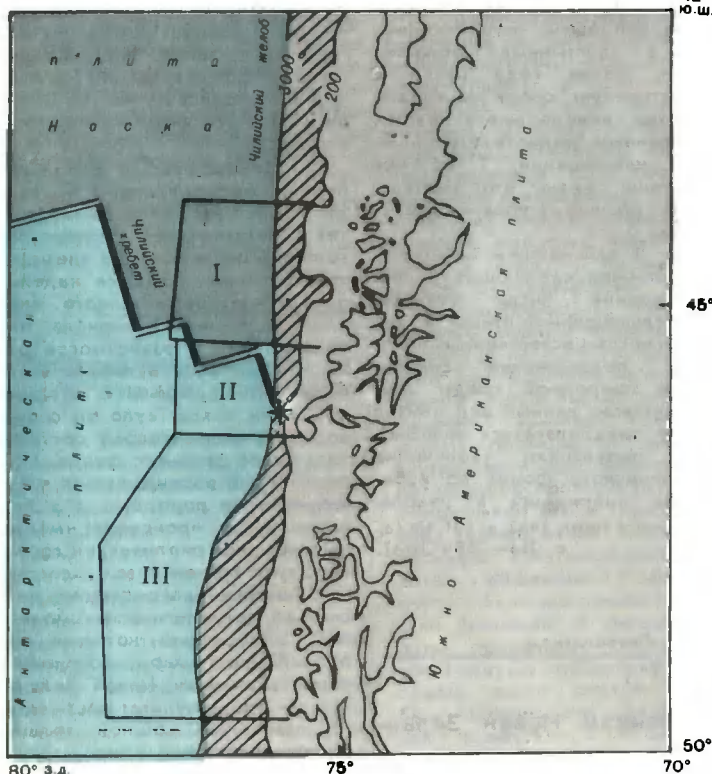
Доказательства в пользу первого предположения приводит Ф. Рейд (F. Reid; Университет г. Веллингтона). Исследовав состав редкоземельных элементов, которые являются надежным свидетельством того или иного источника материала, он показал, что в зависимости от местоположения вулканов этот источник — разный. В восточной части пояса Таупо он соответствует андезитовому составу того более древнего фундамента, который перекрывается вулканическими породами, а в западной, где происходят мощные излияния риолитов, он соответствует граувакковому составу. Автором рассмотрено несколько петрологических моделей, с помощью которых он обосновывает вывод, что риолитовый вулканизм Новой Зеландии — это результат частичного плавления мощной толщи первично-осадочных пород граувакков.

Journal of Volcanology and Geothermal Research, 1983, v. 15, № 4, p. 315—338 (Нидерланды).

Геофизика

Два рейса судна «Роберт Д. Конрад» в Тихий океан

Интересные геофизические исследования были проведены летом 1982 г. в восточной части Тихого океана на судне «Роберт Д. Конрад», принадлежащем Геологической обсерватории им. Ламонта и Дозэрти (США). В одном из рейсов, которым руководили сотрудники обсерватории С. Кэнд и Е. Херрон (S. Cand, E. Herron), изучалась область соприкосновения Чилийского подводного хребта (активной зоны расширения дна) и Южно-Американского материка. Детально исследовались топография дна, распределение теплового потока и другие гео-



Район исследований на судне «Роберт Д. Конрад» у южных берегов Чили. Римскими цифрами обозначены зоны проявления различных деформаций: I — зона поддвига (глубоководный желоб) и активного разрушения континентального склона под воздействием близко расположенного спредингового хребта; II — зона поглощения оси хребта под континент; III — зона накопления осадков (желоб отсутствует — поддвиг здесь закончился около 5 млн лет назад).



Спрединговый хребет и смещающие его трансформные разломы



Континентальный склон Южной Америки с изобатами 200 и 3000 м



«Тройственная точка» — стык трех плит

физические параметры у южно-го побережья Чили. Это позволило определить место, где хребет подходит к побережью, а затем погружается под континент.

Здесь, у 46° ю. ш., располагается «тройственная точка»: место соприкосновения трех плит литосферы — Южно-Американской, Антарктической и Наска. В процессе относительного смещения плит «тройственная точка» медленно движется вдоль континентального склона к северу.

По высокому тепловому потоку ось Чилийского хребта прослеживается вплоть до подножия континентального склона, но дальше теряется. Южное побережье Чили — второе на земном шаре (после Калифорнийского залива) место, где установлено погружение оси расширения дна океана под континент.

Вторая экспедиция проводилась в районе Панамской котловины. За три года до этого здесь, вблизи оси расширения дна, была пробурена с «Гломера Челленджера» самая глубокая скважина¹. Вслед за буре-

нием в ней началась активная циркуляция воды. Замеренная в скважине скорость поглощения морской воды земной корой составляла около 100 л/мин. Экспедиции на «Конраде» предстояло выяснить, продолжается ли циркуляция воды спустя три года после бурения.

М. Лангсет (M. Langseth; Геологическая обсерватория им. Ламонта и Доэрти, США) и М. Моттл (M. Mottl; Вудсхолский океанографический институт, США), руководившие этим рейсом, построили детальные карты распределения температурных и химических градиентов в осадках вокруг скважины. Это позволило установить, что, наряду с нисходящим потоком в самой скважине вблизи нее существует область выхода нагретых вод — гидротерм. Температурный градиент достигает там большой величины — 1,1 град/м. Гидротермы высокоминерализованы. Этот результат рассматривается специалистами как прямое доказательство циркуляции морской воды в толще океанической коры.

LAMONT (Newsletter of Lamont-Doherty Geological Observatory of Columbia University), 1982, № 4, p. 2—3 (США).

Метеорология

Облако, опоясывающее Землю

28 марта 1982 г. американский геостационарный метеорологический спутник «NOOA» зафиксировал начало взрывного извержения вулкана Эль-Чичон, расположенного на северо-западе провинции Чьяпас в южной Мексике. Вулкан считался давно потухшим; его склоны поросли густым лесом, а в древнем кратере существовали лишь небольшие горячие источники. За несколько недель до извержения отмечалась серия локальных подземных толчков, сопровождавшихся отдельными выбросами вулканических материалов.

Сила взрыва 28 марта была столь велика, что он был

¹ Об этих работах см.: Природе, 1980, № 7, с. 109; 1981, № 3, с. 100; 1983, № 2, с. 116.

зарегистрирован даже аппаратурой южнополярной станции Мак-Мердо, на расстоянии 11 900 км от вулкана. По космическим снимкам установлено, что столб изверженных материалов диаметром около 100 км уже через 3,5 часа после начала извержения достиг высоты 16,8 км. Было выброшено $0,3 \text{ км}^3$ пепла; обломки вулканической пемзы выпадали на расстоянии 10 км от вершины. После некоторого затишья 4 апреля произошёл новый, самый мощный взрыв: потоки лавы протянулись на 6 км от кратера, общий объем выброшенного материала превысил 5 км^3 . Этот взрыв привел к необычным метеорологическим последствиям, обнаруженным в самых различных районах земного шара.

Извержение Эль-Чичона продолжалось в апреле и мае. Несмотря на поспешную эвакуацию населения, более 100 человек погибли; уничтожены несколько деревень и поселков, плантации какао, кофе, бананов; пришлось резать большое количество скота, так как пепел покрыл пастбища на территории около 24 тыс. км^2 . Убытки только от потери урожая исчисляются в 55 млн долларов. В изучении последствий этого извержения приняли участие вулканологи, сейсмологи, метеорологи, геохимики, радиофизики, медики, ботаники из Мексики, США, Франции и других стран.

Анализ и сопоставление космических снимков, полученных от американских и японских ИСЗ, а также от западноевропейского метеорологического геостационарного спутника «Метеосат», позволили проследить распространение облака изверженных вулканических продуктов с востока на запад вокруг всей Земли. К 9 апреля облако достигло Гавайских о-вов, 18 апреля — Японии, 21 апреля — берегов Красного моря, 26 апреля оно пересекло Атлантический океан, отклонившись к югу примерно на 5° .

Измерения с помощью лидара (лазерного радиолокатора) на обсерватории Мауна-Лоа (Гавайские о-ва) показали, что максимум плотности облака приходится на высоты между 25 и

27 км над ур. м. Такими же измерениями на обсерватории Фукуока (Япония) установлено присутствие аэрозолей на высоте более 21 км. Над обсерваторией Ленгли (штат Вирджиния, США) аналогичные слои обнаружены на высоте 16—31 км, но их плотность была много меньшей, чем над Японией и Гавайями. В июле—августе 1982 г. значительные скопления аэрозолей наблюдались на высоте около 25 км обсерваторией Л'Акила (Италия).

Сотрудники факультета физики и астрономии Университета штата Вайоминг (США) исследовали вулканическое облако с помощью аппаратуры, поднятой двумя шарами-зондами в южной части штата Техас и семью — в штате Вайоминг. Оптический счетчик частиц радиусом более 0,15 мкм показал существование двух слоев скопления: нижний, мощностью 2—3 км, находился на высоте 18 км, а верхний, мощностью 3 км, — на высоте 25 км.

Из различных районов США поступали сведения о явлениях, связанных с необычным стратосферным слоем. 11 апреля в Хьюстоне (штат Техас) наблюдалось редкое метеорологическое явление, именуемое «кольцом епископа»: наиболее яркий участок неба был окружен коричневой полосой. Затем его видели еще в нескольких пунктах США, а 7 сентября «кольцо епископа» наблюдали в Англии. С 24 апреля из различных районов Техаса сообщали о необычно окрашенных восходах и заходах солнца. С начала сентября в Норидже (Англия) заход солнца также сопровождался необычно яркими красками.

Самолет-лаборатория Эйсмсовского исследовательского центра НАСА, пролетающий от Сан-Франциско до 23° с. ш. 19 апреля и 5 мая, взял пробы воздуха у основания облака изверженных продуктов — на высоте около 19 км. Важной составной компонентой оказались кристаллы NaCl (ранее эта соль никогда в значительных количествах в вулканическом облаке не наблюдалась).

Метеоритика

Продолжается поиск метеоритов в Антарктиде

С 1976 г. американские исследователи ведут поиск метеоритов в районе урочища Драй Вэллис и холмов Аллан к северо-западу от антарктической станции Мак-Мердо¹. В течение летнего сезона 1980/81 гг. они собрали здесь 103 образца. 18 маленьких метеоритов массой по 10—20 г найдены близ границы ледника и окружающего его снежного поля. По мнению исследователей во главе с У. Кассиди (W. Cassidy; Университет Питтсбурга, США), малые метеориты сдуваются с поверхности ледника сильными ветрами, характерными для Антарктиды, и концентрируются по его краям.

В сезон 1981/82 гг. близ холмов Аллан собрано рекордное для данного района количество метеоритов — 373 образца. Из них 361 представляют собой обыкновенные хондриты, 4 относятся к довольно редкому типу углистых хондритов, 6 — ахондриты и 2 — железные метеориты, один из которых весит около 20 кг. 13 образцов имеют поперечник более 10 см, 69 — от 5 до 10 см, остальные — более мелкие.

Собранные в Антарктиде образцы внеземного вещества особенно ценятся исследователями, поскольку это вещество находилось в холодной и сухой среде и не изменялось в результате действия процессов выветривания горных пород, более активных в теплых и влажных областях земного шара.

Из Антарктиды образцы метеоритов доставляют в замороженном состоянии в ту же лабораторию в Центре космических исследований в Хьюстоне, что и образцы лунных пород. Дальнейшее исследование метеоритов проводится почти так же, как пород, доставленных с Луны.

Antarctic Meteorite Newsletters, 1982, v. 5, № 1, p. 1 (США).

Smithsonian Institution SEAN Bulletin, 1982, v. 7, № 3, p. 2—6, 23; № 4, p. 2—5; № 8, p. 2—3 (США).

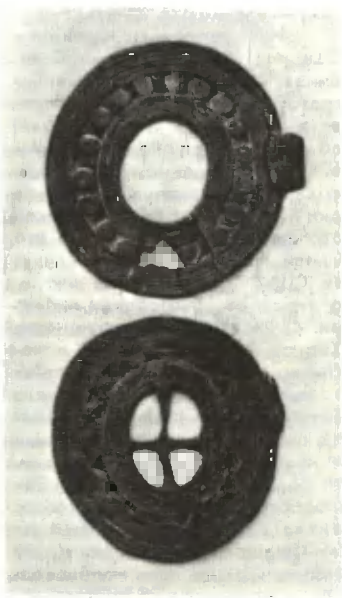
¹ Об этих работах см.: Природа, 1979, № 4, с. 117; № 10, с. 100.

Археология

Великентский склеп — памятник древней металлургии

В приморской части Дагестана у с. Великент (Дербентский район), поблизости от известного археологам поселения эпохи ранней бронзы (III тысячелетие до н. э.) находится Великентский могильник. В 1979 г. при земляных работах здесь случайно был открыт подземный склеп-катакомба бронзового века. В том же году руководимая автором Прикаспийская археологическая экспедиция Института истории, языка и литературы Дагестанского филиала АН СССР провела на могильнике спасательные работы, благодаря которым удалось сохранить для науки этот памятник с его уникальной коллекцией погребального инвентаря, датированного концом III — первой половиной II тысячелетия до н. э.

Склеп представлял собой вырытую в естественном холме грунтовую могилу, круглую в плане, диаметром 6 м, содержащую большое число человеческих захоронений. Помимо скелетных остатков, посыпанных мелом и охрой, в склепе обнаружены многочисленные и разнообразные глиняные сосуды для пищи, среди которых встречаются экземпляры закавказского происхождения — с блестящей черной полированной поверхностью. Найдены шлифованные каменные булавы, разнообразной формы бусы из сердолика, горного хрусталя, гагата¹, стекловидной белой и голубоватой пасты. Однако наибольший интерес представляет коллекция бронзовых вещей, включающая оружие, орудия труда и украшения. Она насчитывает около полутора тысяч предметов и значительно превосходит металлические коллекции, обнаруженные на территории Дагестана за все годы его археологического



Металлические украшения из Великентского склепа: полусферическая литая бляха и кольцевидные подвески.

зы на Кавказе — крупнейшем в Старом Свете центре древнего металлопроизводства.

В коллекции представлены бронзовые втульчатые топоры оригинальной секировидной формы, а также широко распространенные в ту эпоху на Кавказе ножи, долота, тесла, четырехгранные шилья. Особенно интересны украшения: литая бляха, покрытая геометрическим и шнуровым орнаментом; спиральные пронизки и трубочки с рельефными узорами в виде зигзагов-змеек; полутораспиральные серьги; кольцевидные подвески, которые орнаментированы змейками или узором, имитирующим крученный шнур. Наряду с этими, широко известными в ту пору на Кавказе украшениями, в коллекции встречается много оригинальных булавок с отверстием в средней части, с прямыми или изогнутыми головками, нередко орнаментированными сложным литым узором; массивные якоревидные подвески со шнуровидным и спиральным узором; браслеты с утолщениями на концах и в середине стержня, не имеющие прямых аналогов ни в Дагестане, ни вообще на Кавказе.

Металлические предметы в подавляющем большинстве изготовлены из мышьяковистой, реже — оловянистой бронзы, а в единичных случаях — из серебра.

Великентский склеп является, таким образом, показателем существования в Дагестане еще одного своеобразного локального очага металлообработки, а в целом — это интереснейший памятник культуры эпохи средней бронзы на северо-востоке Кавказа. Наличие в Дагестане нескольких таких культурных очагов свидетельствует о том, что этнокультурная пестрота, столь характерная для данного края, начала складываться еще на рубеже III—II тысячелетий до н. э.

М. Г. Гаджиев,
кандидат исторических наук
Махачкала.

¹ Гагат — черная блестящая разновидность каменного угля (назван по г. Гагай в древней Лидии).

изучения. Более того, по общему количеству сохранившихся металлических изделий Великентский склеп не имеет себе равных среди памятников эпохи средней брон-



Обстоятельства появления общей теории относительности

Я. Илли

Будапешт (Венгрия)



В. П. Визгин. РЕЛЯТИВИСТСКАЯ ТЕОРИЯ ТЯГОТЕНИЯ (истoki и формирование). М.: Наука, 1981, 352 с.

Интерес к творчеству Альберта Эйнштейна (1879—1955), оживившийся в начале 60-х годов¹ и достигший особой силы

в связи с празднованием столетия со дня его рождения, привел к появлению первых двух итоговых монографий. Это книга А. И. Миллера об истории возникновения специальной теории относительности (СТО)² и книга В. П. Визгина о создании общей теории относительности (ОТО).

В книге В. П. Визгина, о которой и пойдет речь, внимание читателя сосредоточено на следующих четырех вопросах: кризис в области науки о гравитации накануне создания ОТО; ее теоретические и эмпирические предпосылки; творческая деятельность Эйнштейна в системе научных коммуникаций и значение последних в генезисе ОТО; реконструкция формирования основ ОТО, соотношение в ней физического, математического и философско-методологического аспектов.

Что побудило автора обратиться к исследованию этих вопросов? Изучая литературу по истории ОТО, он обнаружил наряду со специальными историко-научными публикациями множество работ, относящихся к жанру «популярной истории науки» (выражение Дж. Холтона). Авторы этих работ — популяризаторы, философы, нередко крупные ученые, — восхищаясь творениями Эйнштейна и подчеркивая его гениальность, как правило, характеризовали ОТО как теорию, опередившую свое время и созданную, таким образом, гением одного Эйнштейна; другие отмечали аномальный характер теории, полагая, что при ее создании он действовал то как математик, то как философ, не обращая по существу к экспериментально-эмпирическому фундаменту. Это распродранное представление о воз-

никновении ОТО связано с тем, что изложение теории (в ее современной форме) отождествляется с процессом ее построения в конкретных исторических условиях. Чтобы показать этот процесс, требуется выйти за рамки поверхностных оценок и сложившихся в «популярной истории науки» представлений «мифического» характера. В. П. Визгин не отмечает существующих здесь психологических трудностей. Преувеличение аномальности, уникальности всей ситуации и, в частности, роли Эйнштейна он связывает с тем, что создание ОТО стимулировалось весьма небольшим количеством эмпирических фактов. Впрочем, как нетрудно видеть, оба эти довода тесно связаны между собой.

Как показывает автор, теория тяготения на рубеже XIX и XX вв. находилась в состоянии, близком к кризисному. Но расхождения теории с наблюдениями были не настолько велики, чтобы создать такую ситуацию. Более значительными представляются логико-теоретические трудности, детально рассмотренные в книге: феноменологизм, изоляционизм, инстантизм, финитизм, геометрические априоризм и абсолютизм и эмпиризм (ярлыки для этих трудностей, «измы», придуманные автором, весьма точно выражают суть дела).

Именно эти внутритеоретические напряжения и небольшие расхождения теории с наблюдениями стимулировали усилия астрономов и физиков так модифицировать или даже перестроить ньютоновскую теорию, чтобы устранить их и иметь в итоге более последовательную теоретическую схему. И хотя, как показано в книге, все эти усилия не имели успеха, они были не только свидетельством неблагоприятного положения в теории тяготения, но и своеобразными ограничениями, направляющими научную мысль в нужную сторону. Материал первой

¹ Тогда это произошло отчасти под влиянием работ Дж. Холтона, которые недавно изданы на русском языке: Холтон Дж. Тематический анализ науки. М., 1981. См. рецензию: Визгин В. П. — Природа, 1981, № 12, с. 110

² Miller A. I. Albert Einstein's Special Theory of Relativity: Emergence (1905) and Early Interpretation (1905—1911). Massachusetts, 1980.

главы позволяет сделать вывод, что релятивистская теория тяготения возникла не на пустом месте, что она была подготовлена развитием исследований в XIX в. Можно сказать, что не Эйнштейн, приступая к проблеме тяготения, зафиксировал и собрал основные теоретические трудности и эмпирические аномалии классической теории, а, наоборот, эти трудности и аномалии нашли в Эйнштейне ученого, способного устранить их «одним ударом».

Важнейшим достижением Эйнштейна было то, что он глубоко осмыслил факт равенства инертной и гравитационной масс и вместо поиска различных — механических или электромагнитных — объяснений этого факта положил его в основу новой теории тяготения. Это привело Эйнштейна к принципу эквивалентности (утверждению о физическом неразличимости однородного гравитационного поля и равноускоренной системы отсчета), одному из наиболее дерзких достижений научной мысли. О том, как Эйнштейн придумал этот принцип, можно только догадываться. Изучив особенности научного мышления Эйнштейна и приняв во внимание весь доступный фактический материал, В. П. Визгин попытался воспроизвести процесс открытия принципа эквивалентности. Несмотря на некоторую тяжеловность, эту реконструкцию можно считать вполне удачной. Принцип эквивалентности и следствия, вытекающие из него, означали выход за рамки СТО и опирающейся на нее исследовательской программы. Именно это обстоятельство вело к непониманию подхода Эйнштейна большинством его современников, которые еще только осваивались со специальной теорией относительности.

В дальнейшем развитии идей существенное значение имели скалярные теории гравитационного поля (1911—1912 гг.). Первую такую теорию, опираясь на эйнштейновскую идею связи гравитационного потенциала со скоростью света, выдвинул М. Абрагам. Вслед за ним скалярное направление начал разрабатывать и Эйнштейн. Дискуссия, возникшая между ними (Абрагам стоял, скорее, на позициях

электромагнитно-полевой, а не релятивистской программы), не столько способствовала совершенствованию скалярных теорий, сколько ускорила осознание Эйнштейном внутренней противоречивости скалярного подхода, связанной, в частности, с трудностью распространения этого подхода на нестатические гравитационные поля.

Решающий поворот в генезисе общей теории относительности наступил в 1912—1913 гг., когда появилась первая тензорная теория гравитации, именно теория Эйнштейна — Гроссмана. Важным моментом здесь было переосмысление операционально — метрического истолкования пространственно-временных величин: основное физическое значение следовало приписывать не координатам (как в СТО), а метрике, т. е. пространственно-временному расстоянию между двумя бесконечно близкими точками.

Теория Эйнштейна — Гроссмана была по своему существу близка к ОТО: и математическим аппаратом (риманова геометрия и тензорное исчисление), и концептуальной структурой, и пониманием природы физической реальности. Революционный характер теории Эйнштейна — Гроссмана заключался в радикальном расширении СТО, переходе от однородного псевдоевклидова пространства-времени к неоднородному риманову пространству-времени, в динамизации пространственно-временных абсолютств. Главную роль при этом, как подчеркивает В. П. Визгин, играли не общий гносеологический анализ, не стремление к аксиоматизации и использованию нового математического формализма, а, прежде всего, собственно физические аспекты: последовательная релятивистская интерпретация факта равенства масс (принцип эквивалентности), идея обобщения принципа относительности, в частности мысли Э. Маха об относительности ускорения и инерции, необъясненное аномальное вековое смещение перигелия Меркурия и т. д.

Последовавшие затем дискуссии Эйнштейна с М. Абрагамом и Г. Ми обнажили слабые стороны теории Эйнштейна —

Гроссмана. Наиболее важным ее недостатком оказалось то обстоятельство, что при общековариантном замысле теории и общей ковариантности уравнений движения уравнения гравитационного поля оставались либо линейно-ковариантными, либо ковариантными относительно так называемых «приспособленных» преобразований, не имеющих ясного физического и геометрического смысла. В результате в этой теории не реализовался в полной мере общий принцип относительности и связанная с ним расширенная релятивистская программа. Однако упомянутые дискуссии укрепили уверенность Эйнштейна в перспективности тензорно-геометрического подхода.

Установление общековариантных уравнений гравитационного поля — последняя, наиболее драматическая стадия в создании ОТО. На извилистом пути к цели Эйнштейн руководствовался и здесь подходом, характерным для таких ученых, как Л. Больцман, Г. Лоренц, М. Планк, для которых первостепенное значение имели соображения и аргументы физического характера: опора на фундаментальные физические принципы (причинности, близкодействия, сохранения энергии-импульса, соответствия и др.), повышенное внимание к вопросам физического истолкования математической структуры теории, а также к экспериментальным аспектам теории. Этому, теоретико-физическому, направлению противостояла стратегия математической физики, представителями которой были, например, Ф. Клейн, Г. Минковский, Д. Гильберт и другие геттингенские математики, активно разрабатывавшие в начале XX в. проблемы физической теории.

Интересно, что и эта стратегия оказалась успешной в развитии проблемы гравитации и ОТО. Наиболее значительным был вклад самого Гильберта, прежде всего, в решение проблемы общековариантных уравнений гравитационного поля. На заключительной стадии построения ОТО Эйнштейн и Гильберт работали параллельно, в тесном контакте друг с другом и достигли цели почти одновременно. Книга В. П. Визгина заканчивает

ся реконструкцией этого драматического периода. Интересно, что после появления статьи Дж. Ирмена и К. Глимора³ о роли Гильберта в создании ОТО, основанной на неопубликованных архивных материалах (об этой статье автор успел сообщить в приложении к своей книге), реконструкция В. П. Визгина, по существу, не нуждалась в существенном исправлении. Это свидетельствует о стройности логики и богатстве воображения автора.

Итак, в книге В. П. Визгина впервые столь обстоятельно исследуется генезис ОТО. Учтены и систематизированы основные историко-научные работы в этой области.

Рецензируемая книга интересна и тем, как в ней используется методологическая техника и историографические модели, которые со времени появления в 1959 г. всемирно известной книги Т. Куна о научных революциях стали все больше привлекать внимание историков науки. В. П. Визгин использует некоторые куновские идеализации, например понятие научного кризиса, но отдает предпочтение модели исследовательских программ И. Лакатоша. Впрочем, методологические схемы применяются в книге, так сказать, в приспособленной форме и далеко не всюду. Осторожность автора оправдана. Не отрицая глубины и привлекательности идей Т. Куна и И. Лакатоша, можно заметить, что эти идеи с некоторым трудом применяются их приверженцами при историко-научном анализе конкретной теории на небольших временных интервалах (порядка нескольких лет).

Трудности использования историографических моделей усугубляются, когда речь идет об ОТО, которая, по нашему мнению, является теорией не очень типичной. Тем не менее автор пытается извлечь из схем Куна и особенно Лакатоша максимум возможного. Подчеркнем, однако, что использует он эти схемы в достаточно размы-

той форме и, так сказать, лишь «в первом приближении», в котором, например, куновскую парадигму, лакатошовскую программу, а также такие понятия, как «стиль научного мышления» или «научная картина мира», можно считать равносильными (с. 19).

«Первого приближения», естественно, оказывается часто недостаточно для того, чтобы осмыслить более тонкие аспекты генезиса ОТО: создание тензорно-геометрической концепции гравитации, проблему общекосмо-вариантных уравнений гравитации и др. Хотя выделение нескольких исследовательских программ (классико-механической, электромагнитной, релятивистской), конкурирующих между собой, представляется полезной и исторически оправданной идеализацией, следует заметить, что на первых порах границы между ними не были достаточно резкими. Так, на мой взгляд, в первых двух десятилетиях XX в. релятивистскую программу было трудно отделить от электромагнитной. Переплетение этих программ продолжалось, по-видимому, вплоть до создания ОТО. Кстати говоря, и после создания этой теории находилось немало теоретиков, считавших, что ОТО укладывается в рамки электромагнитной программы. Это замечание, впрочем, лишь подчеркивает идеализированный характер понятия исследовательской программы и трудность фиксации программ в реальном историческом материале. Несмотря на это, реконструкцию формирования ОТО в целом, изложенную в книге, можно признать удачной.

Весьма уместны двойные эпиграфы, искусно подобранные к отдельным главам (один — из научных или историко-научных текстов, другой — стихотворный). Книга В. П. Визгина, будучи серьезным и глубоким исследованием, увлекательна и интересна, и я рекомендую ее всем, кто интересуется жизнью научных идей.

Что происходит в психологии познания?

И. И. Ильясев,
О. Е. Мальская,
кандидаты психологических наук
Москва



Б. М. Величковский. СОВРЕМЕННАЯ КОГНИТИВНАЯ ПСИХОЛОГИЯ. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982, 336 с.

В 1879 г. в Лейпциге была создана первая в мире психологическая лаборатория. Этим событием психология, веками развивавшаяся в основном в недрах философии, официально заявила себя в качестве самостоятельной опытной дисциплины. Но новой психологии еще предстояло превратиться из надежды на науку в собственно науку.

К моменту отделения от философии психология располагала множеством умозрительных построений о «таинственной» душе и весьма скромным опытом экспериментирования, ограниченным изучением простейших психофизиологических

³ Earman J., Glymour C. Einstein and Hilbert: two months in the history of general relativity. — Arch. Hist. Exact. Sci., 1978, v. 19, p. 291.

функций. Однако этот опыт уже тогда указывал на специфичность психического и несводимость его к физическому и физиологическому. Все это задавало не слишком четкую перспективу развития психологии как опытной науки. Однако мощные успехи естествознания закономерно стимулировали обращение психологов к уже обработанным естествоиспытателями нормам научной работы.

Как реализовать эти нормы в науке, имеющей дело с субъективными, по своему исходному определению, явлениями? Можно ли в принципе науку о психике построить по образцу классической естественнонаучной дисциплины? Поиски ответа на эти вопросы в значительной степени определили направление развития экспериментальной психологии и весь облик психологии в XX столетии.

Наиболее радикальный ответ был дан Д. Уотсоном — основателем американского бихевиоризма (от англ. behavior — поведение). Он считал, что объективное исследование сознания и психических явлений в принципе невозможно. Поэтому психология должна стать наукой о поведении. Чтобы строго объяснить поведение, необходимо установить закономерную связь между наблюдаемыми реакциями и теми внешними воздействиями, которыми эти реакции вызваны.

После «манифеста» Уотсона почти на полвека американская, а вместе с ней и часть мировой экспериментальной психологии, стала бихевиористской. Как вырабатываются новые формы поведения? — эта проблема заняла основное место в исследованиях. Ее решения искали путем систематического изменения внешней стимуляции и совершенствования техники регистрации ответных реакций... животного. Да, как правило, «испытуемыми» были именно животные и само слово «бихевиоризм» прочно связалось с изучением их поведения в различных рода проблемных ящиках и лабиринтах. Но оказалось, что даже поведение животных невозможно объяснить только особенностями внешних воздействий.

Постулирование гипоте-

тических внутренних детерминант ознаменовало переход от ортодоксального бихевиоризма к необихевиоризму, получившему наиболее полное выражение в теоретических системах «когнитивного бихевиоризма» Э. Толмена и «гипотетико-дедуктивного бихевиоризма» К. Халла. Если ранний бихевиоризм ограничивался поисками простых эмпирических зависимостей, то теперь в психологии поведения эксперимент опирался на строгую систему предсказаний, дедуктивно выводимых из теоретических моделей.

Эволюция бихевиоризма постепенно привела к определенной переориентации интересов психологов. После почти полувекowego перерыва на родине науки о поведении вновь активно заговорили о необходимости научного исследования психических явлений. Другими глазами посмотрели американские специалисты на работы своих европейских коллег, развивавшиеся вне бихевиоризма. Особую популярность приобрели исследования группы немецких ученых — гештальт-психологов (от нем. Gestalt — целостная форма), чьи идеи целостности и структурности познавательных процессов существенно повлияли на дальнейшую судьбу экспериментальной психологии.

В центре внимания возникшего в США в начале 60-х годов нового направления, именуемого «когнитивной психологией» (от англ. cognition — познание), оказались традиционные для психологических исследований процессы — восприятие, внимание, память, мышление, т. е. процессы приобретения, сохранения и использования индивидом знаний об окружающем мире. Как функционирует знание в психике человека с того момента, когда на наши органы чувств действовал внешний раздражитель, и до тех пор, пока у нас в сознании как бы внезапно не появляется готовый познавательный образ? Эти чрезвычайно кратковременные, полностью скрытые от самого человека и взора исследователя психические процессы составили основной предмет изучения когнитивной психологии. К теоретическому и экспериментальному анализу их структуры когнитив-

ная психология подошла, широко ассимилировав опыт объективно-научного исследования психики и поведения, накопленный в ходе предшествующего развития экспериментальной психологии.

За двадцать лет своего существования когнитивная психология, став ведущим направлением экспериментальной психологии не только в США, но и в большинстве западноевропейских стран, получила столь интенсивное развитие, что о нем иногда даже говорят как об «эпидемии». Достигнутые здесь результаты, основные идеи и проблемы когнитивного подхода к изучению психики человека сейчас активно обсуждаются как внутри самой когнитивной психологии, так и вне ее. И в этой связи выход книги, в которой впервые в отечественной литературе достаточно развернуто представлены история становления и современное состояние когнитивной психологии, является весьма своевременным.

Монография Б. М. Величковского знакомит читателя с основными теоретическими моделями и экспериментальными данными, полученными когнитивной психологией при изучении познавательных процессов. Автор стремится проследить связь этих работ с некоторыми более ранними исследованиями, ставшими уже классическими. Вместе с тем, обсуждая проблемы построения перцептивного образа, организации и соотношения кратковременных и долговременных компонентов знания, автоматических и сознательно управляемых познавательных процессов и другие вопросы, исследуемые в когнитивной психологии, Б. М. Величковский широко использует данные, полученные в рамках других подходов. В книге приведены и результаты его собственных экспериментальных исследований.

Чтобы яснее увидеть характерные черты когнитивной психологии, нужно обратиться, считает Б. М. Величковский, к той «сциентистской» традиции в психологии, главное в которой — попытка работать, говоря — опосредованно, «по Галилею», т. е. «стремление к сведению качественно различных феноменов к возможно меньшему числу

фундаментальных законов или моделей» (с. 36). В истории психологии этот подход, как отмечается в монографии, неизменно приводил к механистически упрощенным моделям психики и поведения человека. Искомые законы, будь то концепция превращения универсальной «психической энергии» З. Фрейда или динамическая теория организации феноменального поля в гештальт-психологии, строились психологами по аналогии с физико-математическими моделями. Человек мыслился подобно механической или термодинамической системе.

В когнитивной психологии та же самая «сциентистская» традиция своеобразно преломилась в связи с особенностями современного общенаучного фона — возникновением кибернетики и развитием вычислительной техники. Человек стал рассматриваться по аналогии со сложным вычислительным устройством как система переработки и хранения информации.

Начиная с экспериментов Дж. Сперлинга, в которых был открыт феномен «очень короткой памяти» («непосредственных впечатлений», полностью копирующих воздействия физической стимуляции на органы чувств) и измерен ее временной диапазон, психологи стали интенсивно изучать «рабочие» характеристики различных дискретных этапов переработки чувственной и концептуальной информации.

В соответствии с «компьютерной метафорой» появились модели познавательных процессов в виде системы блоков переработки информации, напоминающих отдельные блоки ЭВМ. Работами Р. Аткинсона, Д. Бродбента, Д. Нормана и др. была создана известная трехкомпонентная модель структуры человеческой памяти, которая позволила свести воедино и достаточно просто объяснить множество разнообразных феноменов памяти, внимания и восприятия. Согласно этой модели, хорошо описанной в рецензируемой книге, информация, попадающая в органы чувств, поступает сначала на «сенсорные регистры» (зрительный, слуховой, тактильный и т. п.), где хра-

нится в полной и неизменной форме в течение приблизительно трети секунды. За это время происходит отбор и считывание наиболее существенной информации и перевод ее для дальнейшей обработки в блок кратковременной памяти ограниченного объема, где информация сохраняется десятки секунд в форме единого акустического кода внутренней речи. Функции блока кратковременной памяти состоят в оперативном управлении процессами поиска и переработки информации, здесь осуществляется ее перекодирование и преобразование. Последний блок, куда информация уже в концептуальной форме поступает на «вечное» хранение, — долговременная (или семантическая) память, вместилище которой практически безгранична. Формализация этой и других подобных ей «блочных» моделей позволила довольно точно предсказывать результаты многих проводимых экспериментов.

Кибернетическая модель человеческой психики продемонстрировала известную эвристичность, но в целом все же не оправдала возлагавшихся на нее надежд. Развитие когнитивной психологии привело к возникновению гораздо более сложных, чем первоначальные компьютерные аналоги, моделей, ни одной из которых, однако, не удается «справиться» со всем накопленным в самой когнитивной психологии эмпирическим материалом. Более того, когда исследованиями 70-х годов была доказана возможность семантического кодирования и сложной концептуальной обработки информации при кратковременном запоминании, а также возможность поверхностной обработки, акустического и даже образного кодирования при запоминании долговременном, — основной содержательный критерий различения кратковременной и долговременной памяти утратил свою исходную определенность.

«Долой блоки!» — так выразил необходимость смены теоретических установок один из пионеров когнитивного подхода Д. Норман. Его работами, а также исследованиями целого ряда других авторов намечился

переход к моделям активных процессов обработки информации, не предполагающим какой-либо жесткой последовательности дискретных стадий. Вместе с тем и на этих моделях, которые, безусловно, более адекватно отражают особенности человеческих способов познания, лежит, по мнению автора монографии, «печать» компьютерной метафоры и, соответственно, задаваемого этой метафорой взгляда на человека как на систему, обладающую неизменной структурой и функциональными характеристиками.

Подводя итоги двадцатилетнего развития когнитивной психологии, Б. М. Величковский отмечает, что хотя представители когнитивного подхода смогли дать довольно полный анализ микроструктуры сложившихся познавательных процессов индивида, создать универсальную модель человеческого познания им не удалось. В настоящее время когнитивная психология располагает множеством частных, иногда достаточно громоздких моделей. Некоторые из них, являясь альтернативными, обладают практически равными объяснительными возможностями, так что оказывается затруднительным отдать предпочтение какой-либо из них. Трудностям обоснованного выбора той или иной модели немало способствует определенное отставание скорости экспериментальной проверки гипотез от темпов теоретического конструирования. Очень остро стоит в когнитивной психологии и проблема «экологической валидности», т. е. соответствия теоретических моделей не только данным, полученным в искусственных условиях лабораторного эксперимента, но и фактам реальной жизни человека.

Непреодолимые барьеры, на которые натолкнулась когнитивная психология, свидетельствуют, по мнению автора, о критической ситуации. «Дальнейшие попытки, — пишет Б. М. Величковский, — построения психологии по образцу галилеевской или любой другой физики, не учитывающие сложных качества психического, могут привести лишь к появлению новых псевдофизических учений» (с. 295). Рассматривая альтернативу такому подходу, автор исхо-

дит из понимания познавательных процессов как целенаправленно функционирующих действий субъекта, структура и содержание которых во многом определяются стоящими перед человеком задачами его деятельности. Он справедливо настаивает на необходимости учета в психологической теории социальной детерминации познавательных процессов человека, а также их изучения как прижизненно формирующихся и развивающихся. Перспективы плодотворного развития психологии познания автор видит в широком теоретическом синтезе данных структурного, функционального и генетического аспектов исследования.

Если общая позиция Б. М. Величковского сформулирована в книге довольно яс-

но, то в некоторых конкретных случаях мнение автора, как нам кажется, выражено не столь отчетливо. Последнее, по-видимому, в известной мере связано с тем, что автор стремится показать ряд принципиальных для психологии проблем в «живой ткани» исследований когнитивистов. Но при этом намеченные линии критического анализа иногда прерываются.

Более развернутого и систематического обсуждения заслуживают, по нашему мнению, затронутые в монографии вопросы о принципах построения нередукционистской теории в психологии, о том, может ли такая теория быть универсальной или же только частной, о месте в психологической теории структурных объяснений и их соотношении с объяснениями

функционального и генетического типа.

Оценивая книгу в целом, хотелось бы еще раз подчеркнуть бесспорную заслугу автора в том, что он не только удачно представил богатейший материал, накопленный ведущим в настоящее время направлением зарубежной экспериментальной психологии, но и поднял ряд очень острых и важных для дальнейшего развития психологии проблем. И хотя не все в этом анализе современной когнитивной психологии представляется одинаково разработанным, у нас нет сомнения в том, что книга Б. М. Величковского привлечет к себе пристальное внимание всех, кто интересуется современным состоянием психологии и ее ключевыми проблемами.

НОВЫЕ КНИГИ

Физика

Ф. Ф. Волькенштейн. ЭЛЕКТРОНЫ И КРИСТАЛЛЫ. М.: Наука, 1983, 128 с., ц. 20 к.

Основные «действующие лица» этой книжки — электроны, населяющие кристалл. Именно они делают одни кристаллы металлами, другие — полупроводниками, третьи — изоляторами (или диэлектриками). Электроны диктуют поведение кристаллов, когда те находятся под действием различных внешних факторов. Они подлинно хозяева кристаллов.

Описанию многочисленных свойств кристаллов, которые определяются поведением электронов, посвящена новая книжка Ф. Ф. Волькенштейна. В предисловии автор излагает «свод законов», которым, по его мнению, должна подчиняться книга, претендующая на популярность. И сам он с первой страницы и до последней неукоснительно этим законом следует.

Изложение ведется в расчете на читателя, который знаком с физикой только в школь-

ном объеме. Но можно ли, рассказывая о физике твердого тела, обойтись без квантовой механики, которую, как известно, в школе пока не изучают? Здесь автор, по его собственному признанию, попадает в трудное положение. И он избирает простой и достойный выход из него. В тех случаях, когда для объяснения недостаточно классических представлений, автор не прибегает к псевдообъяснениям, а ограничивается лишь констатацией результатов, стараясь, однако, чтобы их общий физический смысл был максимально понятным. Неискушенному читателю легче читать книгу, когда автор четко ограничивает тот материал, который почти каждый может и должен понять, от того, который на определенном уровне знаний просто необходимо принять к сведению. Не исключено, что именно такой подход не только заставит с интересом дочитать книгу, но и разбудит в молодом читателе желание извучать проблемы одного из важнейших разделов современной физической науки — физики твердого тела.

Кибернетика

Л. А. Растрюгин. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ, СИСТЕМЫ, СЕТИ... М.: Наука, Главн. ред. физ.-мат. лит., 1982, 224 с., ц. 40 к.

Потребность в вычислениях, быстрых и точных, привела человечество к созданию электронно-вычислительных машин (ЭВМ), само название которых, казалось бы, отражает их основную функцию. Однако так было лет 15—20 назад, а в настоящее время вычисления — лишь один из видов перерабатываемой с помощью ЭВМ информации. Именно поэтому в книге Л. А. Растрюгина на первых же страницах обсуждается понятие информации, оперировать которой без ЭВМ человечество сегодня уже не может.

Автор описывает те функции, которые могут выполнять современные ЭВМ — от микрокалькуляторов до мощных вычислительных сетей, объединяющих сотни ЭВМ; напоминает о том, чем отличалось одно поколение ЭВМ от другого; посвящает читателя в такие необходи-

мые для современного пользователя ЭВМ понятия, как языки программирования, программное обеспечение ЭВМ и т. д. Все это сопровождается многочисленными остроумными приемами, которые помогают живо представить себе и возможности современных компьютеров, и «этикет» общения с ними.

Далее, проследившая динамику развития вычислительной техники, автор знакомит читателей с вычислительными системами, которые, оставаясь столь же универсальными, как обычные ЭВМ, имеют еще и очень четкую ориентацию на круг определенных задач.

Однако такие многопроцессорные вычислительные системы, при всех их несомненных достоинствах, не лишены недостатков. В первую очередь, это ограниченная мощность и недоступность информации, заложенной в других ЭВМ. Соединив отдельные ЭВМ и системы каналами связи, эти трудности можно преодолеть. Однако уже появились задачи, которые «не по зубам» и таким вычислительным сетям. Что же дальше? На этой ноте автор и оставляет читателя, лишь слегка намечая пути развития вычислительной техники. Книга написана очень живо и увлекательно.

Биология. Охрана природы

С. И. Никонов. ПЕРЕДНИЙ МОЗГ И ПОВЕДЕНИЕ РЫБ. Эколого-эволюционный и прикладной аспекты исследования. М.: Наука, 1982, 208 с., ц. 2 р. 40 к.

Не стоит доказывать, сколь велико значение исследования биологических ресурсов Мирового океана, дающих человечеству около 20% всех потребляемых им белков животного происхождения. Как отмечается в предисловии, «особое место в этих исследованиях занимают вопросы изучения центральной нервной системы (ЦНС) в связи с поиском путей управления поведением и ориентацией рыб с целью рационального ведения рыбного хозяйства».

Монография состоит из пяти глав. Четыре первых посвя-

щены различным аспектам изучения центральной нервной системы рыб. Пятая обобщает материалы о реакциях центральной нервной системы рыб на загрязнение водной среды. Экспериментальные данные анализируются с точки зрения того, как использовать реакции нервной системы рыб для биологического тестирования качества водной среды. Данное направление представляет интерес в плане биологического мониторинга окружающей среды и ее охраны.

Книга обобщает широкий литературный материал и собственные экспериментальные работы автора. Наряду с прикладным и эколого-природоохранным аспектом представляют интерес новые теоретические положения о факторах эволюции центральной нервной системы рыб на ранних этапах их эволюционного развития.

Монография представляет значительный интерес не только для зоологов, физиологов и экологов, но и для специалистов по аквакультуре и рыбоводству; она может принести существенную пользу исследователям, студентам и преподавателям в этих областях.

Океанология. Охрана природы.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОСИСТЕМЫ БЕРИНГОВА МОРЯ. Под ред. Ю. А. Израэля. Л.: Гидрометеоиздат, 1983, 160 с., ц. 1 р. 20 к.

В августе 1977 г. на борту советского научно-исследовательского судна погоды «Волна» проходила I советско-американская экспедиция в Берингово море, во время которой велись комплексные гидрологические, гидрохимические и гидробиологические работы. Впервые для Баренцева моря довольно широко исследовалось содержание и распространение в водной толще, планктоне и в атмосфере над океаном микроэлементов, металлов и углеводородов, в том числе низкомолекулярных и бенз(а)пирена. Экспериментальные материалы, полученные советскими и американскими учеными, и легли в основу монографии, подготовленной в рамках

советско-американского соглашения по сотрудничеству в области охраны окружающей среды.

По заключению участников экспедиции, сравнение полученных данных с материалами исследований в других районах Мирового океана в целом свидетельствует о благоприятной экологической обстановке в этом бассейне. Книга представляет интерес для гидрологов, геохимиков, гидробиологов и морских экологов.

География. Охрана природы

Э. Манн-Боргезе. ДРАМА ОКЕАНА. Пер. с англ. В. Л. Быкова. Л.: Судостроение, 1982, 176 с., ц. 5 р. 90 к.

Прежде всего несколько слов об авторе. Элизабет Манн-Боргезе — дочь известного немецкого писателя Томаса Манна. Являясь председателем Совета планирования Международного океанического института на Мальте, она имеет самое непосредственное отношение к проблемам Мирового океана. Именно этим объясняется ее заинтересованность судьбой океанов и эмоциональный тон повествования. Она не только ученый, но и писательница. Поэтому в ее книге столь удачно сочетаются научная компетентность и литературный талант.

Содержанием «драмы» является зарождение и развитие океанских бассейнов, возникновение жизни в океанах и распространение ее на сушу, воздействие человека на океанскую среду, будущее океанов. В соответствии с выбранной литературной формой в книге присутствуют сцена с геофизическими и биологическими декорациями и актеры — все те, кто пользуется океанскими пространствами и его ресурсами.

Автор рассматривает историю развития различных областей человеческой деятельности и ее все возрастающее отрицательное воздействие на жизнь океанов: истощение рыбных богатств в результате хищнической добычи, загрязнение океанов при авариях и нормальной эксплуатации судов, а также при добыче полезных ископаемых.

мых на шельфе, сброс сточных вод прибрежными городами и т. п. Загрязнение океанов приобретает особо опасный характер в связи с развитием атомного судоходства и атомной энергетики. Зловещую угрозу представляет гонка вооружений. Война, как пишет Э. Манн-Борге-зе,— самый опасный из всех загрязнителей.

Острый драматизм настоящего момента заключается в том, что человек должен сам выбрать направление, по которому будут развиваться его взаимоотношения с океаном. Если сохранятся отношения конфронтации и экономической конкуренции государств, то это приведет к необратимому загрязнению океана. С прямой ученого автор предупреждает, что под угрозой находится и вид *Homo sapiens*.

Другое возможное направление развития связано с установлением новых международных взаимоотношений на морях. Проблемы освоения океана имеют интернациональный и многоаспектный характер, и их решение не под силу отдельным государствам. Среди этих проблем — широкое развитие рыбоводства и марикультуры, использование энергии приливов и течений, океанское градостроительство и добыча полезных ископаемых с морского дна. Примером международного сотрудничества может служить исследование просторов Антарктиды. Океан, настойчиво напоминает автор,— общее достояние человечества и должен использоваться только в мирных целях.

География

Мурад Аджиев. СИБИРЬ: XX ВЕК. Рец.: И. И. Дуэль, В. Ф. Пузанова, Н. М. Сингур. М.: Мысль, 1983, 253 с., ц. 1 р. 80 к.

Книга интригует с самого начала. Автор — ученый-экономист и журналист — задает наивный, казалось бы, для профессионала вопрос: где начало и конец Сибири? Однако при ближайшем рассмотрении вопрос оказывается не так уж прост. Бесспорна только запад-

ная граница Сибири — Уральские горы. Восточных же границ, по крайней мере, две. Одну из них проводят географы-экономисты — по стыку двух экономических районов, Восточно-Сибирского и Дальневосточного, лишая тем самым «сибирской прописки» Якутию и Амурскую область; физико-географы проводят другую границу — ближе к Тихоокеанскому побережью, и тогда Якутия и Амурская область вновь становятся полноправными «сибиряками». Но это лишь один из парадоксов района.

Автор рисует Сибирь как центр переплетения многих человеческих, производственных, научных, культурных возможностей. Медицинские проблемы здесь становятся эколого-экономическими, а демографические сдвиги, обусловленные освоением новых территорий, можно рассматривать как один из признаков современной фазы развития биосферы Земли. Медики обнаружили, что в условиях Севера происходит перестройка работы живой клетки, приводящая к так называемому синдрому полярного напряжения, что необходимо учитывать при заселении этих мест. Не случайно одной из рассматриваемых автором проблем является разрабатываемая новосибирскими учеными программа «Человек на Севере», которая включает изучение неоднородных территорий Сибири, сложность рельефа, геохимические характеристики, влияние флоры и фауны, вирусно-бактериальных факторов — словом, всего, что способствует адаптации человека к новым условиям, конечно же, отражающейся на его трудоспособности.

Задача эта, по мнению автора, тем более важна, что в Сибири обнаружены огромные запасы угля, нефти, газа, сапропеля; есть возможности для создания в тундре высокопродуктивных лугов, которые будут обеспечивать кормовыми концентратами животноводческие комплексы центральных районов страны. Поэтому проблемы размещения новостроек, территориально-промышленных комплексов (ТПК) требуют к себе серьезного внимания. К проблеме ТПК автор обращается особо,

удачно иллюстрируя ее примером Уральско-Кузнецкого комбината.

Серьезное научное исследование в книге сменяется историческим повествованием, интересом — очерком. Автор, много путешествовавший по Сибири, сообщает о повадках птиц и зверей, об археологических открытиях в Сибири. Картина образования Байкала — водосток рек в котловину будущего озера, переполнивших ее настолько, что Ангара повернула вспять, из озера,— представлена в книге как живописная иллюстрация геологических процессов, совершавшихся миллионы лет назад.

Мозаичность повествования не лишает книгу цельности: она фокусируется в самой личности автора, который пристрасно относится к используемому им материалу, не боясь при этом собственного пристрастия.

С. С. Неретина,
кандидат философских наук
Москва

География

Лоуренс Д. Куше. БЕРМУДСКИЙ ТРЕУГОЛЬНИК: МИФЫ И РЕАЛЬНОСТЬ. Пер. с англ. К. И. Телятникова. Послесл. Л. М. Бреховских. М.: Прогресс, 1983, 351 с., ц. 90 к.

Все мы в той или иной степени наслышаны о «чудесах», происходящих в районе Атлантики, расположенном между Азорскими островами, Бермудами и Восточным побережьем США. Автор этой книги — работник библиотеки Аризонского университета — поставил перед собой задачу систематизировать ту беспорядочную и часто противоречивую информацию, которая связана с «необъяснимым исчезновением» судов и самолетов, другими загадками Бермудского треугольника.

В действительности же Л. Д. Куше удалось добиться гораздо большего. Скрупулезно проанализировав данные, имеющиеся на первый взгляд, весьма отдаленное отношение к бермудским происшествиям, он незамедлительно подводит читателя к выводу, что для объяснения катастроф, произошедших в пресловутом треугольнике, совсем

необязательно прибегать к таким сверхобычным или даже сверхъестественным доводам, как появление НЛО, гравитационные аномалии, искривление пространства и времени и т. п. Оказывается, для этого вполне достаточно и «заурядных» причин, в числе которых могут быть неустойчивые погодные условия, отсутствие или ненадежная работа средств связи и навигационного оборудования, недостаток опыта у экипажей самолетов и судов, которыми буквально кишит этот район пересечения многочисленных и весьма оживленных морских и воздушных трасс.

В книге рассмотрены 53 наиболее «таинственных» случая (от Колумба до наших дней). Для каждого из них автор сначала приводит вариант так называемой легенды, который способен, кажется, поразить и самых отъявленных скептиков, а затем излагает альтернативные варианты, как правило, подкрепленные ссылками на различные источники информации. Несмотря на обилие выдержек из документов, а может быть, именно благодаря им, книга читается с увлечением. Бесспорным достоинством ее русского издания является послесловие акад. Л. М. Брежневских, в котором рассказывается об истинных загадках океана и о проблемах, связанных с воздействием на него человека.

Книга адресована самым широким кругам читателей и, наверное, будет встречена с интересом. Ведь, как справедливо пишет автор, «в каждом из нас, по-видимому, живет затаенное желание сохранить благоговейный трепет перед явлениями, которые, как кажется, не поддаются логическому научному объяснению. Но мы же и торжествуем, когда ищем и находим рациональное решение подобных загадок».

География

Е. В. Львова. РАВНИНЫ КРЫМА. Научно-популярный очерк. Симферополь: Таврия, 1982, 80 с., ц. 80 к.

Большую часть своей жизни автор этой скромной по объему книги проработала в Кры-

му. Как геолог, Е. В. Львова преимущественно описывает геологию, строение поверхности, подземные воды. Но из книги можно узнать много интересного и о древнем заселении Крыма, об его археологических памятниках, о ранах, нанесенных природе Крыма и возможных путях их исцеления.

На фоне многочисленных работ о горном Крыме, с которыми у большинства непосвященных и ассоциируется понятие «Крым», исследований степной его части не так уж много. Ею занимались вплотную в связи с проектированием Северо-Крымского канала. В эти исследования автор книги внесла весомую долю.

Свое доскональное знание равнин Крыма, свою боль за их неразумную порчу Е. В. Львова сумела облечь в понятную, доходчивую форму.

Т. И. Устинова,
кандидат географических наук
Киев

География

К. С. Люсева. АНТАРКТИЧЕСКИЙ ЛЕДНИКОВЫЙ ПОКРОВ (история и современное состояние). Отв. ред. Г. А. Авсюк. М.: Наука, сер. «Человек и окружающая среда», 1982, 160 с., ц. 55 к.

Несколько взятых из книги цифр и сравнений: оледенением на Земле охвачено в общей сложности 16,2 млн км², и почти 90% этой площади (14 млн км²) приходится на Антарктическое покровное оледенение. Будучи крупнейшим аккумулятором влаги на суше, Антарктический ледниковый покров заключает в себе 85% всех пресных вод на Земле. Если весь лед Антарктиды, объем которого равен стоку всех рек земного шара более чем за 500 лет, равномерно распределить по поверхности планеты, она покрылась бы 50-метровым слоем льда. А если бы этот лед растаял, то океан, уровень которого поднялся бы на 60—70 м, затопил почти 10% суши. Под водой оказались бы крупнейшие города и целые страны, расположенные на прибрежных низменностях. Полностью рас-

таяв в море, антарктический лед понизил бы среднюю температуру воды в океане на целых 2°, между тем как понижение температуры океана всего на 0,001° способно изменить температуру воздуха у поверхности Земли на 1°.

Приведенные величины и сравнения показывают, насколько важна роль Антарктического ледникового покрова в формировании лика нашей планеты, ее климата, ее водного баланса, как велико влияние Антарктиды на все элементы в системе «суша — океан — атмосфера — оледенение».

В книге рассказывается об истории изучения Антарктиды, о которой еще в начале нашего века было известно так мало и где теперь круглый год работает несколько десятков научных станций, о результатах гляциологических исследований этого ледяного континента, о связанных с Антарктидой научных и практических задачах.

Этнография

Ю. Е. Березкин. ДРЕВНЕЕ ПЕРУ. Новые факты — новые гипотезы. Рец. Р. В. Кинжалов. М.: Знание, 1982, 64 с., ц. 20 к.

Индейцы Южной Америки очень просто отвечали на вопросы, как появились небо, земля, животные и растения: раньше было все то же, что сейчас, только наоборот. Небо было внизу, а земля наверху. А кроме того, «люди превращались в животных и птиц, а животные и птицы — в людей. Из тела умершего ребенка выросла кукуруза, а из нее боги сделали первые человеческие существа. То, что было соединено, разделилось на части, находившееся вертикально — упало, океан наполнился водой из разбитого кувшина, а горсть земли, добытая со дна моря, стала сушей».

Автор посвятил книгу культуре индейцев Анд, которые жили в разнообразных природных условиях: от сухих субтропиков в долинах до высокогорной тундры. Жизнь их была сосредоточена вдоль рек и ручьев. Государство инков к моменту испанского завоевания занимало огромную территорию

— от нынешней Южной Колумбии до Центрального Чили.

В книге рассказывается об идолах и харамах на берегах Титикаки, до сих пор являющихся загадкой для ученых, о культуре племен майя, наска, паракас и др., межплеменной борьбе, приведшей к созданию многих мифологических сказаний. Культурные растения и плодородие полей, обитатели вод и рыбная ловля, человеческие жертвоприношения — эти три темы звучали в искусстве индейцев, отражая обрядовую и хозяйственную практику. Быть принесенным в жертву считалось почетным: убитого ожидала завидная судьба в ином мире, а в глазах соплеменников сам процесс жертвоприношения содействовал мировой гармонии, уравновешиванию стихий и умиротворению богов.

Книга иллюстрирована репродукциями масок, сосудов, прорисовками изображений различных божеств и воинов.

Этнография

Ю. В. Ионова. ОБРЯДЫ, ОБЫЧАИ И ИХ СОЦИАЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ В КОРее. Середина XIX — начало XX в. Отв. ред. Р. Ф. Итс. М.: Наука, Гл. ред. вост. лит., 1982, 232 с., ц. 1 р. 30 к.

Это первая попытка в нашей литературе не только дать историко-этнографическое описание корейских обрядов, но и раскрыть их социальные функции, диктовавшиеся сословно-иерархическим строем феодальной Кореи.

Автор характеризует обряды и обычаи, связанные с отношением человека к природе, календарю и трудовой деятельности и несущие на себе следы древних верований: даосизма, буддизма и конфуцианства. Так, например, согласно старым обычаям, в Корею до недавнего времени сосуществовали четыре системы летосчисления: по 60-летним циклам, по времени

правления китайских императоров, по времени правления корейской династии Ли и по годам царствования корейских ванов. Сутки делились на 12 частей и начинались с 11 часов вечера. Промежутки, равные 2—3 европейским часам, носили названия животных: час мыши, быка, тигра, зайца, дракона, змеи, лошади, овцы, обезьяны, курицы, собаки, свиньи. Каждый «животный» знак символизировал также 12 «земных ветвей» (лет).

Автор описывает обрядовую практику многих профессий, в частности врачебной. Раньше этим искусством, как правило, занимались младшие дети чиновников или наложниц. В Сеуле были и женщины-врачевательницы.

Обряды, по мнению автора, выполняли важную регулятивную функцию социального общения и поведения.



Охрана природы

Издания Советского комитета по программе ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (МАН)

Проблемы сохранения и рационального использования ресурсов биосферы актуальны для любого уголка нашей планеты, в связи с чем общепризнана необходимость разностороннего международного сотрудничества в области охраны окружающей среды. Именно поэтому большую популярность и широкое признание среди ученых разных стран завоевала долгосрочная программа ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (МАН). К десятилетнюю программу, которое отмечалось в 1981 г., уже свыше 1000 различных научно-иссле-

довательских проектов осуществлялось в странах — членах ЮНЕСКО, из них около 1/4 — в Советском Союзе и странах социалистического содружества. Результаты совместных исследований и обмена опытом регулярно обсуждаются на конференциях комитетов МАН социалистических стран: в 1977 г. — в СССР, в 1979 г. — в ПНР, в 1981 г. — в ВНР, в 1983 г. — в ГДР.

За прошедшие годы Советский комитет совместно со Всесоюзным институтом научной и технической информации ГКНТ и АН СССР подготовили и издали несколько научных сборников: «Программа «Человек и биосфера» в странах социализма» (М., 1979), «Интеграция наук в программе «Человек и биосфера»» (М., 1981), «Прикладные аспекты программы «Человек и биосфера»» (М., 1983); общий объем этих изданий — 48 печатных листов. Рассчитанные на биологов, географов, экологов

и других специалистов, работающих в области охраны окружающей среды, сборники освещают актуальные вопросы охраны биосферы и рационального использования природных ресурсов, а также практический опыт решения этих проблем в связи с осуществлением проектов программы «Человек и биосфера» в СССР и других социалистических странах.

Советский комитет опубликовал также два выпуска справочника «Развитие программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (МАН) в СССР». В первом из них (М., 1981) представлены всеосюзные проекты, во втором (М., 1983) — программы МАН союзных республик.

Названные сборники и справочники могут быть высланы наложенным платежом по запросам организаций и индивидуальных читателей. Запросы направлять по адресу: 117312, Москва, ул. Ферсмана, 13, Советский комитет МАН.

Теоретические основания линеаментации

П. В. Флоренский,
кандидат
геолого-минералогических наук
Москва

Космические снимки широко используются в геологии. Настолько широко, что возникла иллюзия простоты их обработки: теперь каждый геолог, взяв в руки любой снимок, решительно его «дешифрирует». В «Природе» уже рассказывалось о принципах дешифровки кольцевых структур¹. Но еще более модно выделять линеаменты (линейные структуры) и строить их схемы. Опираясь на личный опыт и опыт коллег, накопленный за последние десять лет, мы решили внести свой вклад в теорию линеаментации (дешифрирования линеаментов) на космических снимках. В основе этой теории лежит система, состоящая из трех логических определений, трех всем понятных аксиом и вытекающих из них следствий, которые, несомненно, очевидны.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Линеаментом называется любое видимое на космическом снимке почти прямое нечто, происхождение которого дешифровку неясно. Отсутствие сведений о природе линеамента придает ему специфическое зна-

чение. Линеамент известного генезиса называется разломом, шоссе и т. д. и к истинным линеаментам отношения не имеет.

Параллельными считаются линеаменты, азимуты простирания которых отличаются один от другого менее чем на 45° . Желательно, чтобы два параллельных линеамента не пересекались на схеме более одного раза.

Ортогональную (перекрестную) систему образуют линеаменты, пересекающиеся под углом больше 45° . Считается общеизвестным, что ортогональная система линеаментов одновозрастна и обусловлена единой причиной. По аналогии с термином «радиально-кольцевые структуры» можно применять термин «ортогонально-параллельные линеаменты».

АКСИОМЫ И СЛЕДСТВИЯ

Аксиома 1. Через две любые геологические точки на космическом снимке можно проводить линеамент.

Очевидные следствия:

1.1. Так как снимок содержит много геологических точек, то через любую точку всегда можно провести достаточное число линеаментов.

1.2. Совершенно необязательно искать повод для проведения линеамента — соответствие трещине, реке или «проблематичной» линии. Традиционно принято проводить линеамент параллельно рамке снимка, железной дороге, помехе на теле-

визионном изображении или просто там, где, кажется, он есть.

1.3. Целесообразно проводить широкий линеамент или линеаментную зону. Желательно, чтобы ширина такой зоны не превышала ее длины.

1.4. Линеамент удобно ориентировать на какую-либо особенность вне пределов снимка, которая уверенно толкуется как «предопределенная» данным линеаментом». Подобной особенностью может быть изгиб реки, очень удобны вулканы и проблематичные кольцевые структуры. На «продолжение» линеамента допускается отклонение (пропорционально масштабу снимка) на 0,1, 1, 10 км и т. д.

1.5. Если особенность все же не попадает на линеамент, то это означает, что или линеамент проведен неверно (в случае чужих схем) или (в случае схемы собственной) установлено смещение свода структуры.

Аксиома 2. В любом районе по космическому снимку выделяются четыре направления линеаментов ($\pm 22,5^\circ$, конечно).

Очевидные следствия:

2.1. Линеаменты промежуточных простираний, как правило, отклонены глубинным фактором. Их целесообразно относить к разным системам. Места отклонения линеаментов и их пересечения указывают на погребенную интрузию, рифы или мантийные диапри.

2.2. Если одни линеаменты пересекают другие, то первые моложе или, наоборот, старше.

2.3. Чем шире или длиннее линеамент, тем он глубже

¹ Скобелев С. Ф., Флоренский П. В. — Природа, 1982, № 11, с. 127.

заложен. Нас не должно смущать то, что пропорциональность возраста линеамента его длине вызывает чувство неосознанной тревоги у рецензентов.

Аксиома 3. Всякая схема дешифрирования, построенная другим линеаментатором, субъективна и требует наземной проверки.

Очевидные следствия:

3.1. Линеаменты, нарисованные самим автором, в проверке не нуждаются, что позволяет не ссылаться на работы коллег и предшественников (кроме Хоббса, 1904).

3.2. Схемы, построенные с помощью машинной обработки, объективны. Объективность тем выше, чем сложнее и дороже применяемая аппаратура. Явное предпочтение отдается импортной. Впечатляет благо-

дарность в статье соседу по даче, предоставившему ЭВМ, имеющуюся только в известном физическом институте.

3.3. Отсутствие проверки не может препятствовать публикации. Неподтверждаемость линеамента является доказательством его важности или «глубинного заложения» чего-нибудь.

Линеаментаторы, уже давно стихийно опирающиеся на сформулированные выше аксиомы, легко доказывают, что линеаменты сгущаются в городах и разрежаются в озерах. Они создают смелые и неопровержимые гипотезы (мы не сказали «новые», ибо сейчас уже трудно придумать новые гипотезы происхождения линеаментов). Кстати говоря, для построения особо смелых схем вредно знать что-нибудь о геологии данного райо-

на, а при разработке глобальных идей — геологию вообще: это приземляет подсознание. «Любая фундаментальная теория происхождения линеаментов в доказательстве не нуждается» (Вейс, 1974).

Развивая линеаментацию, вы не должны смущаться тем, что слушатели, рецензент или, что несколько более опасно, оппонент могут вас «неправильно понять». Тем не менее, желая уберечь всех, кто причастен к развитию линеаментации, включая автора и его друзей, мы воздержались от ссылок на публикации и выступления, что, возможно, несколько снизило академичность изложения. Впрочем, ссылаться лишь на свои статьи, игнорируя работы предшественников (кроме Хоббса, 1904) и коллег, — тоже традиция линеаментаторов.

В номере использованы фотографии: БОЖАНСКОГО А. Т., КУЧЕНОВОЙ Г. Г., МИНЮШИНА Ю. П., СЕДЛЕЦКОГО В. И., СЕМЕНОВА Д. В., ТУМАНОВА Ю. А., УХТОМСКОГО Д. Д., ШАРАЯ Н. А. и НАСА (США)

Художник П. Г. АБЕЛИН
Художественные редакторы
Л. М. БОЯРСКАЯ, Д. И. СКЛЯР
Корректоры:
Т. Д. МИРЛИС, М. Б. РЫБИНА

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

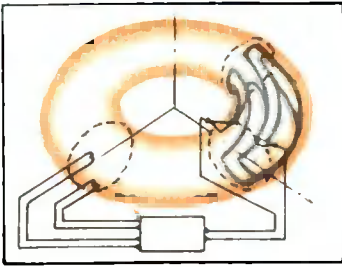
Сдано в набор 3.06.83
Подписано к печати 11.07.83
Т-09590
Формат 70×100 1/16
Офсет
Усл.-печ. л. 10,32
Усл. кр.-отт. 15739 тыс.
Уч.-изд. л. 15,3
Бум. л. 4
Тираж 58870 экз. Зак. 1549



— 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.

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

В следующем номере



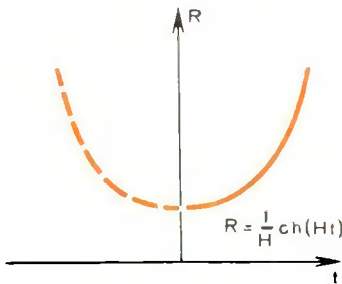
В результате исследований последних лет удалось создать достаточно надежные системы, которые обеспечат равновесие и устойчивость плазмы в термоядерных установках будущего.

Самойленко Ю. И., Чуянов В. А. Автоматическое управление плазмой в магнитных ловушках.



Современная теория научной перспективы, примененная к произведениям изобразительного искусства, в частности к изображению интерьера, должна учитывать работу мозга при зрительном восприятии.

Раушенбах Б. В. «Закон сохранения ошибок» в изобразительном искусстве.



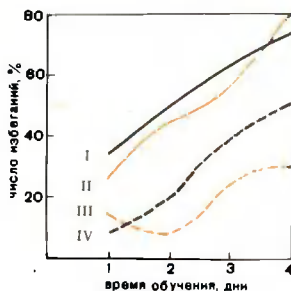
Современная космология развивается в двух направлениях. Одно включает детальное исследование ближайших к нам областей Вселенной с использованием новейших математических идей — теории катастроф, перколяции и синергетики. Другое изучает все более далекое прошлое, условия, никогда не исследовавшиеся в лаборатории, поэтому применяет теории, пока не полностью обоснованные. И хотя космология еще продолжает развиваться, определенная ее часть — теория «Большого взрыва» — сегодня уже сформировалась окончательно.

Зельдович Я. Б. Современная космология.



Анализ рельефа позволил выявить участки высокой сейсмической опасности в горах Средней Азии. В некоторых из них в последующие годы произошли сильные землетрясения.

Барлас В. Я., Ранцман Е. Я. Где может произойти землетрясение?



Изучение гормонов гипофиза как регуляторов памяти проливает свет на некоторые стороны механизма памяти — одного из самых сложных явлений психической деятельности.

Каменский А. А., Титов С. А. Гормоны гипофиза — регуляторы памяти.



Цена 80 коп.
Индекс 70707