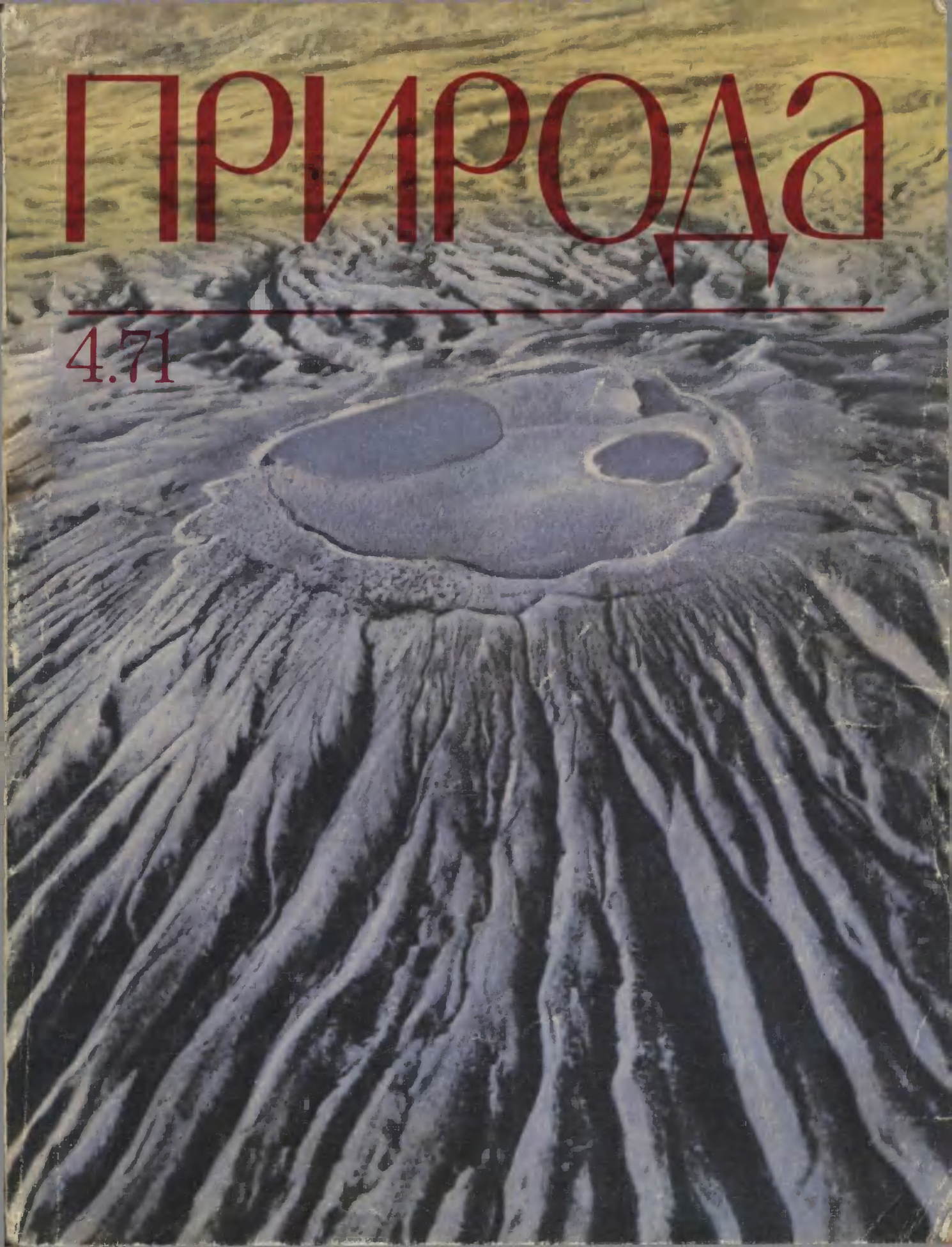


ПРИРОДА

4.71



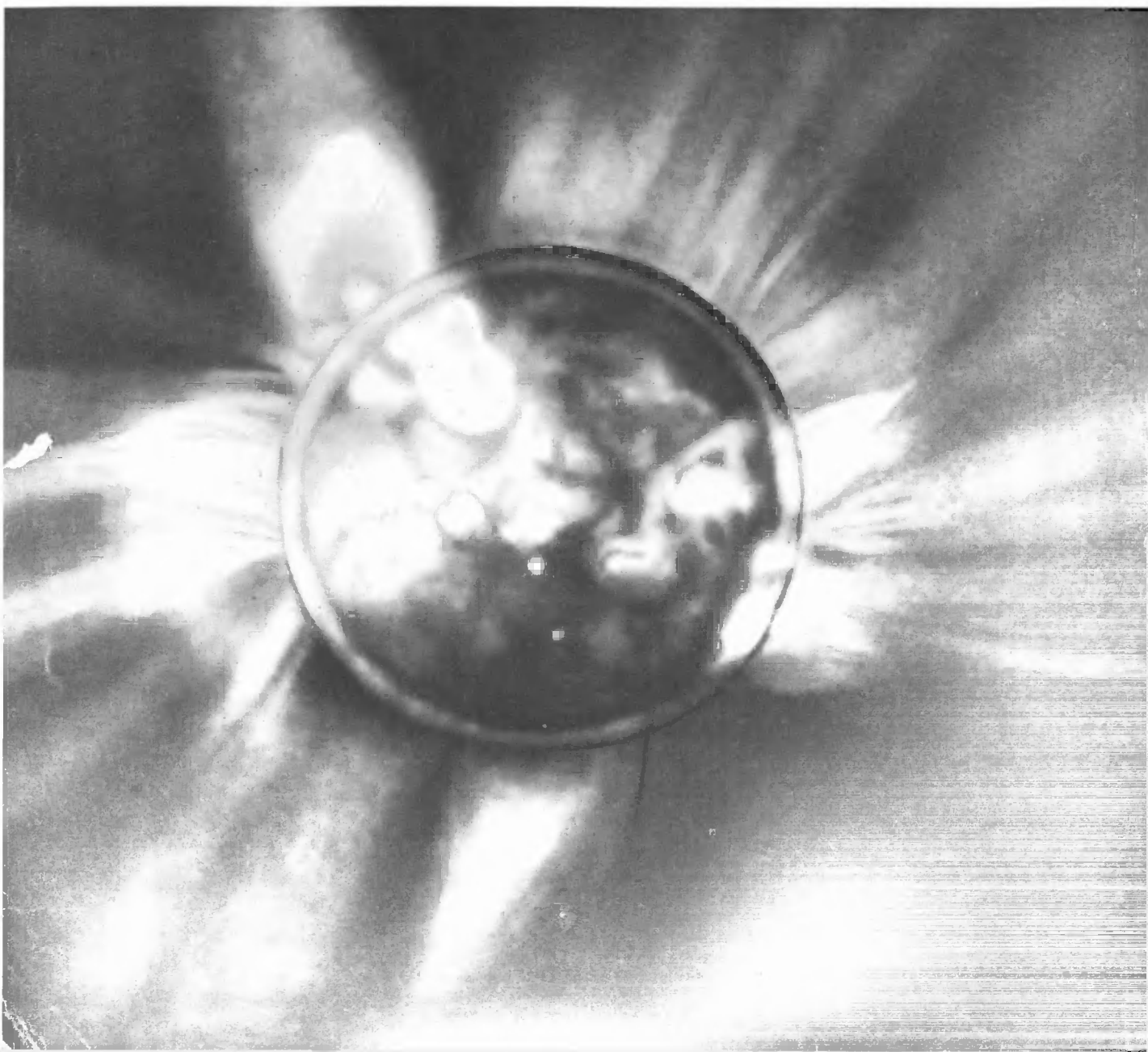
Ежемесячный
популярный
естественнонаучный
журнал
Академии наук СССР

ПРИРОДА

Основан в 1912 году



Издательство
«Наука»
Москва



Главный редактор
академик
Н. Г. БАСОВ

Доктор физико-математических наук
Е. В. АРТУШКОВ

Зам. главного редактора
академик
Б. Л. АСТАУРОВ

Доктор биологических наук
А. Г. БАННИКОВ

Академик
А. И. БЕРГ

Академик
А. П. ВИНОГРАДОВ

Зам. главного редактора
доктор физико-математических наук
В. М. ГАЛИЦКИЙ

Член-корреспондент АН СССР
Б. Н. ДЕЛОНЕ

Доктор физико-математических наук
С. П. КАПИЦА

Академик
Б. М. КЕДРОВ

Академик
И. К. КИКОИН

Член-корреспондент АН СССР
В. Л. КРЕТОВИЧ

Доктор физико-математических наук
Б. В. КУКАРКИН

Доктор философских наук
Г. А. КУРСАНОВ

Академик
К. К. МАРКОВ

Доктор философских наук
Н. Ф. ОВЧИННИКОВ

Академик
В. В. ПАРИН

Ответственный секретарь
В. М. ПОЛЫНИН

Зам. главного редактора
доктор геолого-минералогических наук
Ю. М. ПУЩАРОВСКИЙ

Доктор биологических наук
А. К. СКВОРЦОВ

Доктор геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ

Зам. главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ

Доктор биологических наук
К. К. ФЛЕРОВ

Академик
Г. М. ФРАНК

Член-корреспондент АН СССР
В. Е. ХАИН

Академик
Н. В. ЦИЦИН

Доктор географических наук
Л. А. ЧУБУКОВ

Академик
В. А. ЭНГЕЛЬГАРДТ

Доктор биологических наук
А. В. ЯБЛОКОВ

Оформление П. Г. АБЕЛИНА
Художественный редактор Д. И. СКЛЯР
Корректоры: Ю. И. ГЛАЗУНОВА,
Т. Д. МИРЛИС

Адрес редакции: Москва, Ж-127,
ул. Осипенко, 52, тел. 231-76-80, 231-71-60

Подписано к печати 24/III-1971 г. Т-06106

Формат бумаги 84×108^{1/16}

Уч.-изд. л. 17,8. Усл. печ. л. 13,44.

Бум. л. 4. Тираж 49 000 экз. Зак. 1754

2-я типография издательства «Наука»
Москва Г-99, Шубинский пер., 10

Марксистско-ленинская теория
познания и современная наука.
П. В. Копнин

Человек в космосе: физиология
и психология. В. В. Парин,
И. М. Хазен,
Ф. П. Космолинский

Некоторые итоги и перспекти-
вы космофизических исследо-
ваний. М. Я. Маров

Изучение биогеоценозов пела-
гиали океана.
М. Е. Виноградов

Границы биологии. Ж. Моно
Магнеты — нарушители магнит-
ного порядка. М. И. Каганов

По богатству недр океан усту-
пает суше. Е. А. Величко

Болота в биогеоценологиче-
ском аспекте. Н. И. Пьявченко

ДИСКУССИИ

Что такое «понимание» в тео-
ретической физике? В. Гейзенберг

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

Сосуществовал ли австралопи-
тек с Homo sapiens?
Наш комментарий.
В. П. Алексеев

Огненное извержение Келаны.
Ф. А. Матанов, И. С. Атакишиев
Брачный «танец» сибирского
углозуба. О. В. Григорьев

ЭКСПЕДИЦИИ

Геохимические парадоксы эква-
ториальной Африки.
В. В. Добровольский

ОЧЕРКИ

Если бы не пауки...
Г. Гаудекер 94

По поводу статьи Г. Гаудекера
«Если бы не пауки...»
С. А. Безр 97

ЗАМЕТКИ, НАБЛЮДЕНИЯ

Тевяк в Белом море.
А. Г. Белобородов 99

Аномальное цветение лещины.
Г. К. Коваль 100

НОВОСТИ НАУКИ

КНИГИ

Портрет ученого
Л. С. Абрамов 111

Развитие работ Н. И. Вавилова
о происхождении культурных
растений. Ю. П. Лаптев 113

Выдающееся исследование по
генетике человека.
В. П. Алексеев 115

Феномен времени.
В. К. Шапоров 118

Новые книги 77, 112, 119

РЕДАКЦИОННАЯ ПОЧТА

КАЛЕНДАРЬ ПРИРОДЫ

Покрытие звезды β Скорпиона
Юпитером 13 мая 1971 г.
М. М. Дагаев 125

В КОНЦЕ НОМЕРА

Три женщины в жизни Майкла
Фарадея. Ф. К. Величко 126

На первой странице обложки. Кратер грязе-
вого вулкана Котурдаг (Азербайджан). Видны
потоки изливающейся сопочной брекчии. См.
статью Ф. А. Матанова и И. С. Атакишиева
«Огненное извержение Келаны», стр. 80.

На второй странице обложки. Фотография
Солнца в рентгеновских лучах, наложенная на
фотографию короны в белом свете. К за-
метке «Фотографии Солнца в рентгеновских
лучах», стр. 103.

На четвертой странице обложки. Ловчие нити
паук смазывает клейкой жидкостью, распро-
деляя ее равномерными капельками. См.
очерк Г. Гаудекера «Если бы не пауки...»,
стр. 94.

Фото И. Д. Невелова

При перепечатке ссылки на журнал «ПРИРОДА»
обязательна.

Марксистско-ленинская теория познания и современная наука

Член-корреспондент АН СССР П. В. Копнин



Павел Васильевич Копнин, академик АН УССР, директор Института философии АН СССР. Работает над проблемами диалектики как логики и теории познания, методологии и логики науки. Основные работы: Диалектика как логика. Киев, 1961; Введение в марксистскую гносеологию. Киев, 1966; Логические основы науки. Киев, 1968; Философские идеи Ленина и логика. М., 1969.

Философия и наука

Видимо, никогда еще в философии так широко не обсуждалась проблема науки, как в настоящее время. Нет ни одного направления в философии, которое бы не высказывало с большим интересом и, можно сказать, пристрастием своего отношения к феномену науки, не строило концепции развития науки и ее влияния на судьбы человечества.

Все более широкое распространение в кругах буржуазных мыслителей находит концепция строгого отделения философии от науки. Так, швейцарский психолог Жан Пиаже полагает, что философия должна остаться мудростью, рефлексией о тотальности мира, но ни в коем случае не быть системой научного знания, опирающейся на факты и их научное осмысление. Философия без науки, считает Ж. Пиаже, — вот настоящая философия, выступающая координатором человеческих ценностей.

Построить философию на знании, не только идущем вне науки, но и даже противоположном ему — это одна из идей современного экзистенциализма, некоторые представители которого в качестве первичного выдвигают донаучный опыт переживания мира. Наука не способна обеспечить постижение подлинной сути вещей, ибо сама сконструирована на основе переживания мира, по отношению к которому она вторична.

Отделение философии от науки — это не только теоретическая рефлексия, но одновременно и практика движения буржуазной философской мысли. Действительно, построения различных направлений буржуазной философии не выдерживают строгих

требований научного мышления, и — как оправдание ее несостоятельности перед лицом науки — возникает теория неизбежного обособления философии от науки. Позитивизм сводит философию к логике науки, к логическому анализу ее языка, а собственно философские проблемы выводит за пределы научного знания, в область веры. Тем самым философия, за исключением формально логической проблематики, отделяется от науки и противопоставляется ей.

В качестве теоретического обоснования обособления философии от науки нередко выступает концепция опасности сциентизма, опирающаяся на узкое, извращенное понимание самой науки. В представлении зарубежных теоретиков наука понимается очень узко: как позитивная наука, имеющая дело с интерпретацией фактов, допускающей эмпирическую верификацию¹. В таком случае наука — это система процедур, манипуляций с фактами на основе логического аппарата, укладывающегося в рамки современной формальной логики. При этом из науки изгоняется человечески ценностный подход к изучаемому объекту.

В таком случае наука перестает быть формой общественного сознания, в результате чего не только философия, но и теоретическая физика, биология и т. п., взятые во всем объеме их содержания, по существу, выпадают из понятия науки. Узкое понятие науки как упорядоченной по определенным логическим правилам системы фактов — абстракция, кото-

¹ Верификация (от франц. vérification) — свидетельство, удостоверение в подлинности.

рая не обнимает всего богатства научной мысли и, в сущности, не способствует пониманию, даже с теоретико-познавательной и логической стороны, феномена науки, не говоря уже о ее других аспектах.

Нетрудно заметить, что изоляция философии от науки приводит к изгнанию философии из науки. И это понятно, если философия и наука чужды друг другу, выступают по отношению друг к другу инородным телом. «Очищение» науки от мировоззренческих идей выдается за средство ее развития. При этом философию пугают наукой, которая якобы все подчиняет себе и стремится целиком заполнить общественное познание, изгнав из него все ценностно человеческие идеи, ставя перед философией в качестве конечной цели создание алгоритма, по которому может действовать машина. А науку, наоборот, страшат философией, для которой якобы чуждо стремление к знанию, обладающему объективной истинностью, доказательностью и проверяемостью.

Марксизм покончил с противопоставлением философии и науки, ибо саму философию стал понимать как систему научного знания, имеющую свой предмет и метод его теоретического постижения. Философия возникла и развивалась как учение о бытии, его принципах и существенных определениях. Она никогда не довольствовалась и не будет довольствоваться тем, что доступно эмпирическому знанию действительности, ибо стремится проникнуть в скрытую от эмпирии сущность. Философия, являясь всеобъемлющим знанием, вырабатывает всеобщий метод движения знания к объективной истине. Философия всегда старалась отделить себя, с одной стороны, от божественной мудрости, а с другой — от знания, касающегося отдельных явлений, вещей и отношений.

Марксистско-ленинская философия дает научное мировоззрение, которое продуктивно работает в движении знания, выступает, иногда незримо, фактором, который существенно сказывается в самые критические моменты развития науки, когда остро встает вопрос о новых идеях и теоретических построениях.

Развитие философии в лоне науки отнюдь не означает потерю специфики философского знания, его предмета и метода, особого места и роли философии среди других областей научного знания и даже форм сознания вообще. Подчеркивая мысль, что философия — одна из форм научного знания, необходимо решительно выступать против пренебрежительного отношения к ней, против тех, «которые, — как говорил Гегель, — не занимались ею, воображают, что без всякого изучения они понимают, как обстоит дело с философией, и что, получив обыкновенное образование и опираясь, в особенности, на религиозное чувство, они могут походя философствовать и судить о философии»¹. К сожалению, такого рода легкое отношение к философии, как к чему-то доступному, понятному, не требующему специальных знаний и подготовки, еще окончательно не изжило себя.

Материалистическая диалектика как метод и теория современного научного знания

В процессе развития человеческого знания менялись не только философия и различные специальные науки, но и само взаимоотношение между философией и этими науками. Каждая философская система, посвоему осозная мир, стремится оказать влияние на это движение, на различные элементы культуры и, в частности, на ход научного знания. Воздействие на ход развития научного знания философия в современных условиях может оказать как мировоззрение, реализуемое в виде метода и теории познания. Служить поставщиком готовых естественнонаучных идей философия ныне уже не может: последние рождаются в недрах тех или иных наук.

Процесс теоретического мышления становится все более сложным, состоящим из множества компонентов. В понятийном аппарате, которым оперирует современная наука, можно выделить два слоя: 1) понятия, относящиеся к специальным областям

знания; 2) понятийный аппарат логического мышления. Последний в свою очередь можно разделить, с одной стороны, на формально-логический, который очень часто в конкретных естественнонаучных теориях выступает в форме математического формализма, и с другой — на категории философии.

Новые идеи в науке возникают в результате теоретического синтеза, который в качестве своего момента содержит категории философского мировоззрения, выступающие как метод научно-теоретического мышления. В этом смысле философия продолжает оставаться источником новых научных идей, а материалистическая диалектика — «единственным, в высшей инстанции, методом мышления...»¹.

Говоря о требованиях, которые предъявляет наука к современной философии, нельзя пройти мимо тех огромных, поистине революционных изменений в научном понимании, которые поставили вопрос о дальнейшем развитии и совершенствовании философского метода мышления. Мы остановимся только на тех изменениях, которые непосредственно касаются логико-гносеологических проблем.

Изменился взгляд на ценность и роль наглядного образа в науке, а вместе с этим началось бурное развитие систем искусственного языка, далеко уходящего от наглядности. Язык расщепился на два элемента: наряду с естественным языком, на котором, с известными дополнениями, выражаются результаты эмпирических наблюдений, возник искусственный, формализованный язык. В роли последнего стала выступать математическая символика, служащая орудием создания теоретических конструкций.

Произошла переоценка роли опыта и теоретического мышления в получении новых результатов. Конечно, опыт был и остался источником новых научных идей. Но теория — не простая трансформация опытных данных, а синтез, в котором все большее значение приобретает теорети-

¹ Гегель. Соч., т. 1, стр. 21.

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 528.

ческое мышление, дающее начало новым теориям.

Математизация и формализация знания, стремление окончательно покончить с интуитивным моментом в нем стали фактом. Но одновременно с этим существует другая тенденция — включение этого интуитивного момента в качестве основного средства движения к новым теоретическим построениям. Конечно, знание все больше стремится к логической строгости, одним из элементов которой является формализация. Остановить это движение нельзя, и в этом нет никакой необходимости, но в то же время наука нуждается в выходах из-под жесткой деспотии формально-логической дедукции, в скачках, движениях мысли к принципиально новым результатам, в смелом выдвижении идей, концепций, не находящихся в настоящее время строгого логического обоснования. Без этого наука не может успешно развиваться.

Обрастание ткани науки понятиями и терминами, носящими инструментальный характер, направленными непосредственно не на изучаемый объект, а на само знание о нем, созданное метатеорией и метанаукой.

Стремление к созданию фундаментальных теорий, синтезирующих знание из различных областей науки. Современная наука в своих теориях вдруг обнаруживает неожиданные связи между явлениями, которые, казалось бы, по природе своей ничего общего не имеют. Отсюда возникновение новых понятий и методов, таких как информация, моделирование и т. п., имеющих значение для познания объектов, входящих в поле зрения разных наук, объединяющих явления природы, общества и человеческого сознания.

Крушение «здорового смысла», опирающегося на ограниченный опыт предшествующего знания, дальнейшее погружение в область парадоксальных и «хитроумных» утверждений и построений, противоречащих, казалось бы, не только здравому смыслу, но разумно понимаемой действительности вообще.

Тенденция к расчленению изучаемого объекта на простейшие структуры и отношения, сочетаемому с системным анализом.

Возрастание роли категории «вечность» в понимании как самой объективной реальности, так и нашего знания о ней.

Эти и некоторые другие изменения в науке выдвинули много философских проблем, обнаружили недостаточность прежнего аппарата анализа знания и побудили к поискам новых систем и логических средств. Больше того, они создали в науке такую ситуацию, когда без логико-гносеологического анализа в ней понятий, теорий не может двигаться вперед и сама наука. В качестве ярчайшего примера этого положения служит возникновение и разработка проблемы обоснования математики, которая появилась не в качестве логической роскоши, а как необходимый этап в развитии самой математики, ее проблематики. Сейчас можно видеть, что и в других областях знания все острее встает вопрос об анализе понятий, теорий и методов наук.

Если В. И. Ленин остро ставил вопрос о необходимости логико-гносеологического анализа данных революции в естествознании, когда она еще только началась, то тем более важно это сейчас, когда революция в науке вызвала изменения в структуре научного знания, в способах его движения к новым результатам, в соотношении эмпирического и теоретического, интуитивного и формального, во взаимоотношении различных методов познания и т. п.

Формальная логика сделала много выводов из уроков революции в науке, существенно изменив арсенал своих средств, пополнив его новыми логическими исчислениями. На этом основании многие поспешили объявить, что формальная логика в ее новом виде и есть методология современного научного познания, а современная наука развивается посредством применения аппарата и методов формальной логики и методов неопозитивистской философии, которая представляет знание в виде совокупности двух элементов: чувственных перцепций (восприятий) и аналитических правил оперирования знаками языка, которые дает формальная логика.

В действительности же это совсем не так: научное знание развивается

путем смены понятий и принципов, выдвижения новых идей и построения на их основе новых теорий. Наука имеет дело не только с чувственными перцепциями и формально-логической дедукцией, но и с развитием мышления, включающим в себя синтетическую деятельность разума, интуицию и т. п. Поэтому для науки необходим метод, который давал бы объяснение движению знания во всей его полноте, вырабатывал аппарат для деятельности мышления. Таким философским методом научно-теоретического познания является материалистическая диалектика, законы и категории которой служат основой синтеза знания, направляют мышление на поиск решения новых проблем в науке.

В наше время, когда революция в науке переросла во всеобщую научно-техническую революцию, проблема изменения формы материалистической диалектики приобрела еще большее значение. Речь идет не только о том, чтобы вносить частные изменения в систему категорий марксистской философии: ныне эта работа проводится, и довольно интенсивно, скажем, на основе обобщения данных физики и кибернетики. Но главное не в этих частных изменениях, а в более фундаментальном, фронтальном философском синтезе современного научного знания, результатом которого явилось бы развитие и обогащение всех законов и категорий материалистической диалектики.

Дело в том, что категории диалектики только тогда представляют эффективный метод научно-теоретического мышления, когда берутся в своей связи. Категория причинности, в каком бы современном виде она ни выступала, не сможет эффективно работать, если категории необходимости или количества и качества будут оставаться в своем первородном виде, например как они выступали у Аристотеля или у Гегеля. Вот почему представляется необходимым, чтобы современная марксистская философская мысль сосредоточила свое внимание не на построении системы из уже существующих категорий диалектического материа-

лизма, распределяя их на основе какого-то принципа по рубрикам, а на систематическом анализе всех существующих категорий и выдвижения новых на основе синтетического понимания особенностей и закономерностей современного научного познания, его тенденций и устремлений в будущее. Материалистическая диалектика как логика и теория познания тем эффективнее будет воздействовать на ход развития конкретных областей науки, чем полнее и глубже в своих законах и категориях она отразит результаты, уже достигнутые в этих науках.

Активность субъекта и проблемы объективности знания

В качестве одной из методологических предпосылок этого фронтального синтеза научного знания, ведущего к изменению формы диалектического материализма, должен выступать анализ особенностей современного познания, главных тенденций его развития. В качестве таковой в философском смысле на первое место следует поставить возрастание активности субъекта в ходе постижения им объективной реальности.

Активность субъекта имеет два аспекта: предметно-практический и теоретический. Первый определяет второй. Философское решение проблемы активности субъекта и в предметно-практическом и в теоретическом смыслах в принципе было дано К. Марксом в тезисах о Л. Фейербахе¹, но у К. Маркса оно вытекало главным образом из обобщения развития истории философии, а не из анализа собственно научного знания, в частности естественнонаучного. И во времена, когда господствовала ньютоновская физика, первый тезис К. Маркса о Л. Фейербахе казался даже странным, якобы

выступающим против объективности познания и основной теоретико-познавательной посылки материализма, что объект знания существует вне и независимо от познающего субъекта. Но в XX в. физика в форме квантовой механики пришла к этому независимо от хода развития философии. Физики не могли объяснить, как можно говорить об объективности познания, когда предмет знания дается в форме человеческой деятельности, практики, включающей в себя активное воздействие субъекта на предмет познания.

В предмет науки включаются все более сложные природные и социальные объекты, ее методы становятся все более совершенными, можно сказать изощренными, существенно меняющимися сам предмет; усиливаются и средства воздействия субъекта на познаваемый объект. Человек не только познает предметы реальности, но в своей практике создает новые, не существующие в природе.

Новые предметы действительно, которые создаются в лабораториях ученых и в промышленном производстве, в качестве своей предпосылки имеют построения в виде понятий и теорий современной науки.

Человека интересует, что можно сделать с природой на основе ее знания, а философия в качестве центрального ставит вопрос: знает ли он природу такой, какая она есть? Сомнения в позитивном решении этой проблемы всегда возникали, а теория познания на каждом этапе своего развития давала ответы, как их можно развеять. Но прогресс знания каждый раз подливал масла в огонь этих сомнений, и в настоящее время в качестве этого горючего материала выступает активность человеческого сознания, выраженная в форме создания всевозможного материального и интеллектуального инструментария, с помощью которого человек энергично вмешивается в познавательный предмет.

Проблема «человек — познавательный инструментарий в виде понятийного аппарата, выраженного в языке, — объект действительности»

уже давно занимает внимание исследователей. Прибор создается на основе идей человека, в отношении объективности которых постоянно возникает сомнение в силу возрастающего влияния субъекта на их создание.

В настоящее время эта проблема получает свое более острое выражение в силу активного воздействия математики и иного формального аппарата, служащего языком современной науки, на весь ход познавательного процесса. Не случайно проблема языка вдруг встала в центр гносеологических изысканий философов и ученых. Иногда дело представляется так, что вообще решение всех проблем упирается в поиски языка, на котором можно было бы удовлетворительно объяснить существующие научные факты.

В. Гейзенберг, объясняя ситуацию, сложившуюся в физике, писал: «Эту бурную реакцию на новейшее развитие современной физики можно понять, только признав, что это развитие привело в движение самые основы физики и, возможно, естествознания вообще и что это движение вызвало ощущение, будто вся почва, на которую опирается естествознание, уходит из-под наших ног. Но вместе с тем это означает, пожалуй, и то, что еще не найден правильный язык, на котором можно говорить о новом положении дел, и что неточные и отчасти неправильные утверждения, высказанные в ряде случаев в пылу воодушевления новыми открытиями, вызвали появление всякого рода недоумений. Здесь речь идет в самом деле о трудно разрешимой, принципиальной проблеме. Усовершенствованная экспериментальная техника нашего времени ввела в поле зрения естествознания совершенно новые стороны явлений природы, стороны, которые не могут быть описаны с помощью понятий повседневной жизни или только с помощью понятий предшествующей физики. Но в таком случае, каким языком они должны описываться?»¹

Первый вопрос, который здесь возникает: о чем идет речь — о но-

¹ В. Гейзенберг. Физика и философия. М., 1963, стр. 167.

¹ «Главный недостаток всего предшествующего материализма — включая и феербаховский — заключается в том, что предмет, действительность, чувственность берется только в форме объекта или в форме созерцания, а не как человеческая чувственная деятельность, практика, не субъективно» (К. Маркс и Ф. Энгельс, Соч., т. 3, стр. 1).

вом языке или новом понятийном физическом аппарате? Кажется, что речь идет о последнем. Новая физика создала свой понятийный аппарат. И это понимает сам В. Гейзенберг, но он этот понятийный аппарат не случайно называет языком, поскольку в силу некоторой его функциональной роли этот язык отличается от понятий обыденного опыта.

Создаваемый научный понятийный аппарат в функциональном смысле выступает в виде языка науки, который как бы априорно накладывается на результаты опытного исследования объекта. В самом факте, что результаты опытных наблюдений в науке осмысливаются на основе ранее созданных понятий, нет ничего удивительного и гносеологически нового: так было всегда, и философия со времен Канта это хорошо осознала. Но теперь в качестве смущающего обстоятельства выдвинулись два момента: 1) понятийный аппарат науки, выступающий ее языком, все в большей мере заимствуется из науки, не изучающей данный объект, например математики; получается, что понятия как бы извне навязываются науке; 2) связь этих понятий с объективной реальностью становится все более опосредованной, они превращаются в какие-то вспомогательные конструкции, с помощью которых теоретически овладевают объектом.

Анализ современной естественнонаучной теории представляет огромный логико-гносеологический интерес. За образец можно взять физическую теорию, которая содержит в себе типичные черты естественного знания. В физике мы имеем дело с теорией, которая содержит в себе: 1) формальные структуры, выраженные языком математики; 2) эмпирические данные. Естествознание никогда не удовлетворится теорией, которая была бы только формальным аппаратом, оно всегда будет стремиться к знанию, при котором с помощью полученных формул и уравнений можно будет интерпретировать, в том числе и эмпирически, различные объекты действительности. Эти два момента в теории не должны выступать в виде двух не связанных между собой слоев, ибо научная

теория представляет собой синтез формального аппарата и опыта.

Несомненно, что современное научное познание с его мощным формальным понятийным аппаратом и изолированной экспериментальной техникой по своим результатам ближе к реальности, к объективной истине, чем познание, больше ориентировавшееся на непосредственное чувственное созерцание объекта. Однако доказывать эту объективность познания, философски обосновать ее стало значительно труднее.

Физик, применяя формальный аппарат современной науки, который, казалось, не имеет отношения к исследуемому им объекту, приходит к теоретическим построениям, которые оказываются корректными в его описании и объяснении. Это выглядит как своего рода чудо, и наука, в частности физика, теперь становится невозможной без подобных чудес. «Мы похожи,— пишет Е. Вигнер,— на человека со связкой ключей, который, пытаясь открывать одну дверь за другой, всегда находит правильный ключ с первой или второй попытки. Это заставляет его сомневаться относительно взаимно однозначного соответствия между ключами и замками»¹. Такие вопросы одолевают не только одного Вигнера, но и многих других ученых, размышляющих о теоретико-познавательных основах своей науки.

Проблема практики и единство субъективной и объективной диалектики

Приходится удивляться, как много различных гносеологических рассуждений возникло вокруг вопроса о непостижимой эффективности математики. «Чудесная загадка соответствия математического языка законам физики,— пишет Е. Вигнер,— является удивительным даром, который мы не в состоянии понять и которого мы, возможно, недостойны. Мы должны испытывать чувство благодарности за этот дар. Следует надеяться, что он не покинет нас и в будущих исследованиях и что он бу-

¹ Е. Вигнер. Непостижимая эффективность математики в естественных науках. «УФН», 94 (3), 1968, стр. 536.

дет — хорошо это или плохо — развиваться к нашему большому удовлетворению, а быть может, и к нарастающему беспокойству, расширяя область познания окружающего нас мира»¹.

Практически это означает отказ от решения старых и новых теоретико-познавательных проблем, которые возникают в ходе развития научного знания, и в конце концов этот отказ приводит к утверждению, что наука не может установить объективности своих понятий и теорий.

Как можно преодолеть подобные утверждения? Простым уверением, что понятия и теории современной науки, в частности физики, хотя и создаются с участием формального аппарата и индукции, носят объективный характер, отражают реальность, а критерием их истинности выступает практика. Конечно, это утверждение верно, но если оно не подкрепляется действительным анализом ситуации, анализом своеобразия развития современного научного познания, то оно выступает простым уверением, равноценным по доказательной силе противоположному, подобному тому, которое разделяет Е. Вигнер. К сожалению, в нашей философской литературе понятие практики нередко истолковывается упрощенно, а сама ссылка на нее выглядит как уход от решения тех трудных вопросов, которые ставит современное научное познание перед марксистско-ленинской гносеологией и которые требуют дальнейшей углубленной разработки.

Здесь можно сделать краткие замечания принципиального характера. Научное познание, становясь все более абстрактным с точки зрения своей формы, нуждаясь все в большей степени в формальном аппарате (в частности, математическом), тем не менее ведет к созданию понятий и теорий, находящихся ближе к природе объекта, его закономерностям, нежели прежние, и в этом смысле конкретных в своем содержании. Математика создает знание, которое выполняет функции языка в других науках; ее знаки и формулы служат некоторой формальной струк-

¹ Там же, стр. 546.

турой, способствующей выражению содержания данной науки. Поскольку математические конструкции как бы извне задаются физической теорией, которая вынуждена следовать и подчиняться им свое эмпирическое содержание, создается впечатление, что разум — в виде математики — предписывает законы природе.

Всего этого нельзя (и не надо) отрицать, но все это можно и нужно объяснить, не прибегая к чуду. Для этого требуется глубокий теоретико-познавательный анализ научного знания с точки зрения характера и действительного места в нем формального понятийного аппарата, ставшего языком науки. И это можно сделать на основе теории познания и логики марксизма-ленинизма.

Марксизм понимает практику как чувственно-материальную деятельность, направленную на изменение форм объективной реальности, будь то природной или социальной. В марксизме практика — категория, раскрывающая свое содержание в соотношении с другими понятиями, в частности с понятием субъекта и объекта.

Чаще обращается внимание только на то, что практика связана с деятельностью субъекта. Но, во-первых, не всякая деятельность человека — практика. В последнее время нередки случаи, когда и теоретическую деятельность считают практикой на том лишь основании, что она тоже результат деятельности человека. Идеальное, как деятельность субъекта, вытекает из практики, но это не значит, что оно и есть сама практика. Можно ставить вопрос о месте идеального в структуре практики, и решать его надо не путем метафизического противопоставления, ни путем отождествления их. И первое (противопоставление) и второе (отождествление) возникают в результате понимания практики только как субъективной деятельности, когда не раскрывается, что это, собственно, за деятельность, каков ее объективный предмет. Практика — единство субъекта и объекта, она активна по своей форме, предметно-чувственна по своему содержанию и результатам. И здесь видно ее отличие от идеального, ценность и значение кото-

рого заложены не в нем самом, а в чем-то ином, что возникает в результате его практической реализации.

В. И. Ленин ставил задачу соединения практики и познания, но он никогда не отождествлял их и не считал само познание практикой. Поэтому в диалектическом материализме, с одной стороны, объект включается в структуру практики, а с другой — сама практика входит в объективную реальность, противостоящую сознанию человека. В единстве субъекта и объекта в практике активной стороной выступает субъект, а определяющей — объект. Сама деятельность субъекта содержательно обусловлена свойствами и закономерностями объекта, ранее постигнутыми человеком. Последний действует и в мысли и в практике по законам объективной реальности.

Правильное понимание соотношения субъективного и объективного в практике — ключ для решения многих философских вопросов и, в частности, теории познания. Практика выступает критерием истинности знания именно потому, что она соединяет в себе объективную природу с преобразующей ее человеческой деятельностью. Именно эта настоящая, реальная практика и порождает человеческое знание, являющееся, несмотря на свою субъективную форму, объективным по источнику и содержанию, делает отношение «субъект — объект» не субъективным, как у Фихте, а объективным.

Диалектический материализм, основываясь на всем опыте развития истории философии, анализе развития истории научного знания и его современных результатов, вскрывает диалектику субъекта и объекта, показывает, каким образом в субъекте, в формах его деятельности, в том числе и в теоретическом знании, находится объект — отраженные в сознании вещи и процессы природы. Природа как субстанция, не доведенная до субъекта — человеческого общества с его предметной деятельностью, не может сама по себе ни породить знания, ни объяснить его природу, характер движения и устремления. Субъект, изолированный от природы и практического взаимодействия с ней, не может стать дей-

ствительным творцом научного знания, создающего объективные по содержанию понятия и теории и являющиеся теоретической предпосылкой практического изменения мира.

Диалектика субъективного и объективного, совпадения первого со вторым — ключ для гносеологического понимания результатов современного знания, законов и тенденций его развития. Диалектика пронизывает и сами философские категории, направляющие ход научного познания. Интерпретируя сущность философских категорий, В. И. Ленин постоянно подчеркивал, что в них во единю сплетены два момента: отражение объективной реальности и ступени в движении познания; «категории мышления не пособие человека, а выражение закономерности и природы и человека...»¹. В них природа и человек, субстанция и субъект даны в единстве; закономерности природы становятся формой деятельности человека, в том числе и теоретического познания. И формальный аппарат современной науки, и законы и понятия материалистической диалектики выполняют эту категориальную функцию, а именно: в силу своего объективного содержания направляют процесс познания на постижение предмета во всей полноте и глубине. Только делают они это по-разному в силу своих собственных особенностей.

Ход современного научного познания, в частности в различных областях естествознания, блестяще демонстрирует активность отражения человеком объективной реальности. Действительно, познание является не зеркальным образом, а творчески активным отражением, на основе которого в практике создается новый мир вещей и отношений.

Философия и единство научного знания

Общепризнанная особенность развития знания в наше время — его дифференциация и интеграция. Вместо одной науки мы имеем теперь дело с очень разветвленной сетью отдельных наук, состоящих из теоре-

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 83.

тических систем, в которых абстракции связаны по более или менее строгим правилам. Количество этих систем непрерывно растет; когда открывается новая предметная область, входящая в сферу практической и теоретической деятельности человека, возникает вопрос: не является ли эта теоретическая система знания самостоятельной наукой. Сейчас непрерывно обсуждаются вопросы о новых областях знания, вплоть до науки о науке.

Перед нами — совокупность наук, имеющих свой специфический предмет, метод, структуру и язык. Возникает вопрос, возможно ли единство современного научного знания и какова роль философии в установлении этого единства. Единство знания в прежнем смысле, когда все оно включалось в одну систему, называемую философией, давно потеряло смысл. Ныне существующие области научного знания и их языки несводимы ни друг к другу, ни к какому-либо одному универсальному языку без того, чтобы не потерять части своего содержания. Сейчас уже почти ни у кого не вызывает сомнения, что построение какой-то одной универсальной, унифицированной науки с одним языком — задача невыполнимая.

Существовавшее ранее чисто внешнее объединение в одну систему совершенно разнородных элементов, включая и действительное знание, и мифологию, создавало лишь мнимое единство знания. Теперь же наука разбилась на множество действительных теоретических систем и возникли условия для установления подлинного их единства.

В самом деле, дифференциация научного знания одновременно сопровождается и его интеграцией. Под последней следует понимать не объединение существующих систем в нечто единое, не суммирование знания, достигнутого разными науками, а стремление в процессе взаимосвязи позаимствовать друг у друга и сами методы, и язык, чтобы применить их для исследования своего объекта.

Этот вид интеграции оказывает огромное влияние на ход развития современной науки. Например, не ус-

пела возникнуть новая область знания — кибернетика, как ее метод и язык, в частности понятие информации, стали применяться повсюду, иногда, правда, без особой необходимости, а ради кокетства и дани моде. Цель этого вида интеграции состоит в том, чтобы путем перенесения методов и языка одной науки на другую решить некоторые проблемы, которые в данной науке без них решить не удавалось. Так, космология в настоящее время плодотворно развивается на основе аппарата, созданного теоретической физикой, общей теорией относительности Эйнштейна. Применение этого аппарата необходимо, поскольку без него космология не только бы не решила, но и не могла бы даже правильно поставить многие трудные задачи.

Продуктивный перенос метода и языка одной науки на другую приводит не только к решению возникших проблем, но и способствует развитию самих этих методов и языков. Широкое применение кибернетики и ее методов к решению задач в биологии, медицине, экономике важно не только для развития этих наук, но и для самой кибернетики, ибо ведет к расширению ее содержания и обогащению ее аппарата и методов.

Это сближение различных областей современного научного знания заходит настолько далеко, что между собой сближаются области, которые, казалось бы, разделены самой природой, например математика и лингвистика. Даже история, не говоря уже об экономике, начинает размышлять о применении методов, которые когда-то относились только к естественнонаучным дисциплинам.

Гуманитарное знание все более приближается к естественнонаучному не только по своей точности, но и по методам; математический аппарат, наблюдение и эксперимент становятся средством изучения человека и общества. Это, конечно, не означает, что теряется специфичность предмета гуманитарных наук, но сама эта специфичность не служит ныне преградой для сближения естественных и общественных наук.

Изменения, происшедшие в науке в последнем столетии, не сняли с фи-

лософии задачи служить цементирующим началом в единстве научного знания, но философия делает это уже иным путем, чем в период своего зарождения. Тогда она включала в себя все знания, а потому и называлась наукой наук; сейчас же этого ни она, ни какая-либо другая наука сделать не может, да и нет в этом необходимости. Не претендуя на замену других систем знания, она вместе с тем является знанием о самом знании, поскольку дает метод и язык, присущие человеческому знанию вообще. В этом смысле она и выступает метанаукой.

В условиях бурного развития науки и техники роль и значение философии не падает, а подымается. Но не всякой философии, а только такой, которая, сама являясь наукой, идет в ногу с научно-техническим и социальным прогрессом, оказывает благотворное влияние на их развитие, обобщает результаты достижений науки и изменений в социальной жизни людей. «Продолжение дела Гегеля и Маркса», писал В. И. Ленин, — должно состоять в диалектической обработке истории человеческой мысли, науки и техники»¹.

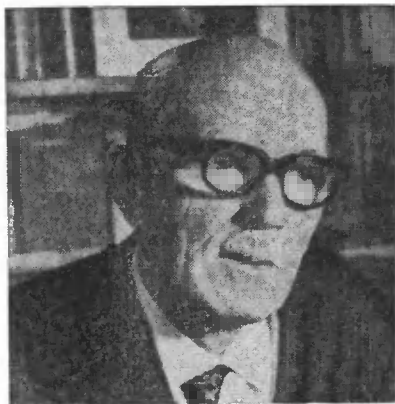
Марксистско-ленинская философия, впитав в себя опыт всей предшествующей истории научной мысли, способна овладеть грандиозными изменениями, социальным и научно-техническим прогрессом, соединить их, служить теорией и методом, направляющим научно-теоретическую мысль на постижение законов движения природы и общества, на практическое переустройство мира в интересах трудящегося человека. Сила научной философии состоит в непрерывном развитии, обогащении ее законов и категорий, в творческом поиске новых путей движения мысли. Только такая философия может выдержать натиск реакционного мировоззрения и, соприкасаясь с новой действительностью, со сложившейся в обществе и науке ситуацией, определять реальные пути ее осмысления, быть теоретической основой управления общественными процессами, развитием научного знания.

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 131.

10 лет назад, 12 апреля 1961 г., Юрием Алексеевичем Гагариным на корабле «Восток-1» был осуществлен первый в истории человечества космический полет.

Человек в космосе: физиология и психология

Академик В. В. Парин
Профессор И. М. Хазен
Ф. П. Космолинский
Кандидат медицинских наук



Василий Васильевич Парин, директор Лаборатории проблем управления функциями организма человека и животных АН СССР. Основные области его исследований — физиология и патофизиология кровообращения, использование кибернетики и радиозлектроники в биологии и медицине, космическая биология и медицина.



Иосиф Михайлович Хазен, доктор медицинских наук, научный консультант Института медико-биологических проблем, председатель секции авиационной и космической медицины Московского физиологического общества. Занимается проблемами авиационной и космической биологии и медицины.



Федор Петрович Космолинский, старший научный сотрудник, ученый секретарь Всесоюзного научно-исследовательского института медицинского приборостроения. Занимается проблемами авиационной и космической психофизиологии, инженерной психологии и психологии труда.

Научно-техническая революция, свидетелями которой мы являемся, ускорила развитие проблем, ранее казавшихся неактуальными, и вызвала к жизни новые научные направления. Космонавтика, возникшая на базе традиционных фундаментальных наук — астрономии, физики, математики и баллистики, впитала в се-

бя достижения новых областей науки — ядерной физики, радиолокации, телемеханики и кибернетики. Она укрепила себя достижениями и новыми возможностями техники — ракетной, авиационной, радио-, электро- и приборостроительной, космонавтика стала своего рода показателем высокого научно-технического

развития стран, вырвавшихся в космос, в первую очередь, Советского Союза.

Работы по обеспечению полетов в космос животных и человека, проведенные биологами, физиологами, биохимиками, медиками и психологами, дают полное основание говорить, что возникли новые области

человеческого знания, новые и весьма обширные науки — космическая биология и космическая медицина. Эти комплексные науки подразделяются на свои основные направления: экология планет, космическая радиобиология, космическое растениеводство и др. и даже на отдельные разделы или главы (космические: микробиология, биоритмология, физиология и биохимия, психология, фармакология, токсикология, гигиена и санитария, медицинский контроль и прогнозирование, медицинское обеспечение безопасности полетов и т. д.). Однако можно считать, что космическая биология и медицина находятся лишь в начальной стадии своего развития, в стадии формирования оригинальных путей и методов исследовательской работы.

Проблемы решенные и нерешенные

Основное направление медико-биологических исследований в настоящее время и на ближайшие несколько лет неразрывно связано с совершенствованием конструкций космических кораблей и обитаемых отсеков, предназначенных для осуществления длительных полетов человека на управляемых кораблях. При этом определяющим требованием к системам жизнеобеспечения человека и животных является продолжительность полета. Перед биологами и медиками ставятся конкретные задачи более точного определения работоспособности, устойчивости организма и пределов переносимости человеком экстремальных воздействий, сопряженных с полетом.

Человек формировался на протяжении всей эволюции природы и общества, и, стало быть, весь его жизненный уклад определяется экологией Земли. Функциональная эволюция животного мира есть результат приспособления к изменяющимся условиям внешней среды, к изменяющимся условиям существования. Положение, что организм немалым вне окружающей его среды, подчеркивал основоположник

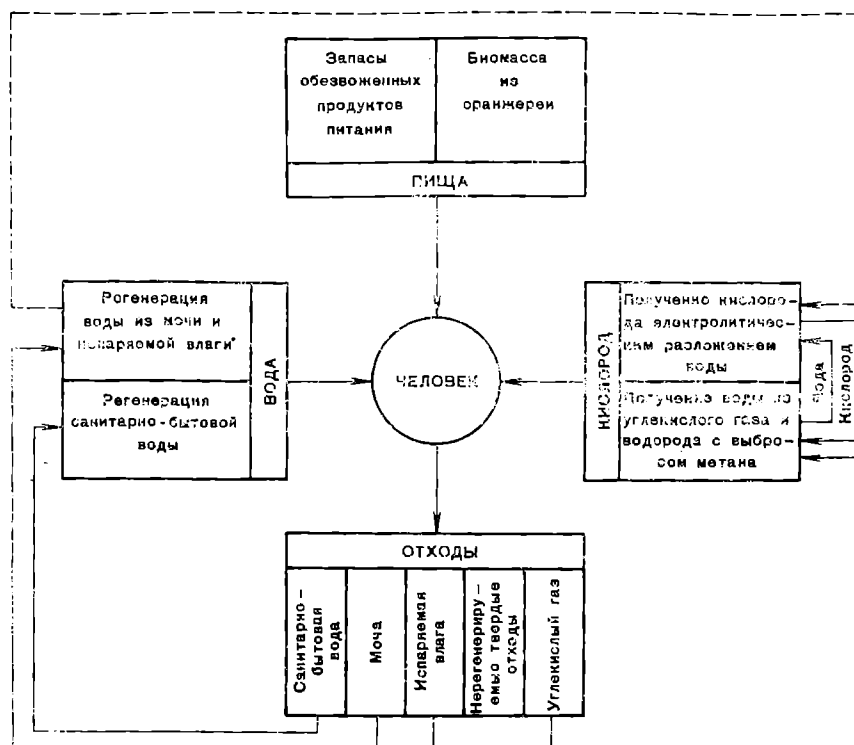


Рис. 1. Блок-схема массообмена в наземном комплексе систем жизнеобеспечения (по А. И. Бурназяну).

отечественной авиационной физиологии Иван Михайлович Сеченов.

Уже на заре развития воздухоплавания стало очевидно, что условия обитания человека на различных высотах должны максимально приближаться к условиям Земли. В конце XIX столетия практически начинает оправдываться идея Д. И. Менделеева о том, что пригодную для жизни среду обитания представится возможным создать лишь в герметичной кабине.

Эффективность герметичных кабин получила полное признание в начале 30-х годов, когда в ряде стран были осуществлены рекордные полеты на стратостатах. В то же время был уже накоплен большой опыт в отношении выбора системы восстановления воздуха, и это использовалось затем физиологами для разработки принципов формирования газовой среды в кабинах. Еще в конце 30-х годов в изолированной кабине в течение 100 час. пробыли профессор М. Е. Маршак, В. А.

Спаский, Л. Л. Шик и хорошо известный по первому в мире беспосадочному перелету СССР — США через Северный полюс штурман А. В. Беляков.

Результаты этих исследований послужили основой для создания систем жизнеобеспечения космических кораблей, т. е. для создания обычных условий жизни человека и животных.

В основе всех творческих поисков создания систем жизнеобеспечения лежат представления об обитании в космосе, представления об условиях жизни и профессиональной деятельности космонавта в кабине космического корабля, жилых и рабочих помещениях орбитальной и межпланетной станциях, а также на Луне и планетах. В понятие обитания входит также совокупность факторов среды, действующих в условиях космического полета на человека (рис. 1). Принято различать следующие три группы факторов: 1 — факторы, характеризующие кос-

мическое пространство как своеобразную среду обитания (вакуум, радиационные излучения, циклические изменения освещенности при орбитальном полете вокруг Земли, изменения сил земного притяжения и др.); 2 — факторы, связанные с динамикой полета (ускорения, вибрации, шум, невесомость, изменения микроклимата и др.); 3 — факторы, обусловленные длительным пребыванием в гермокабине (изоляция, сенсорная депривация, эмоциональное напряжение, движения в ограниченном пространстве в состоянии невесомости, особенности режима питания и др.).

Изучение влияния факторов космического полета зиждется на строгом учете роли исходного функционального состояния организма и реактивности его систем в ответной реакции на воздействующий по характеристике раздражитель. Подобный подход позволяет получать объективную информацию о ходе адаптивной перестройки и ее завершения в различных функциональных системах организма, позволяет судить о границах адаптации и компенсации функции, разобратся в природе компенсаторных реакций и границах физиологии и патологии, а также выявлять скрытые нарушения при экстремальных воздействиях.

Вакуум, ионизирующее излучение, невесомость, микроклимат и другие факторы показывают, как сложно формировать оптимальные условия обитания человека вне Земли, ибо какой-либо компромисс в создании оптимальной обитаемости за счет компенсаторных возможностей организма абсолютно недопустим. Это тем более сложно, что такой важный фактор, как невесомость, может быть изучен только в условиях реального космического полета. Имитация же в условиях лабораторного эксперимента, а также в самолете, осуществима лишь в пределах меньше одной минуты.

Результаты исследований влияния невесомости в условиях орбитальных полетов, продолжительность которых для человека на космическом корабле «Союз-9» достигала 18 дней, а для животных на космическом корабле «Космос-110» — 22 дня, тоже

не дают четкого представления о действии этого важного фактора космической среды. Дело в том, что в космическом полете на фоне своей измененной реактивности организм подвергается воздействию невесомости на фоне предшествовавшего действия на него ряда других раздражителей, особенно ускорений. Ускорения, применяемые в процессе тренировки организма и действующие на человека при взлете космического корабля, обладают выраженным длительным эффектом, т. е. последствием. Реакции на ускорение, обнаруживаемые в модельных экспериментах на тканевом, клеточном и молекулярном уровнях, обычно внешне трудно обнаружить по общему состоянию. В опытах на животных, проведенных на биоспутниках, также обнаружены изменения в этих условиях, но до сего времени остается неизвестным, какова причинная связь этих нарушений с невесомостью. Следовательно, один из кардинальнейших вопросов современной космической медицины — как влияет длительная невесомость на организм — нельзя считать решенным.

Касаясь решенных и нерешенных вопросов космической биологии и медицины, нельзя упускать из виду, что до настоящего времени в проведенных исследованиях главное внимание обращалось на состояние жизненно важных систем организма — сердечно-сосудистой, дыхательной, центральной нервной системы и систем анализаторов (органов чувств). Почти не затронуто изучение пищеварительной и эндокринной системы, а также обмена веществ во всем его многообразии. Кроме того, проведенные исследования состояли, в основном, лишь в «фотографировании», т. е. в простой регистрации изменений, непосредственно вносимых факторами, присутствующими в полете.

Под влиянием экстремальных, чрезвычайных по силе, воздействий возникает компенсаторно-приспособительная перестройка функций организма, которая приводит к ослаблению защиты организма от внешних условий. В результате организм приобретает новый функциональный

уровень жизнедеятельности, который предопределяет особенности реакций организма на непосредственные внешние воздействия и на его функции в период восстановления до исходного состояния. Последнее отражает совокупность обменных и структурных изменений и приобретает значение важного интегрального показателя, помогающего судить о функциональном состоянии регуляторных систем, реактивной способности организма и его потенциальных компенсаторных возможностях.

Чем более интимно функции того или иного органа контролируются высшими отделами центральной нервной системы (ЦНС), тем быстрее и значительнее изменения в нем и тем меньше времени уходит на его восстановление до исходного уровня. Те же функции, которые в значительной мере зависят не от ЦНС, а от гуморальных механизмов регуляции, особенно те, в регуляции которых участвуют звенья периферических, внутрисенсорных нервных образований, обладающих большой автономностью, отличаются при аналогичных условиях, сравнительно высокой устойчивостью. Но если уже наступают их изменения, то они отличаются стойкостью сдвигов, т. е. необходимо много времени для их восстановления, при этом возникают вегетативные нарушения отдельных органов даже в пределах единой функциональной системы. Так, например, в определенных условиях воздействия гипоксии или поперечных ускорений (направление спина — грудь; 8g продолжительностью 3 мин.) биоэлектрическая активность мозга и сердца восстанавливалась через несколько минут, деятельность желудочных желез — спустя несколько часов, кишечных желез, судя по изменениям активности ферментов, — лишь через несколько недель.

Биохимические изменения сопряжены со структурными нарушениями в тканях мозга, сердца, легких, почек и других органов. Так, например, повреждения внутриклеточных структур эпителия печени при воздействии ускорений (8g в течение 3 мин. в направлении грудь — спи-

на) выражаются в смещении ядер в цитоплазме и нарушении структуры ядерного вещества. В результате нарушается правильное течение синтеза белка, который отлагается в ядре, образуя крупные призматические кристаллы. Единичные кристаллы в отдельных полях зрения встречаются и на 30 сутки.

Стало быть, реакции последствия различной продолжительности для разных органов дают представление о корреляции функций организма и способствуют выявлению скрытых, хорошо компенсированных эффектов воздействия напряжений при отсутствии острых реакций. Коровые процессы относительно сохраняются в указанных условиях динамики благодаря собственным защитным механизмам и подкорковым центрам вегетативной и нейроэндокринной регуляции, которые при этом достигают высшего предела напряжения, нередко превышающего норму.

В живом организме наличие единой системы управления и связи обеспечивает как наиболее сильные локальные изменения, так и общую перестройку всего организма в плане приспособления к данному воздействию. Осуществление в полете наиболее выгодного для целостного организма уровня деятельности в условиях, отличающихся от нормальных, сопровождается целым рядом переходных состояний. Во время полета могут наблюдаться периоды выраженной дискорреляции функций, когда резко повышается автономия отдельных систем. Однако в конечном итоге процесс приспособления направлен на подчинение частного общему. При этом высшие уровни регуляции могут сохранять свою нормальную функциональную способность за счет крайнего напряжения низших уровней.

Приспособление организма к условиям обитания в космосе протекает динамически и осуществляется за счет непрерывного освобождения энергии, источником которой является обмен вещества. При нарушении функций организма, возможно в условиях экстремальных воздействий факторов полета, могут возникнуть нарушения в обмене ве-

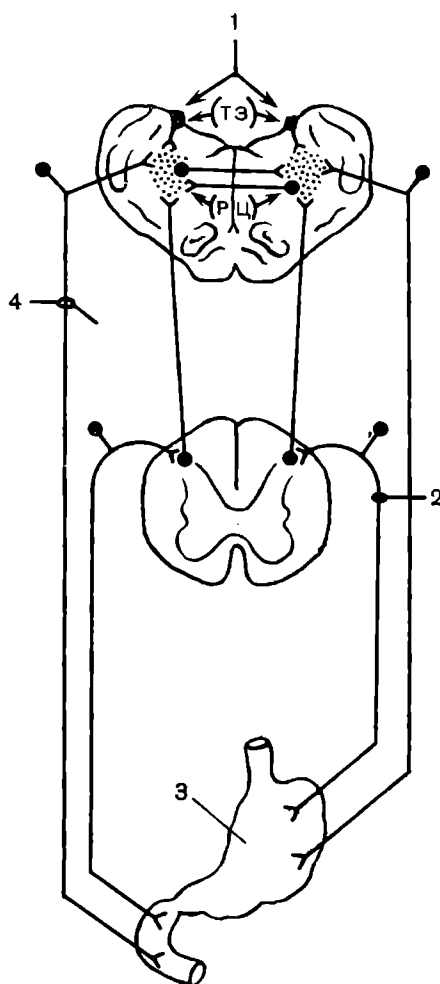


Рис. 2. Структура рвотного центра (по Янгу и Борису). Условно обозначены: ТЗ — темореприентивная «триггерзона», зона переключения на внутрицентральные взаимосвязи; РЦ — рвотный центр. На рисунке представлены также афферентные проводящие пути от рецепторов желудочно-кишечного тракта: 1 — система переключения, 2 — симпатическая эфферентация, 3 — пищеварительная система, 4 — вагусная эфферентация.

щества, в обмене энергии и удалении из организма токсических продуктов обмена, что сопряжено с изменениями оптимальных условий жизнедеятельности клеток и тканей. В результате тканевые и клеточные элементы делаются уязвимыми, и функциональные нарастающие сдвиги могут привести к патологическим изменениям во всем организме. Отсюда следует, насколько важно в

условиях экстремальных воздействий предупредить в целях профилактики нарушение и истощение всех уровней нервных и гуморальных регуляторных систем.

Поддержание и сохранение относительного постоянства функций, т. е. гомеостатических реакций организма в космическом полете, — первое и непереносимое условие, которое должны учитывать биологи, медики, инженеры, физики, химики и специалисты иных отраслей знаний, конструируя космические системы жизнеобеспечения и скафандры различного назначения.

Формирование газовой среды

Среди многочисленных проблем, связанных с практической разработкой систем жизнеобеспечения, ведущей является проблема формирования газовой среды и регулирования ее параметров.

Она имеет два основных аспекта: 1) критические условия среды и диапазон адаптации организма к различным составным частям атмосферы; 2) опасности, связанные с токсическими примесями.

В кабинах советских космических кораблей применяется двухкомпонентная (азот-кислородная) газовая среда, мало чем отличающаяся от наземной, под давлением 750—770 мм рт. ст. и температуре 18—21°C и относительной влажности 45—60%. На всех американских космических кораблях применяется моногазовая среда, состоящая из чистого кислорода под давлением 258 мм рт. ст. Чисто кислородная атмосфера ведет к облегчению конструкций гермокабин, так как на ее стенки в космосе действует меньшая разность давлений.

Правильный выбор газовой среды связан с решением важной физиологической дилеммы. С одной стороны, дыхание чистым кислородом, особенно в условиях воздействия на организм ускорений, способствует возникновению ателектаза, т. е. спадению участков легких, а с другой, благоприятствует профилактике декомпрессионных расстройств. Чис-

тый кислород при указанном давлении токсичен для организма при полетах свыше 30 дней. К тому же он опасен в пожарном отношении.

В настоящее время обсуждается вопрос о возможности замены азота гелием и формировании гелио-кислородной газовой среды. Однако, обладая большей теплопроводностью, чем азот, гелий в диапазоне температур 18—22°С повышает газообмен в организме за счет увеличения потери тепла. Пребывание в этой среде приводит к переходящему изменению голоса: спектр речи сдвигается в сторону высоких частот на 0,7 октавы.

Применение вместо воздуха гелио-кислородной атмосферы, по имеющимся ориентировочным данным, не изменяет существенно образом закономерностей и картины развития декомпрессионных расстройств в разреженной атмосфере. Этот вопрос требует дальнейшего изучения.

Атмосфера гермокабин непрерывно очищается от выделяющихся в процессе дыхания и обмена веществ углекислого газа, паров воды, а также от взвешенных в ней твердых частиц, микроорганизмов, загрязняющих микропримесей, токсических веществ и др.

Загрязнение кабины вредными веществами и продуктами аутоинтоксикации человека возрастает по мере удлинения срока пребывания в ней. Источниками некоторых загрязнений могут служить покрытия, смазочные вещества, работа электронного оборудования, но больше всего — сам человек.

Среди веществ, выделяемых человеком (изучено более 20 из них) обращает на себя внимание СО и СО₂, которые могут насытить атмосферу кабины до концентраций, превышающих гигиенические нормы. Как известно, токсическое действие СО на человека начинается с концентраций 0,005%, а при определенных условиях даже с меньших.

Организация питания в космическом полете

Для кратковременных полетов предложены специальные рационы,

проверенные экспериментально. С расчетом рациона при длительных полетах дело обстоит сложнее.

В обычных условиях человек потребляет около 3 кг пищи в день. В космическом полете, при условии, что существуют эффективные системы восстановления воды, эта норма в весовом отношении может быть значительно уменьшена за счет использования концентрированных и обезвоженных продуктов. В настоящее время существует ряд методов очистки воды, выделенной с мочой, путем испарения. Экипаж можно обеспечить питанием взятых с Земли запасов в течение 6 месяцев продолжительности полета, полеты же сроком до нескольких лет потребуют применения цикла замкнутого круговорота веществ, так как ограниченные размеры и вес кабины не позволяют создать запасы на такой длительный период времени.

В качестве одного из основных компонентов замкнутого круговорота веществ рассматривают одноклеточные водоросли. Предполагают, что они могут быть использованы для биологической регенерации воздуха, очистки воды, кормления животных и утилизации органических отходов; при этом одноклеточные водоросли обладают высоким коэффициентом использования солнечной энергии и позволяют получать большие урожаи питательной массы. По-видимому, возможно будет включать в замкнутый цикл зоопланктон, высшие растения, моллюски, рыбы, млекопитающие. Питательную среду для водорослей и растений возможно будет получать после обработки выделений человека.

Несмотря на усиленную работу в области создания замкнутых экологических систем и некоторые обнадеживающие предсказания, проблема выглядит еще далекой от практического разрешения.

Все большее сомнение, например, вызывает перспективность применения для питания человека хлореллы из-за плохой перевариваемости ее оболочки. Не решен вопрос об освещении водорослевых культур, так как невыгодно использование искусственных источников света, а использование солнечной энергии ос-

ложняется тем, что космический корабль должен сохранять постоянную ориентацию к Солнцу. Очень сложно обеспечить бесперебойную работу систем жизнеобеспечения и их согласованность.

Биомеханика движений при невесомости

Исследования, связанные с проблемой невесомости, направленные на изучение влияния на организм условий, при которых сила тяжести и физическая нагрузка сводятся к минимуму, выявили существенные нарушения со стороны ряда функциональных систем и, прежде всего, нарушения в водно-кальцевом обмене. Особое внимание при этом обращается также на явления атрофии мышц.

Для обеспечения человека кислородом и поглощения выделяемого им при дыхании углекислого газа необходимо культивировать 30—50 л суспензии хлореллы в питательной среде. При таком количестве суспензии ежедневно можно получать около 600 г биомассы, которую после переработки возможно удастся использовать в качестве добавки к пище и к кормам гетеротрофных организмов. Предполагается, что в суточном рационе переработанная в продукты питания биомасса может составлять 10—15%. При экспериментальном питании человека рационами сухой биомассы (50—150 г в сутки) наблюдались диспептические расстройства, а при длительном ее употреблении — явления аллергии.

Заслуживает внимания возможность использования хемосинтезирующих бактерий для образования органического вещества из углекислого газа.

В дополнение к биологическому воспроизводству пищи предусматривается также получение продуктов физико-химического синтеза. Уже имеются определенные успехи в синтезе отдельных пищевых веществ, особенно углеводов. Наиболее реальным способом получения уг-

леводов считается путь, включающий стадию конденсации формальдегида.

Очевидно, что воспроизводство продуктов питания из отходов жизнедеятельности человека и биокомплекса, а также создание таковых на основе физико-химического синтеза рационально лишь при продолжительности полетов в несколько лет и на планетных станциях.

Изучение функционального состояния органов пищеварения в условиях воздействия факторов космического полета имеет важнейшее теоретическое и практическое значение для разработки физиологических основ питания космонавтов. Изменения в работе органов желудочно-кишечного тракта могут быть связаны и с характером самого питания. В связи с этим особое значение приобретает классическое положение И. П. Павлова, что пищевые вещества должны расцениваться не только с позиции калорийности и состава, но и с позиции того напряжения, с каким идет их переваривание.

Несмотря на то, что в процессе многочисленных и различных по характеру заданий одиночных и групповых полетов, выполненных советскими и американскими космонавтами, наука непрерывно обогащалась новыми данными, вопрос о влиянии невесомости на организм остается далеко не решенным. Все надежды ученых углубить представления о невесомости как физиологическом раздражителе, возлагаются в настоящее время на изучение организма и функциональных его систем в условиях орбитальных космических станций и длительных полетов. Дело в том, что каждый из осуществленных до сих пор полетов отличался своей уникальностью по конструктивным и летным качествам корабля, и по условиям обитания и характеру непрерывно усложнявшихся заданий. При старте и взлете корабля крайне трудно было учитывать реакции организма, обусловленные быстрой сменой воздействующих раздражителей. Естественно, поэтому недостаточность информации в отношении всех упомянутых особенностей не способствовала их

дифференцированию от влияния невесомости как раздражителя и выявлению закономерностей развития тех или иных процессов.

Для понимания роли длительной невесомости в жизни человека важно принять во внимание положение классического естествознания, что филогенетические пути развития повторяются в онтогенезе — в периоде эмбрионального и постэмбрионального роста, иными словами, в процессе внутриутробного развития плода во взвешенном состоянии в околоплодной жидкости. Следовательно, невесомость не совсем является чуждой организму.

Давно признано, что при чрезвычайных для организма обстоятельствах выявляются более древние адаптационные механизмы, которым принадлежит важная роль в повышении его устойчивости.

После рождения ребенка опорно-двигательный аппарат развивается у него в лежачем положении. В последующем (через 5—6 месяцев) осуществляется постепенный переход из горизонтального в вертикальное положение в соответствии с приобретенным в процессе эволюции характерным ритмическим чередованием. Последнее сочетается со сменой циклов сон — бодрствование (от полифазного сна в грудном возрасте до однофазного ночного сна взрослого человека), формированием светового цикла и многими вегетативными и соматическими функциями организма. У взрослых людей период бодрствования (вертикальное положение) составляет, примерно, 15—16 час. в сутки. Таковы основные черты циркадного ритма (совокупность всех признаков и свойств организма, сформировавшихся в процессе индивидуального развития), выражающие собой приспособленность организма к условиям земного обитания.

Исследовательская мысль за последние годы все глубже вскрывает физиологические механизмы приспособления как в отношении каждого фактора космического полета в отдельности, так и в совокупном их влиянии на организм, что имеет исключительное значение для дальнейшего совершенствования средств

обеспечения длительного обитания человека «вне Земли».

В этом направлении должное внимание отдается принципам моделирования различного рода устройств, имитирующих различные условия полета. Однако при невесомости принцип адекватности экспериментально невыполним. Так, например, широко практикуемое строго горизонтальное положение в постели (гипокинезия в течение длительного времени) в целях моделирования отдельных феноменов, свойственных состоянию невесомости (ограничение мышечной деятельности и снижение гидростатического давления крови), занимаемые человеком позы необычны, что сопряжено с перестройкой всех физиологических и биохимических функций организма.

По мере совершенствования конструкций космических кораблей условия обитания становятся все комфортнее и уже на данном этапе кабины космического корабля типа «Союз» и «Аполлон» стали просторнее, а динамические факторы полета — более умеренными.

В связи с этим в характеристику отдельных факторов полета вносятся соответствующие поправки. Так, представления о гипокинезии, якобы имитирующей в какой-то мере состояние невесомости, в корне меняются. Речь должна идти не об ограничении движений человека, а о двигательной его активности, вернее о биомеханике движений в состоянии невесомости: в ограниченном пространстве кабины, в открытом космосе и на планетах.

Факты свидетельствуют о приспособляемости организма человека и его функциональных систем (анализаторов, дыхания, сердечно-сосудистой и др.) к условиям кратковременного (до 3-х недель) обитания в невесомости. На это указывают также высокая работоспособность, точность, скорость и подвижность нервно-мышечных реакций.

Принципиально важно то, что невесомость как раздражитель не может быть причислена к категории сильных, а тем более сверхсильных. Однако ответные реакции организма в динамике и на слабый раздражитель будут находиться не только в

зависимости от продолжительности действия и исходного состояния, но и от индивидуальных его особенностей.

По мере накопления данных о влиянии длительной невесомости на организм представляется возможным значительно расширить и продвинуть исследования по проблеме адаптации организма к условиям длительного обитания в космосе. Решение этой проблемы весьма актуально в силу ее связи с разрабатываемой общей теорией клинко-физиологического прогнозирования применительно к упомянутым условиям.

Основные нарушения, которые обнаруживаются при гипокинезии, характеризуются преобладанием тормозных процессов в ЦНС, снижением частоты сердцебиения и дыхания, снижением тонуса поперечно-полосатых мышц и сосудов, преимущественно венозного русла, в ряде случаев увеличением антикоагулирующих свойств крови. Снижаются также и общие иммуно-биологические свойства организма. Как известно, борьба с потерей кальция путем дополнительного введения кальция с пищей не дает положительных результатов, что лишний раз свидетельствует о нарушениях со стороны механизмов, регулирующих минеральный и, в частности, кальциевый, обмен. За последние годы появилась огромная литература, посвященная детальному анализу, всех нарушений в их взаимосвязи, обусловленных гипокинезией. Несомненный интерес представляют материалы о новом гормоне — тиреокальцитонине, имеющем прямое отношение к мобилизации кальция в крови для восстановления его убыли в костной ткани. Получены также важные данные о глубоких нарушениях, возникающих на клеточном и молекулярном уровнях. Таким образом, накоплен огромный материал по изучению гипокинезии, который имеет большое практическое и теоретическое значение для решения принципиально важных вопросов общей биологии и медицины, а не только космического ее раздела. На данном этапе изучения проблемы наметилась дифференциация фактов. Результаты исследований, которые проводились в имитирующих условиях, направляют

исследовательскую мысль на разработку профилактических мероприятий, основанных преимущественно на использовании различных способов физической тренировки, а также на создании, в пределах возможного, искусственной гравитации во время полета, как это рекомендовал еще в свое время К. Э. Циолковский.

Результаты исследований, полученные на животных, главным образом на крысах, в условиях максимального ограничения подвижности животных помещают в соответствующие по размерам «пеналы» или заворачивают их в металлическую сетку, — находят свое широкое применение для моделирования ряда заболеваний (язва желудка, миопатия и др.). В этих экспериментах удалось показать эффективность фармакологического вмешательства при язве желудка, возникающих почти в 100% случаев в результате примерно 3-часового пребывания в условиях полного отсутствия движения.

В условиях имитации невесомости и гиподинамии для оценки функционального состояния организма широко практикуется применение ортостатической пробы. Было установлено, что в этих условиях, равно как и в условиях реального космического полета, изменения в состоянии сердечно-сосудистой системы проявляются в виде ортостатической непереносимости. Так, например, у отдельных космонавтов после полета при испытании на наклонном столе в положении навзничь частота пульса была в пределах 56—60 при нормальном кровяном давлении. При принятии вертикального положения частота пульса может удваиваться, а кровяное давление падать.

Изучение причин ортостатической непереносимости показывает, что не только гипокинезия и невесомость, но и переутомление, чрезмерное эмоциональное напряжение и другие факторы внешней среды способствуют ее возникновению. Однако следует полагать, что основным этиологическим моментом является невесомость, оказывающая глубокое воздействие на гомеостатические механизмы сердечно-сосудистой системы,

другие причины лишь усиливают эти явления.

Проблема «космического укачивания»

С невесомостью обычно связывают и возникновение так называемой «спутниковой болезни». После полета Г. С. Титова возникла обширная литература, посвященная анализу вегетативных нарушений, которые были описаны космонавтом на основе самонаблюдений. Уже сами термины «спутниковая болезнь», или «космическая форма укачивания», свидетельствуют о том, что авторы рассматривали эти нарушения в связи с состоянием вестибулярного аппарата. Однако вопрос о ведущей роли вестибулярного аппарата в возникновении симптома укачивания в космическом полете оказался далеко не решенным. В развернувшейся дискуссии по этому вопросу мы указывали, что само понятие космической формы укачивания представлялось сомнительным. При этом подчеркивалось, что лабиринтологи не уделяли внимания строгому дифференцированию лабиринтных и экстралабиринтных нервных и гуморальных компонентов в механизмах регуляции конкретных реакций космонавтов.

В настоящее время вопрос о роли лабиринта заново пересматривается и упомянутые вегетативные нарушения рассматриваются как реакции экстралабиринтные, т. е. возникающие со стороны тех раздражений, которые идут с интероцепторов внутренних органов к вегетативным центрам и, в частности, к рвотному центру (рис. 2). В механизме этих расстройств имеет существенное значение нарушение не только взаимодействия анализаторов, но и гуморальное влияние. Усиленная вестибулярная тренировка в наземных условиях ввиду этого не всегда может дать положительный эффект из-за своей неспецифичности и из-за возможности появления состояния сенсификации вестибулярного аппарата.

Жизнь в замкнутой кабине

Большая группа вопросов возникает при рассмотрении проблемы жизни и работы космических экипажей в тесных кабинах космических кораблей. Среди этих вопросов важное место отводится изучению поведения человека, его психических и физиологических особенностей, а также резервных возможностей при длительном пребывании в изолированном пространстве малого объема.

Роль человека в условиях космического полета невозможно переоценить. Эта роль определяется уникальными свойствами человека, позволяющими ему проводить необходимые наблюдения, накапливать и анализировать полученную информацию, хранить ее в памяти или же использовать для немедленного принятия и осуществления решения. Ни одна сделанная руками человека машина не в состоянии выполнить все это. Еще И. П. Павлов писал, что человек — такая же система, как и всякая другая в природе, подчиняющаяся неизбежным и единым для всей природы законам, но является «системой единственной по высочайшему саморегулированию». «Саморегулирующиеся машины, — пишет он, — давно известны. Но наша система в высочайшей степени самоорганизующаяся, сама себя поддерживающая и даже совершенствующаяся».

Такие качества, как находчивость и настойчивость, а также относительная надежность сложных систем его организма говорят о необходимости участия человека в экспериментах по осуществлению космических полетов и изучению космоса.

Чтобы обеспечить надежность, безотказность системы «человек — летательный аппарат», необходимо знать, какие отрицательные сдвиги в организме человека вызывают разнообразные факторы космического полета и каковы резервные и адаптационные психологические и физиологические возможности человека в этих условиях. Под адаптацией следует понимать не только поддержание

энергетического равновесия, но и равновесия между поступающей и выходящей информацией, нарушение в котором приводит к серьезным функциональным изменениям организма.

При длительных космических полетах в условиях изоляции человек окажется под действием необычных, своеобразных условий. При полной изоляции от звуков, света, малейших движений значительно изменяется психическое состояние человека, обнаруживаются разные формы обеднения сенсорных раздражений (условно называемых «обстановочными» факторами): скудость чувствительных ощущений — однообразие и сравнительная бедность внешних впечатлений (практически не изменяющаяся картина звездного неба, отсутствие звуковых раздражителей, и т. д.).

Изоляция индивида или целого космического коллектива, т. е. отсутствие контакта с внешним миром и другими людьми, сопровождается резким сужением внешней (экстероцептивной) информации.

И, наконец, невесомость, естественным результатом которой является снижение мышечного тонуса всей, а особенно мускулатуры, поддерживающей определенные положения тела, изменение сосудистого тонуса в связи с отсутствием весового компонента гидростатического давления крови, уменьшение натяжения связок, на которых подвешены органы грудной и брюшной полостей и т. д.

Таким образом, в невесомости уменьшается интенсивность проприоцептивной импульсации (внутренняя информация).

В результате длительного действия подобных условий возникает изменение эмоциональных и познавательных процессов, что может сказываться на понижении способности к сложным размышлениям и в повышенной возбудимости. Могут наблюдаться некоторые психические отклонения, т. е. происходят серьезные нарушения работы всей центральной нервной системы.

Опыты с ограничением потока раздражителей в условиях изоляции по-

казали, что здоровый человек с высокими моральными качествами может длительное время находиться в сурдокамере без каких-либо психических изменений, угрожающих его здоровью. Возникающие при этом специфические обманы чувств не носят патологического характера. Эта форма обмана чувств относится к иллюзиям, связанным с неправильным восприятием раздражителей, информативная характеристика которых недостаточна. Иллюзии сами по себе не являются признаком психического заболевания и часто встречаются у здоровых людей, особенно когда что-то мешает отчетливому восприятию, в частности зрительному (например, плохое освещение). Большое значение имеет исходное психическое состояние людей, утомление, рассеянность, состояние ожидания и страха. Например, американский космонавт Гордон Купер, пролетая над Тибетом, видел дома и другие строения, в то время как разрешающая способность глаза не позволяет различать эти предметы с такой высоты. Американские ученые расценили это как галлюцинацию, вызванную одиночеством и влиянием невесомости. Но скорее это явление следует объяснить как иллюзию узнавания из-за недостаточной информации. Если для уверенного восприятия объекта недостаточно поступающих раздражителей, то осмысление ведет к мобилизации соответствующих представлений и в конечном счете — к узнаванию. И наоборот, вследствие неправильного осмысления создаются ошибочные представления, что обуславливает обман чувств, иллюзии узнавания.

Стремление к усилению яркости представлений в условиях изоляции вызвано уменьшением потока раздражителей, падающих на другие анализаторы. Следовательно, речь идет об изменениях в равновесном взаимодействии анализаторов. В обычной обстановке яркость воспринимаемых образов гасится за счет многочисленных и реальных раздражителей. При полной же изоляции, когда человек мало занят активной деятельностью, имеющиеся представления достигают большой убедительности.

Некоторые перспективы

Опыт первых космических полетов показал, что, с точки зрения биологии, они не связаны с какими-либо специфическими опасностями для человека. При тщательном обследовании после полета у экспериментальных животных и у человека не было обнаружено значительных отклонений в состоянии здоровья.

Биохимические, иммунологические и цитогенетические изменения, выявленные у некоторых животных после полетов на кораблях-спутниках, носили преходящий характер. Условия полета не оказывали существенного влияния на микробиологические и цитологические объекты. Культура водоросли хлореллы также полностью сохраняла жизнеспособность.

Однако на основании этих факторов можно делать обобщающие выводы только применительно к некоторым весьма ограниченным условиям космического полета. Перспективы выхода в космос за пределы околоземных поясов радиации и увеличения длительности полетов до нескольких месяцев и лет выдвигают перед космической биологией намного более сложные задачи, чем те, которые уже решены к настоящему времени.

Опасность повреждающего действия на биологические структуры космической радиации и трудности ее изучения подчеркнуты в большом числе работ. Особенно важно заметить, что при максимальном использовании средств защиты в длительных полетах не исключается систематическое или периодическое облучение относительно небольшими дозами, кумуляция которых может оказывать генетический эффект. Таким образом, биологическая разведка должна явиться необходимым этапом исследования космоса. Возможности биологической разведки значительно расширяются при использовании автоматических биоэлементов, содержащих чувствительные к облучению культуры бактерий.

Большое значение, как указывалось выше, имеют биолого-технические вопросы, связанные с разработ-

кой систем жизнеобеспечения и узязки (совместимости) человека со средой обитания, в том числе совместимости жизни человека с другими биологическими звеньями системы жизнеобеспечения. Помимо разработки этих вопросов, космическая медицина обращает особое внимание на следующие научные проблемы, имеющие первостепенную медицинскую значимость при подготовке к длительным космическим полетам:

1. Совершенствование принципов отбора и тренировки на основе дальнейшего накопления опыта изучения психологического, клинико-физиологического и биохимического состояния организма человека в реальных условиях обитания в космическом пространстве. В строгом сочетании с наземными экспериментами на животных, а также наблюдениями над людьми все более отчетливо удастся выявить новые факты о потенциальных механизмах адаптации и компенсации функций организма к условиям обитания «вне Земли», к условиям, искусственно создаваемым всем арсеналом средств в области космонавтики,— науки о человеческой деятельности, направленной на освоение космического пространства.

2. Лишь только конкретное знание межсистемных взаимосвязей организма на всех регуляторных его уровнях, знание закономерностей течения процессов в организме в длительном космическом полете будет способствовать добыванию новых фактов, столь необходимых в качестве соответствующих параметров для программирования ЭВМ по медицинскому контролю, диагностике и прогнозированию.

Обоснованность и четкость подобных параметров, их достоверность призваны служить основой дистанционного биоуправления нервными и гуморально-эндокринными функциями организма. Это одна из наиболее сложных задач космической биологии и медицины.

3. В свою очередь, постоянно совершенствуемое медицинское вмешательство в виде различных рекомендаций по приему лекарств, режиму труда, отдыха, сна, питанию, проведению комплекса физических упраж-

нений и т. д. позволит осуществлять необходимые мероприятия по профилактике и лечению возможных заболеваний, сохранению физиологических и психологических функций в адаптивных — гомеостатических — пределах, а тем самым сохранению здоровья и высокой работоспособности космонавта.

Очевидно, что максимальная диагностическая и прогностическая эффективность ЭВМ — решающий элемент медицинского обеспечения безопасности полетов — тесно связано с надежностью организма и надежностью техники. Обитаемость и надежность организма взаимосвязаны, поскольку высокая трудовая эффективность космонавта позволяет разумно управлять сложной техникой пилотируемого корабля при решении поставленных задач и максимально использовать и сохранять надежность техники.

Создание длительнодействующих орбитальных станций приобретает исключительное значение в разработке и иных проблем (передвижения, жилища, синтеза продуктов питания и др.), связанных с жизнью в космосе.

Мы назвали лишь несколько наиболее актуальных, с нашей точки зрения, проблем современной космической биологии и медицины. Несомненно их значительно больше, но и приведенные примеры говорят о необходимости дальнейшего расширения и углубления фронта работ, обеспечивающих наиболее рациональное и эффективное, последовательное и поэтапное решение научных проблем космической биологии и медицины.

УДК 629.198.61

Некоторые итоги и перспективы космофизических исследований

М. Я. Маров

Доктор физико-математических наук

Обеспечить в новом пятилетии... проведение научных работ в космосе в целях развития дальнейшей телефонно-телеграфной связи, телевидения, метеорологического прогнозирования и изучения природных ресурсов, географических исследований и решения других народнохозяйственных задач с помощью спутников, автоматических и пилотируемых аппаратов, а также продолжения фундаментальных научных исследований Луны и планет Солнечной системы...

Из проекта Директив XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971—1975 годы.



Михаил Яковлевич Маров, специалист по проблемам планетофизики и физики верхней атмосферы (аэрономии). Он автор многих научных работ, посвященных исследованию структуры и динамики земной атмосферы, изучению планеты Венера, математическим методам моделирования физико-химических процессов в планетных атмосферах. Активно участвует в работе различных международных организаций, избран в состав рабочих групп Комитета по исследованию космического пространства (КОСПАР) и Международной ассоциации геомагнетизма и аэрономии (МАГА).

Космофизика — очень молодая наука. По существу, она родилась с запуском первого искусственного спутника Земли и выделилась прежде всего из таких наук, как геофизика, астрофизика, физика атмосферы, планетология. Сейчас трудно очертить какие-то определенные границы и можно сказать, что космофизика аккумулирует главным образом те экспериментальные методы, развитие которых стало возможным со времени проникновения человека в новую для него сферу и с появлением возможности постановки прямого физического эксперимента в космосе. Космофизика, конечно, включает в себя и различные теоретические методы, лежащие в основе создания более или менее адекватных моделей для объяснения всей совокупности полученных экспериментальных результатов. Построение таких моделей представляет сложную задачу, поскольку, помимо ограничений, связанных с использованием приемлемых методов расчета, часто трудно выделить из всей совокупности получаемых данных реальное содержание, относящееся к исследуемому процессу.

Космофизика стремительно развивалась за последние 12—15 лет. Это был очень плодотворный период, бо-

гатый неожиданностями и настоящими открытиями. Когда-то Виктор Гюго, сравнивая науку с лестницей, говорил, что в процессе развития науки многое сама из себя вычеркивает и это — плодотворные вымарки. Свидетелями таких плодотворных вымарок мы были на протяжении 50—60-х годов. Попытаюсь проиллюстрировать это некоторыми примерами.

По мере развития методов исследований, в ходе накопления экспериментального материала прежде всего значительно изменились наши представления о свойствах земной атмосферы. Следует сказать, что структура верхней атмосферы непосредственно стала объектом исследования в связи с бурным развитием ракетной техники. Использование ракет и спутников для исследовательских целей потребовало проведения большого комплекса работ как теоретического, так и прикладного характера, разработки соответствующих приборов и оборудования. По существу, развилась новая самостоятельная область физического эксперимента.

До запуска ракет и спутников верхняя атмосфера представлялась в виде консервативной статичной среды. По данным косвенных наблюдений, а также теоретических исследований, к

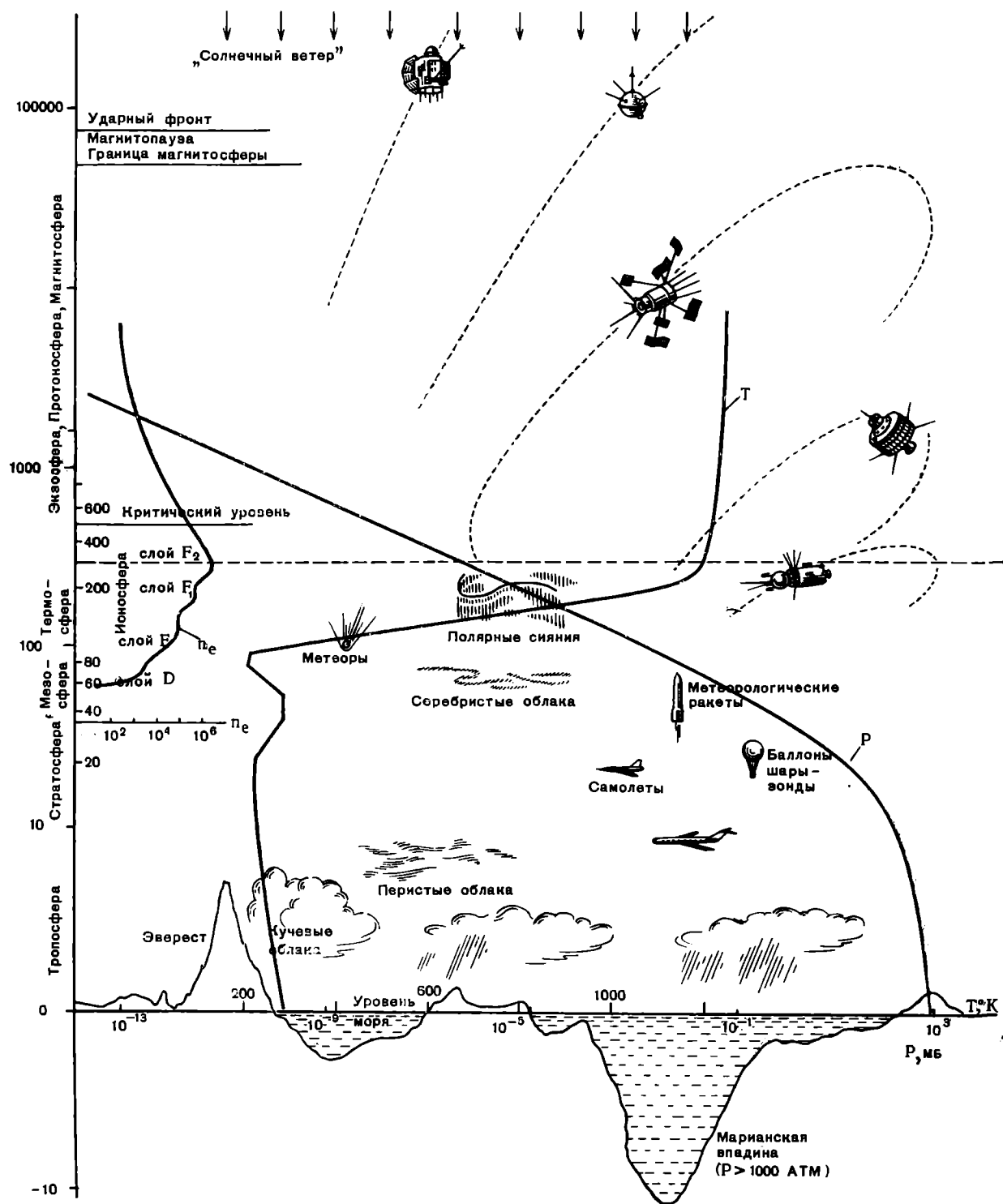


Рис. 1. Атмосфера и околоземное пространство интенсивно исследуются самолетами, баллонами, ракетами, спутниками. Сплошными линиями показаны изменения температуры и давления атмосферы с высотой. На вертикальной оси указаны области в атмосфере согласно принятой терминологии. Кривая p_e — высотный

ход электронной концентрации — ионосфера, постепенно переходящая в протоносферу. Пунктирная линия на высоте 300–400 км условно характеризует границу земной атмосферы по ранее существовавшим представлениям. Внизу — условный профиль максимальных перепадов высот на земной поверхности.

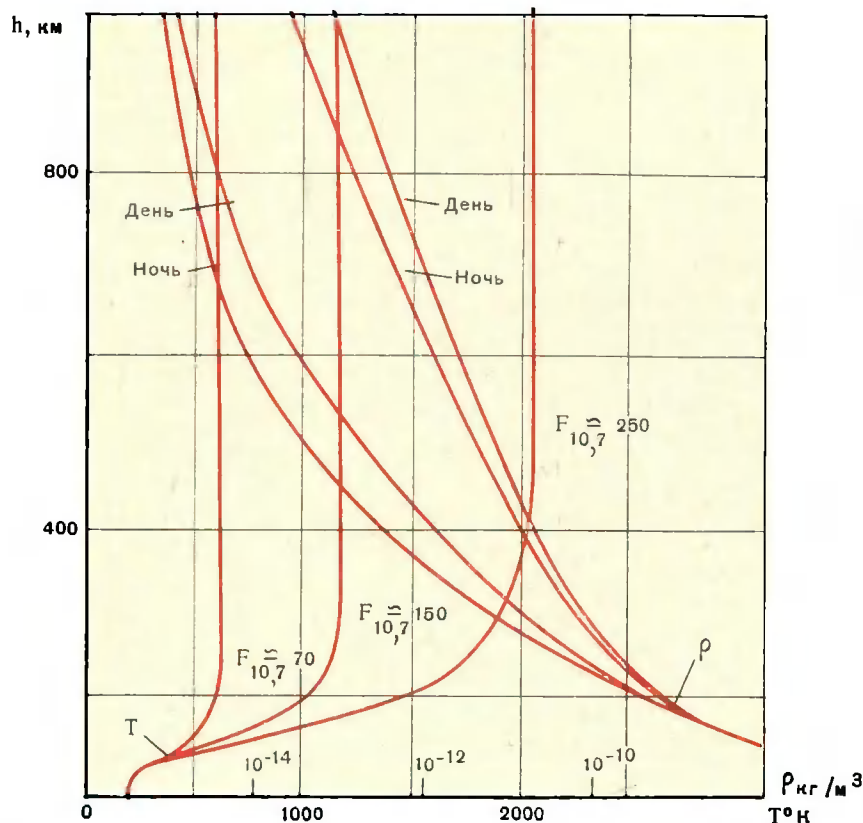


Рис. 2. Изменения температуры и плотности верхней атмосферы с высотой. Отчетливо виден существенно динамический характер верхней атмосферы, подверженной значительным вариациям вследствие изменения прежде всего солнечной активности и времени суток. Температура T выше 200–300 км в течение 11-летнего солнечного цикла, характеризуемого индексом потока солнечного дециметрового излучения ($F_{10,7}$), изменяется в 3–4 раза; плотность ρ соответственно изменяется в несколько сот раз (максимальные изменения — на высоте 500–600 км). Плотность атмосферы на высоте свыше 200 км меняется от дня к ночи в несколько раз, причем амплитуда суточных вариаций возрастает с уменьшением солнечной активности. Градиент температуры, максимальный в нижней термосфере за счет прямого поглощения солнечного коротковолнового излучения, на высоте 250–300 км падает почти до нуля, и атмосфера становится практически изотермичной.

40-м годам были установлены лишь некоторые чрезвычайно общие закономерности в изменении плотности, давления, температуры с высотой и получены отрывочные данные о составе верхней атмосферы. Было установлено, что давление и плотность убывают с высотой, в первом приближении был выведен также ход температуры. Предполагалось, что газовая оболочка Земли обрывается на высотах приблизительно 300–400 километров, а выше непосредственно

следует межпланетная среда, которая считалась почти «пустым» пространством. Однако уже результаты первых запусков привели к существенным изменениям этих ранее сложившихся представлений. Стало ясно, что область нейтральной атмосферы простирается до высот по крайней мере в несколько тысяч километров; что ионосфера, о существовании которой было известно по характеру отражения радиоволн, образует собой не просто отдельные

слои, а что деление это весьма условно и эти «слои» постепенно переходят один в другой; что сама ионосфера не обрывается вблизи уровня слоя F_2 на высоте около 300 км, где электронная концентрация максимальна, а простирается значительно выше, и на высоте ~ 1000 км концентрация заряженных частиц начинает превалировать над концентрацией нейтральных (рис. 1).

Большинство современных представлений о структуре и вариациях параметров нейтральной атмосферы на высотах приблизительно от 150 до 1500 км обязано данным об эволюции орбит искусственных спутников Земли, которые позволяют получить довольно цельную и непротиворечивую картину. Значительно меньше исследованы высоты от 80 до 150 км, где наблюдения за торможением обычных спутников невозможны, а данные различных прямых и косвенных методов, к сожалению, не дают полного глобального и временного охвата. Между тем как раз на этих высотах наиболее интенсивны фотохимические процессы, здесь же располагается область перехода от турбулентного перемешивания к гравитационно-диффузионному разделению газов. Область эта, по существу терминологии относящаяся к нижней термосфере, в значительной степени определяет поведение атмосферы на больших высотах.

Одним из важнейших результатов последних лет явилось обнаружение существенно динамического характера атмосферы выше 100–150 км. Это обстоятельство практически лишает смысла измерения плотности и температуры, если они не отнесены к определенному периоду и не указаны вероятная степень отклонения их от среднего значения в зависимости от ряда эффектов. По той же причине усложняется построение простых моделей верхней атмосферы для различных приложений.

Основные эффекты, вызывающие вариации структуры термосферы, условно можно разделить на две большие группы. К первой относятся эффекты, связанные с солнечным электромагнитным излучением, разогревающим верхнюю атмосферу и зави-

сящим от состояния солнечной активности и времени суток. Вторая группа вариаций обычно подразделяется на эффект магнитных бурь и полугодовой эффект и, очевидно, связана с воздействием потоков солнечной плазмы на магнитосферу Земли. Помимо названных, отмечены широтные и сезонные вариации плотности верхней атмосферы.

Наиболее значительны вариации температуры и плотности в течение одиннадцатилетнего солнечного цикла. Температура на высоте более 200 км изменяется в среднем от 600—700 до 1200—1400°K ночью и от 1200—1400 до 2200—2500°K днем. Таким образом, максимальный перепад температур на верхней границе термосферы от ночных условий в минимуме до дневных в максимуме солнечной активности может достигать почти 2000°K. При этом средняя плотность на высоте 200 км изменяется не более чем в два раза, тогда как на высотах 500—600 км она может изменяться в несколько сотен раз (рис. 2).

Наиболее регулярный характер носят суточные вариации температуры и плотности; максимум и минимум этих параметров приходятся приблизительно на 14—15 час. и на 4—5 час. местного времени, соответственно. Суточные вариации плотности резче проявляются на более низких высотах с уменьшением солнечной активности.

Большой интерес представляет природа вариаций, связанных с геомагнитной активностью. Даже относительно слабые геомагнитные возмущения оказывают глобальное воздействие на температуру и плотность верхней атмосферы, причем относительный эффект этих возмущений особенно велик в минимуме цикла солнечной активности. Во время сильных магнитных бурь температура в зонах полярных сияний может достигать свыше 3500°K. По результатам анализа торможения спутников в областях полярных сияний на высотах около 300 км отмечено в несколько раз большее возрастание плотности, чем в низких широтах.

Масс-спектрометрические анализы нейтрального состава верхней атмосферы с помощью ракет надежно

установили наличие диффузионно-гравитационного разделения аргона и молекулярного азота в атмосфере выше 100—120 км. Были получены данные о температуре и парциальных концентрациях основной составляющей нижней термосферы — молекулярного азота до высоты около 400 км, данные по атомарным составляющим — кислороду и водороду. Представления о нейтральном составе термосферы отражают кривые парциальных концентраций на рис. 3.

Очень успешно развивались масс-спектрометрические исследования состава верхней атмосферы выше 100 км в области анализа состава положительных ионов. Первые результаты относятся к периоду Международного геофизического года, когда из экспериментов,

проведенных на геофизических ракетах, стало ясно, что основным ионным компонентом в области 100—200 км являются ионы окиси азота. Этот результат — прямое доказательство определяющей роли ионно-молекулярных реакций в формировании ионосферы в областях E и F₁. На высотах 100—120 км были обнаружены тонкие слои ионов металлов — магния, железа, кальция и кремния, имеющих, по-видимому, метеорное происхождение.

В исследованиях на искусственных спутниках Земли было прослежено распределение и состав положительных ионов и их широтные вариации до высот порядка 1000 км. Было получено большое количество масс-спектров ионов молекулярного и атомарного кислорода, азота, во-

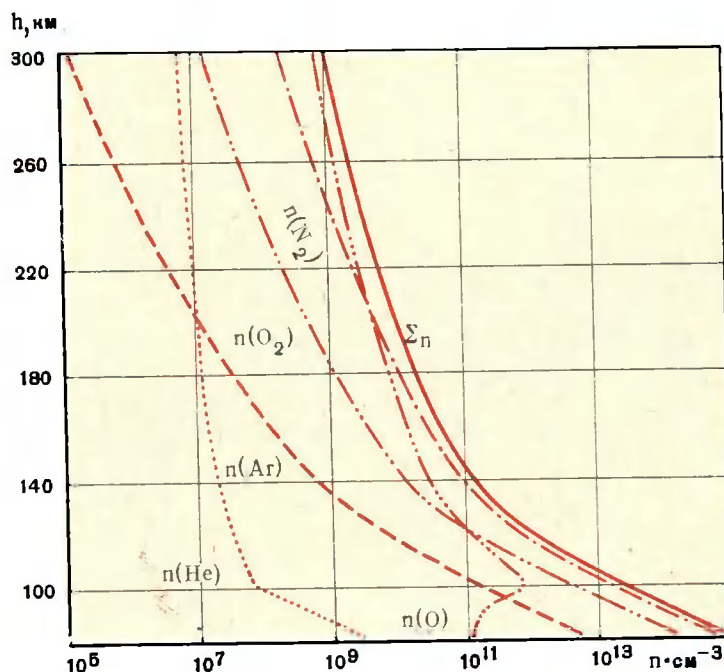


Рис. 3. Нейтральный состав верхней атмосферы Земли при среднем уровне солнечной активности (по данным CIRA, 1965). Сплошная кривая соответствует общей плотности атмосферы и характеризует изменение общего количества нейтральных атомов и молекул в 1 см³ в зависимости от высоты. Благодаря диффузионно-гравитационному разделению выше уровня турбопаузы (~110—120 км) и эффективности процессов фотодиссоциации молекул кислорода преобладающее содержание азота, характерное для перемешанной атмосферы ниже турбопаузы, постепенно сменяется преобладанием атомарного кислорода (на высоте 200 км). Вблизи 110—120 км концентрации атомарного и молекулярного кислорода выравниваются. Содержание тяжелого аргона быстро падает. Выше ~400—500 км постепенно начинает преобладать легкий гелий, а еще выше — водород.

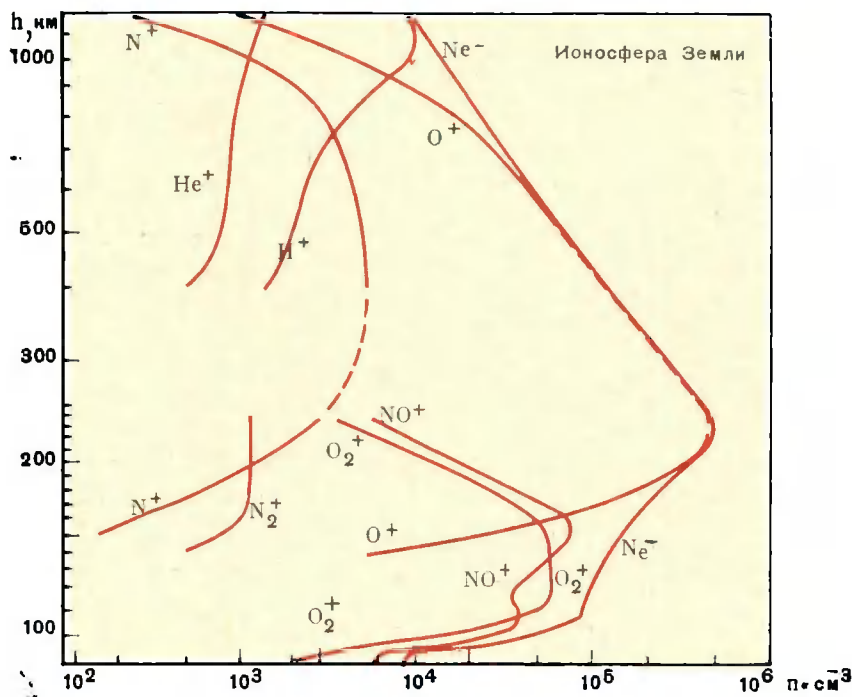


Рис. 4. Ионный состав земной атмосферы. На высотах около 60–80 км интенсивность солнечного излучения достаточна для того, чтобы произвести не только расщепление молекулы (диссоциацию), но и оторвать от молекулы или атома электрон с внешней оболочки (ионизовать его). Однако благодаря высокой плотности атмосферы на этих уровнях очень эффективны обратные процессы захвата электрона (рекомбинация). Количество свободных электронов и ионов возрастает с высотой, где процессы ионизации протекают интенсивнее и максимум электронной концентрации (N_e) достигается вблизи 300 км (область F_2). Распределение ионов по высоте зависит от потенциала ионизации различных атмосферных составляющих и их молекулярного веса. В области F_2 основные ионы — ионы атомного кислорода. Это отвечает высотному ходу нейтрального состава атмосферы, однако, в отличие от нейтральной компоненты, преобладающее содержание иона O^+ сохраняется до больших высот. Выше 800–1000 км начинают преобладать ионы водорода, вклад ионов гелия невелик.

дорода, гелия и обнаружены весьма значительные вариации ионного состава в зависимости от местного времени, а также некоторые другие вариации. Эти результаты дали возможность построить модель состава ионосферы, показанную на рис. 4.

Ионосфера представляет собой низкотемпературную плазму, частицы которой обладают энергиями меньше электронвольта. Они регистрировались вплоть до высот 20–25 тыс. км над земной поверхностью. На этих расстояниях такие частицы представляют собой ионы водорода — протоны, поэтому область околоземного пространства выше нескольких

тысяч километров получила название протоносферы.

Уже первые запуски искусственных спутников Земли позволили обнаружить присутствие примерно в тех же областях пространства частиц, обладающих значительно большими энергиями. Оказалось, что это довольно энергичные электроны и протоны с энергиями в десятки и сотни килоэлектронвольт, которые регистрировались в высоких широтах на высотах начиная от 500–800 км. Сложилось первое представление о том, что Земля, которая имеет собственное магнитное поле, окружена радиационными поясами. Поскольку земное магнитное поле в первом

приближении является симметричным полем диполя, а аппаратурой отдельных спутников регистрировались лишь частицы определенных энергий, первоначально выделялись три обособленных друг от друга изолированных пояса: внутренний, внешний и самый внешний.

Дальнейшее развитие исследований существенно изменило эту картину. В настоящее время надежно установлено, что все пространство выше 300–1000 км пронизывается частицами различных энергий в диапазоне от единиц килоэлектронвольт до сотен мегаэлектронвольт. Концентрации этих протонов и электронов различны. Средние измеренные потоки составляют приблизительно $10^7 \div 10^8$ частиц/см²·сек, что при скоростях в десятки тысяч километров в секунду соответствует средним концентрациям порядка 100 частиц/дм³. Эти частицы совершают сложные дрейфовые движения по магнитным оболочкам, происходит перераспределение энергий, но в пределах магнитосферы поле управляет движением частиц, поскольку плотность энергии магнитного поля превышает плотность кинетической энергии.

Откуда поступают в земную магнитосферу частицы? Это вопрос не простой. Первые исследования, которые были проведены на космических аппаратах, в частности на наших первых лунных станциях в 1959 г., дали основание считать, что вне магнитосферы Земли — не пустота, а пространство, заполненное достаточно горячей плазмой. Примерно к этому времени относится и появление представлений о солнечном ветре, т. е. о потоках плазмы, непрерывно истекающих из Солнца. Плазма квазинейтральна, энергия составляющих ее частиц (в основном протонов и электронов) соответственно порядка единиц и десятков килоэлектронвольт, а концентрация — несколько частиц в 1 см³. Плотность энергии частиц солнечного ветра выше плотности энергии магнитного поля, которое как бы «заморожено» в плазму и подчиняется движению частиц. В дальнейшем было выяснено, что концентрация частиц в солнечном ветре и их энергия существенно варьируют в зависимости от

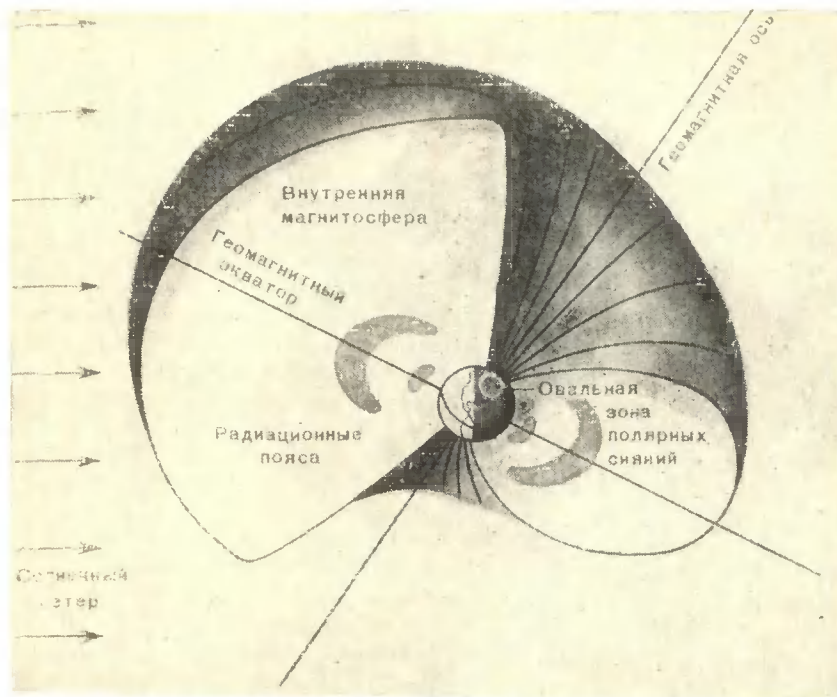


Рис. 5. Объемный разрез магнитосферы Земли. Замкнутые линии во внутренней магнитосфере соответствуют оболочкам, на которых располагаются захваченные частицы радиационного пояса. Асимметрия магнитосферы обусловлена поджатием ее с солнечной стороны плазмой солнечного ветра. Магнитосфера представляет собой как бы гигантскую катодно-лучевую трубку, «фокусирующую» частицы из внешних областей пространства, «высыпание» которых на высотах 100—200 км вызывает полярные сияния.

солнечной активности. В периоды солнечных вспышек скорости частиц могут достигать десятков тысяч километров в секунду, а их концентрация возрастает в десятки раз.

Возникла картина асимметричной магнитосферы¹, сильно поджатой с солнечной стороны потоками солнечной плазмы, на расстоянии 8—10 земных радиусов (около 60 тыс. км), где образуется фронт ударной волны (рис. 5). За этим фронтом находится зона нерегулярного магнитного поля и сильно турбулизованной плазмы (магнитопауза), где плотность энергии магнитного поля примерно сравнивается с плотностью энергии частиц, а дальше располагается область внутренней магнитосферы. Силовые линии регулярного магнитного поля, приблизительно соответствующие широтам 65—70°, сносятся сол-

нечным ветром в противоположную полусферу, и на ночной стороне образуется протяженный хвост или, как его еще называют, магнитный шлейф Земли; есть предположение, что он простирается на расстояния, превышающие тысячи радиусов, т. е. значительно дальше лунной орбиты. Очень интересно, что в середине этой зоны существует почти нейтральная область, при прохождении через которую меняется направление магнитного поля (рис. 6).

Развитие представлений о физических особенностях магнитосферы открыло новые возможности для выяснения механизма интереснейшего природного явления — полярных сияний. Тот, кто наблюдал полярное сияние, знает, какое глубокое впечатление оставляет это удивительное зрелище: калейдоскоп красок, исключительный динамизм развития, подвижность и многообразие форм. Формы эти постоянно меняются, сияние как бы «играет».

Благодаря совершенствованию прямых методов исследований удалось получить более ясные представления о природе полярных сияний. Это явление можно сравнить с разрядом в гигантской катодно-лучевой трубке. Магнитное поле оказывает примерно то же действие, что магнитная катушка в трубке. Эмиттером служит в данном случае Солнце, которое обеспечивает поступление электронов (и протонов, вызывающих сияния несколько иного типа). Энергия частиц поглощается на высотах порядка 100—150 км, где происходит их взаимодействие с молекулами и атомами земной атмосферы. Выделение энергии при этом значительно больше, чем сопровождающее вторжение потоков частиц свечение в видимой области спектра, которое напоминает флюоресцентное свечение экрана трубки. Остается непонятным, однако, как действует «управляющая сетка» для такой «катодно-лучевой трубки», где тот спусковой механизм, который обеспечивает возникновение и поддержание явления полярного сияния. Возможно, этот механизм связан с движениями плазмы, зависящими от процессов ее крупномасштабной циркуляции и вариаций геомагнитного поля. Не до конца выяснен и механизм проникновения заряженных частиц солнечного ветра в магнитосферу, поскольку с солнечной стороны этому препятствует прочный барьер, образуемый геомагнитным полем. Предстоит еще большая работа как физиков-экспериментаторов, так и теоретиков, чтобы окончательно разобраться с механизмом полярных сияний.

Полеты вне земной атмосферы дали возможность взглянуть на Землю, как на планету, получить представление о том, что же представляет собой Земля из космоса (рис. 7). Это позволило с большей определенностью судить о тех процессах, которые управляют глобальными земными явлениями на различных высотах. В частности, уже первые результаты космофизических исследований привели к появлению спутников, которые служат сейчас земным или, как их называют, народнохозяйственным целям. И в этом — закономерность развития науки. Мы

¹ О магнитосфере Земли см. «Природа», 1969, № 12, стр. 9—17.

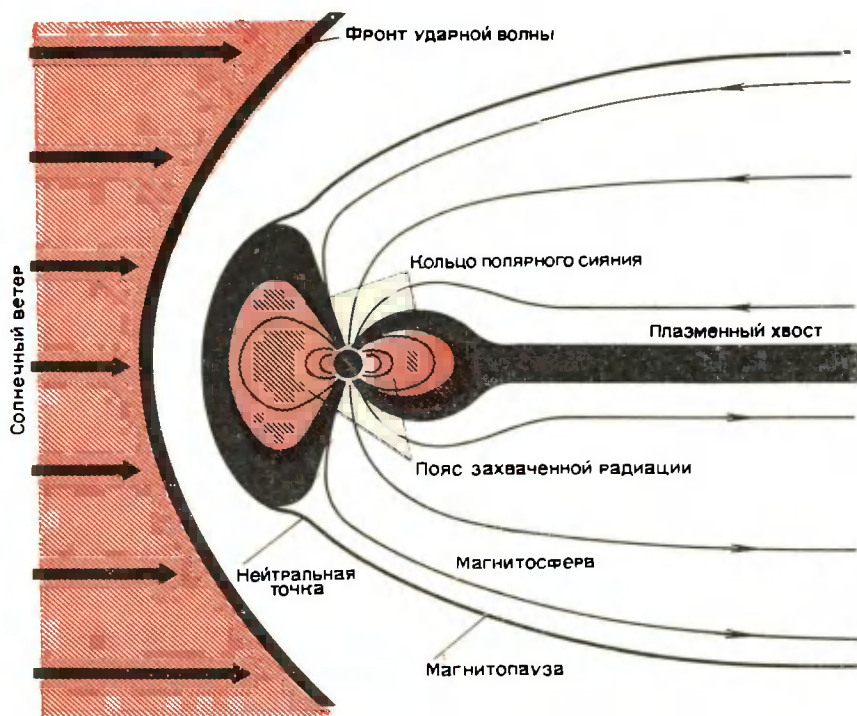


Рис. 6. Схема магнитосферы Земли. Изображено обжатие магнитосферы, показаны внутренняя и внешняя зоны и «снос» магнитных силовых линий на ночную сторону. Относительно устойчивая внутренняя область отделена от невозмущенной межпланетной среды широкой переходной областью нерегулярного магнитного поля. На ночной стороне магнитные силовые линии образуют протяженный шлейф Земли; на каком расстоянии замыкаются силовые линии геомагнитного поля — неизвестно.

уже привыкли к тому, что надежнее стал метеорологический прогноз, привыкли к тому, что в нашей стране и других странах мира существуют сети станций, обеспечивающих прием ретранслированных через космос теле- и радиопередач. Особенно ощущают громадные успехи космической техники люди, живущие в отдаленных районах, например на Крайнем Севере, потому что только благодаря этой технике они получили возможность смотреть передачи Центрального телевидения, смогли как бы приблизиться к культурным центрам. Запуски метеорологических спутников, по оценкам некоторых американских специалистов, уже в ближайшее время дадут экономию, исчисляемую миллиардами долларов.

Рассмотрим теперь некоторые результаты космофизических исследований, относящиеся к Луне и планетам солнечной системы.

Если для физики околоземного пространства известно гораздо больше экспериментальных данных, на основе которых можно сформировать достаточно определенные представления о природе изучаемого явления, то в исследовании Луны и планет прямыми методами делаются лишь самые первые шаги. Несомненно, что последующие исследования в сильной степени трансформируют существующие воззрения.

Начиная с 1959 г. исследования на советских «лунниках» дали возможность получить целый ряд интересных данных о физических характеристиках окололунного пространства и уникальные фотографии обратной стороны Луны. Уже первые снимки, которые были в дальнейшем дополнены высококачественными фотографиями с советских аппаратов «Зонд», американских «Лунар-Орбитер» «Аполлон», привели к выводу о

существенном отличии между видимой и обратной сторонами Луны. Если взглянуть на лунный глобус, подробнейшим образом передающий характер лунного рельефа, станет очевидным, что на невидимой стороне площадь равнинных участков — «морей» составляет менее 10% по сравнению с почти 40% на видимом полушарии, где горных массивов — «континентов» существенно меньше.

Важнейшим этапом в исследованиях Луны явилось осуществление первой мягкой посадки на ее поверхность советской автоматической станции «Луна-9» в январе 1966 г. Сам по себе факт посадки на небесное тело, лишенное атмосферы, представлял крупный шаг вперед в развитии космонавтики.

«Луна-9» дала возможность не только взглянуть на поверхность Луны в непосредственной близости и с высоким разрешением на местности, но и представила нам очевидные свидетельства того, что лунная поверхность достаточно прочна. Станция не провалилась в слой пыли, как можно было ожидать на основе мнений некоторых селенологов. Стало ясно, что лунную поверхность покрывают породы типа пемзы или шлака, подобные образованиям на Земле в окрестностях вулканов. Запуски искусственных спутников Луны, начало которым положила в апреле 1966 г. «Луна-10», позволили получить важные экспериментальные данные относительно физико-химических характеристик Луны и окололунного пространства. Из анализа гамма-спектров лунной поверхности был сделан принципиальный вывод о том, что по своему характеру лунные породы близки к земным базальтам. Была обнаружена повышенная интенсивность в окрестности Луны потоков малоэнергичных электронов, повышенная плотность микрометеоров; установлено, что напряженность магнитного поля Луны не превышает 35 гамм (1 гамм = 10^{-5} эрстеда) и тем самым подтверждены данные, полученные еще в 1959 г. «Луной-2». Полеты спутников Луны открыли интересные особенности (аномалии) лунного гравитационного поля — области повышенной концентрации

масс (масконы). Оказалось, что они локализируются в лунных морях, а их масса пропорциональна диаметру моря в степени от 3 до 3,6.

Новый важный этап в изучении Луны открыли полеты на Луну американских космонавтов по программе «Аполлон». Высадка человека на Луну является прежде всего крупнейшим техническим достижением. Оно было подготовлено всем предшествующим развитием космической техники и целенаправленной подготовкой к полету на Луну, проводившейся американскими учеными и инженерами начиная с 1961 г. Это был год первого прорыва человека в космос, год торжества человеческого разума: советский человек Юрий Гагарин стал первым космонавтом.

Давайте вспомним 1957 г., когда сигналы первого спутника буквально потрясли всю планету. Тогда никто не мог себе представить, что всего через 3,5 года в космос полетит человек, еще через 2 года он выйдет в открытый космос, что в 1966 г. будет произведена мягкая посадка на Луну, а в 1969 г. человек ступит на ее поверхность. Но именно такие стремительные темпы прогресса космонавтики.

Исключительную роль в этом прогрессе играют автоматические устройства. Возможности автоматов поистине безграничны, они делают явью самую смелую фантазию и обеспечивают получение уникальной научной информации без участия человека.

Конец 1970 г. отмечен такими выдающимися достижениями, как полеты автоматических станций «Луна-16» и «Луна-17». Исследование образцов лунных пород, доставленных на Землю из различных районов Луны экипажами кораблей «Аполлон» и «Луной-16», позволило существенно продвинуться вперед в понимании природы нашего естественного спутника. В земных лабораториях проводятся тщательные исследования химического, изотопного и минералогического состава лунного вещества, его физико-механических, теплофизических, оптических и других свойств. Подтверждено, что по своему составу



Рис. 7. Вид Земли из космоса на фоне лунной поверхности (снимок, полученный автоматической станцией «Зонд-7»). Помимо общих представлений о Земле как планете солнечной системы, глобальная съемка из дальнего космоса несет много информации о распределении облачности и ее динамике на земном шаре, позволяет выявить интересные особенности геологических структур, подробно передает характер различных ландшафтно-климатических зон, может использоваться для составления почвенных, растительных, геологических, гидрологических карт и целого ряда других приложений, объединяемых общим понятием «Космическое земледевие».

кристаллические породы поверхности лунных морей близки к примитивным базальтам Земли, хотя они и несколько различаются по содержанию в них отдельных химических элементов. Можно предполагать, что эволюция Луны проходила в целом так же, как и Земли, однако дифференциация вещества этих двух небесных тел достигла разных эта-

пов развития. Изучение поверхностного слоя Луны представляет также интереснейшую возможность для понимания наиболее характерных особенностей в структуре вещества горных пород, образующихся под воздействием космического вакуума, солнечного электромагнитного и корпускулярного излучений, ударов метеоритов, резких колебаний температуры. Вероятнее всего, подобные процессы имели место миллиарды лет назад и на Земле, на ранней стадии ее эволюции.

Огромные перспективы в изучении Луны и проведении многих интересных астрофизических исследований с ее поверхности открыты запуском «Луны-17» с аппаратом «Луноход-1». Проведенные в течение нескольких месяцев эксперименты позволили подробно исследовать в обширном районе свойства лунной поверхности — ее геолого-морфологические, физико-химические, механические и топографические характеристики. Следы, оставленные «Луноходом-1» на поверхности Луны (рис. 8), — прообраз будущих лунных дорог, которые свяжут между собой базы — станции на ее поверхности.

Фундаментальные результаты были получены за последние годы в исследовании планет. Пока на поверхности только ближайшие планеты солнечной системы — Венера и Марс.

С древнейших времен Венера волнует воображение человечества. Этой красивейшей «звезде», ярко сияющей в утренних и вечерних сумерках, поклонялись, ей приносили жертвы, она многократно воспета в эпосе разных народов и творениях великих мастеров слова.

Приблизительно до 40—50-х годов нашего столетия существовало убеждение, что Венера — ближайшая к Земле планета — обладает природными условиями, необходимыми для существования развитых форм жизни. И даже когда новые экспериментальные факты стали все с большей определенностью свидетельствовать о существенном отличии физико-химических условий на этой планете от земных, родились разнообразные гипотезы, пытавшиеся «примирить» результаты наблю-

дений с представлениями о сравнительно умеренном климате на поверхности Венеры. Наряду с этим существовали гипотезы о каменноугольном периоде на Венере, о водном океане, покрывающем сплошь ее поверхность, а также об обилии углеводородов в ее атмосфере (включая такие тяжелые, как бутан и пропан), которые могут образоваться в недрах планеты при высоких температуре и давлении, и, как следствие, о сплошном океане нефти на поверхности Венеры.

В чем же причина такого разнобразия представлений о природе этой планеты? На протяжении сотен лет Венера упорно хранила свои тайны под мощным слоем сплошных облаков, постоянно окутывающих планету. Они практически не позволяют выделить каких-либо отчетливых деталей на ее диске даже при использовании современных оптических телескопов, хотя в отдельные периоды наблюдались образования, подобные разрывам в облаках (рис. 9).

Более плодотворными по сравнению с наблюдениями в видимой об-

ласти спектра оказались развитые в последние десятилетия методы инфракрасной спектрофотометрии, особенно измерения при помощи аппаратуры, поднимаемой на воздушных шарах на высоты до 35 км, где поглощение регистрируемого излучения земной атмосферой существенно ослабляется. Изучение инфракрасных спектров позволило получить определенные сведения о химическом составе и температуре на верхней границе венерианских облаков и оценить давление атмосферы на этом уровне. Наиболее эффективные результаты дало использование приборов с высоким спектральным разрешением, которые приводили к представлениям о значительном количестве углекислого газа в атмосфере Венеры.

Однако большинство исследователей было склонно считать, что концентрация CO_2 не превышает 5—10%, а основной составляющей атмосферы Венеры, по аналогии с земной атмосферой, является азот. В отношении температуры предполагалось, что на границе видимого диска она составляет примерно

—30°С и в зависимости от того, какой газ остается преобладающим в атмосфере Венеры выше слоя облаков, может достигать до —60°С.

Спектральные измерения дали также сведения о присутствии в надоблачной атмосфере Венеры некоторых малых примесей, таких как кислород, пары воды, хлористый и фтористый водород. Видимо, так же как и CO_2 , они являются продуктами вулканической деятельности на планете. Однако оптические измерения были бессильны дать ответ на вопрос об абсолютных концентрациях отдельных компонент и значениях атмосферных параметров под облачным слоем. Поэтому оценки температуры и давления у поверхности планеты колебались в очень широких пределах.

Середина 50-х годов отмечена крупным успехом современной астрофизики: были проведены первые измерения собственного излучения планет в радиодиапазоне (на сантиметровых и миллиметровых волнах) и начата радиолокация планет. Радиоастрономические и радиолокационные измерения существенно

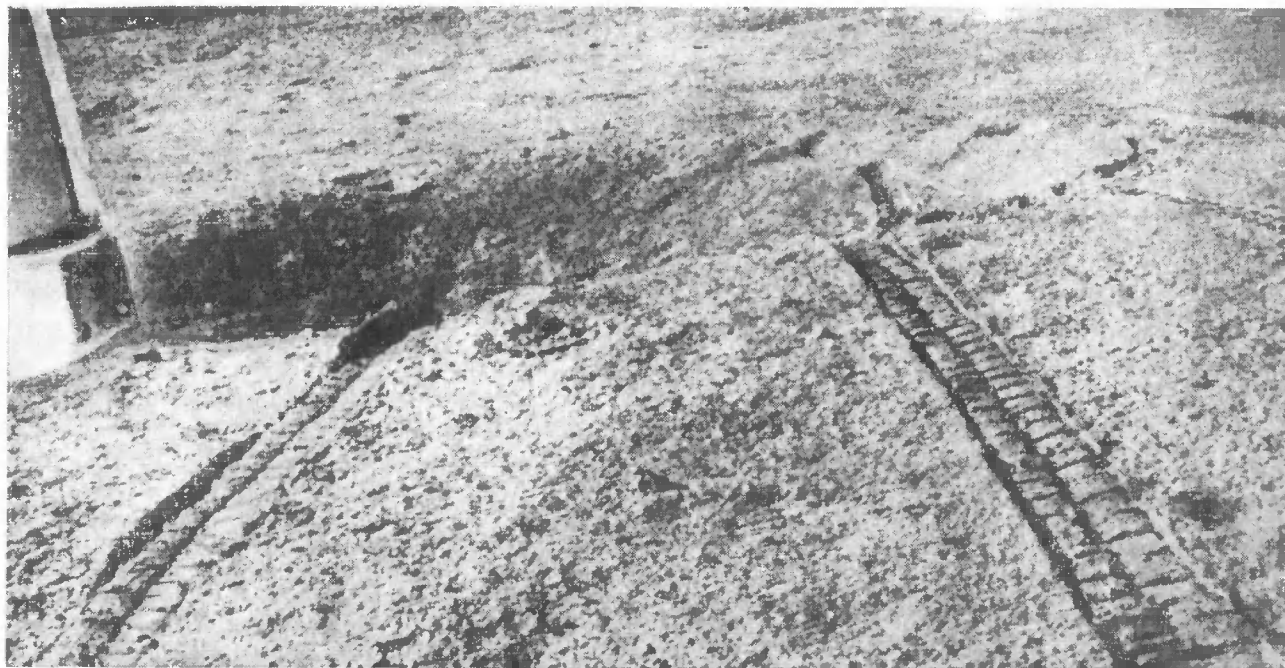


Рис. 8. Лунная панорама, полученная «Луноходом-1». Ярко видна грасса, проложенная космическим аппаратом.

расширили возможности наземных методов исследований и позволили дать ответ на целый ряд принципиальных вопросов о характеристиках Венеры. Прежде всего были получены сведения о ее собственном вращении и наклоне оси к плоскости солнечного экватора.

Оказалось, период собственного вращения Венеры составляет $243,0 \pm \pm 0,1$ земных суток, что близко к периоду обращения Венеры вокруг Солнца (224,7 суток), а направление вращения — обратное земному: вследствие этого длительность суток на Венере ≈ 117 земных. Наклон оси собственного вращения Венеры к плоскости орбиты планеты оказался приблизительно на 20° больше, чем у Земли, вследствие чего на Венере не бывает времен года.

Особенно интересно недавно обнаруженное по результатам радиолокационных измерений так называемое «синхронное» вращение Венеры относительно Земли. Было обнаружено, что при наибольших сближениях с Землей Венера обращена к нам всегда одной и той же стороной, что, вероятно, обусловлено возмущающим влиянием Земли за счет действия приливных сил.

Радиоастрономические измерения в диапазоне сантиметровых волн, которые почти беспрепятственно проходят сквозь атмосферу Земли и, как ожидалось, сквозь атмосферу Венеры, привели к представлениям о том, что поверхность Венеры может быть очень горячей, с температурой $250\text{—}400^\circ\text{C}$. Наряду с этим были выдвинуты другие гипотезы, объясняющие высокую радиояркую температуру планеты за счет различных источников «нетепловой» природы — сверхмощной ионосферы, тлеющих электрических разрядов в атмосфере, синхротронного механизма и др. Поэтому вопрос о значении температуры и давления у поверхности Венеры по-прежнему оставался открытым — назывались значения от десятков до сотен градусов Цельсия и от единиц до ста и более атмосфер.

Крупнейшим успехом в изучении Венеры и новым выдающимся вкладом в развитие космонавтики был полет советской автоматической

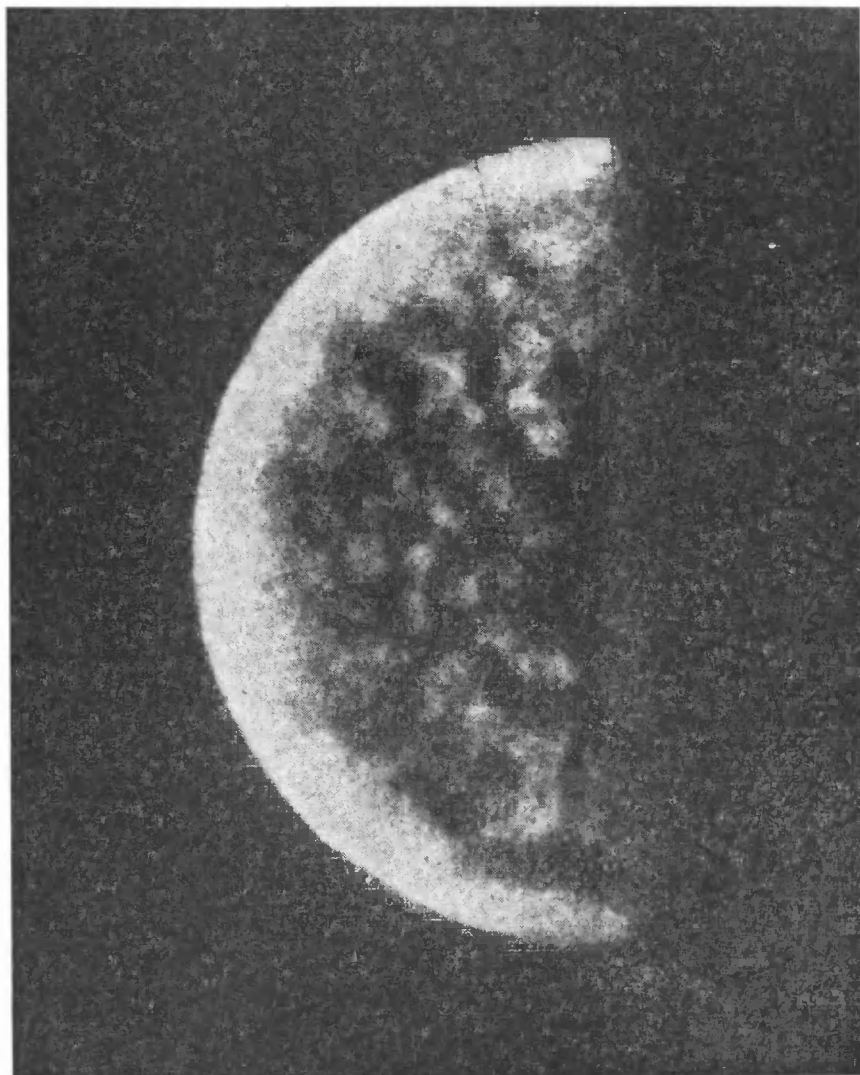


Рис. 9. Интересная фотография Венеры в видимой области спектра, взятая из Атласа планет, составленного В. де Галатеем и А. Дольфусом (Париж, 1968). Вопреки обычным представлениям о плотном, без разрывов, слое облаков, окутывающих Венеру, отчетливо видна крайне нерегулярная структура облачности (контрастность фотографии несколько повышена).

межпланетной станции (АМС) «Венера-4», которая 18 октября 1967 г. достигла планеты по трассе, проложенной первыми советскими и американскими космическими аппаратами, запущавшимися к Венере с 1961 г., и осуществила плавный спуск на парашюте в ее атмосфере. Впервые были проведены непосредственные измерения химического состава, температуры, давления и плотности атмосферы. Результаты этих измерений были переданы на Землю. Свыше полутора часов продол-

жался этот первый в истории человечества сеанс межпланетной радиосвязи. Уникальные измерения в подоблачной атмосфере Венеры позволили ответить на вопрос о ее основных физико-химических характеристиках и рассчитать модель атмосферы, удовлетворяющую полученным данным.

Важнейшим результатом явился анализ проб газового состава, который положил конец спорам о том, какой газ преобладает в атмосфере планеты. Оказалось, что атмосфера

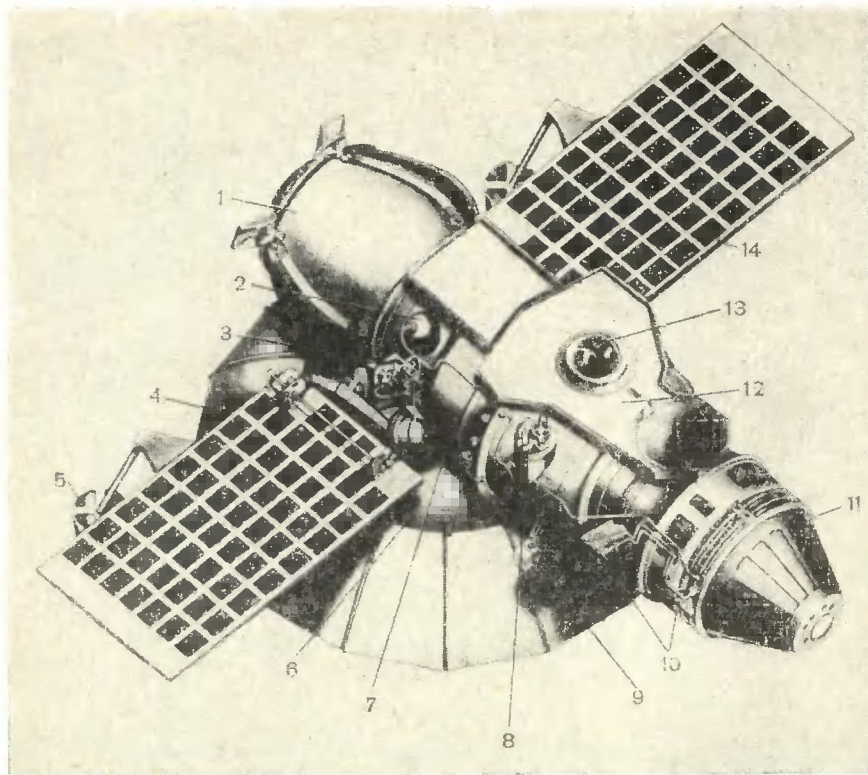


Рис. 10а. Межпланетная автоматическая станция «Венера-7»: 1 — спускаемый аппарат; 2 — баллон сжатого азота; 3 — блок автоматики пневмосистемы; 4 — остронаправленная антенна; 5 — малонаправленная антенна; 6 — радиатор-охладитель; 7 — орбитальный отсека; 8 — датчик постоянной солнечной ориентации; 9 — счетчик космических частиц; 10 — коллекторы пневмосистемы с управляющими соплами; 11 — корректирующая двигательная установка; 12 — защитная панель; 13 — датчик астроориентации; 14 — панели солнечных батарей.

Венеры почти целиком состоит из углекислоты, а не из азота, а вода и кислород являются малыми примесями. Были получены высотные профили температуры и давления атмосферы вплоть до уровня, где они равнялись приблизительно 270°C и 18 атм.

На следующий день после спуска «Венеры-4» измерения характеристик атмосферы Венеры произвели и американские исследователи. Эти измерения они осуществили косвенным методом путем анализа характера преломления в атмосфере радиоволн, посылавшихся на Землю при заходе космического аппарата «Маринер-5» за диск планеты. Такой метод принципиально не позволял получить распределения температуры и давления в атмосфере

ниже уровня, где они составляли около 150°C и 5 атм и где достигались условия критической рефракции, т. е., образно говоря, атмосфера Венеры «переставала выпускать» радиоволны. Вместе с тем эксперимент на «Маринере-5» дал возможность провести зондирование атмосферы до больших высот, приблизительно на 30 км вверх от начала участка парашютного спуска «Венеры-4». Тем самым данные «Венеры-4» были удачно дополнены. В интервале измерений, общем для обоих аппаратов, результаты хорошо совпали друг с другом.

Логическим продолжением непосредственных измерений в атмосфере Венеры, начатых «Венерой-4», стали эксперименты, осуществленные при совместном полете автома-

тических станций «Венера-5» и «Венера-6» в середине мая 1969 г. Как и в случае «Венеры-4», спуск был осуществлен на ночную сторону планеты вблизи экваториальной плоскости, приблизительно в 2000 км от утреннего терминатора. Спускаемые аппараты станций «Венера-5» и «Венера-6» проникли на 7 км глубже в атмосферу, чем «Венера-4», и на 20 км ниже уровня радиозахода «Маринера-5». Они четырежды произвели забор газовых проб на разных высотах, что позволило существенно уточнить химический состав атмосферы Венеры. Согласно полученным данным, содержание углекислого газа в атмосфере составляет $97 \pm 3\%$, содержание азота вместе с инертными газами не превышает 3%, кислорода менее 0,1%, а количество водяного пара находится в пределах 4—11 мг/л (при давлении 0,6 атм). На станциях «Венера-5» и «Венера-6» была поставлена целая система датчиков давления и температуры со взаимным перекрытием диапазонов их измерений. В результате было получено свыше ста отдельных измерений каждого из этих параметров на участке спуска длиной почти в 40 км. Температура на этом участке изменялась примерно от 20 до 325°C ; ход этого изменения оказался близким к адиабатическому. Достигнутое предельное давление составило 27 атм.

При помощи радиовысотомеров, установленных на «Венере-5» и «Венере-6», измерялись расстояния до поверхности в процессе спуска. Результаты этих измерений, отнесенные к соответствующим измеренным значениям давления и температуры, позволили рассчитать модель атмосферы Венеры и получить оценки атмосферных параметров вблизи поверхности планеты. Оценки свидетельствовали, что Венера обладает мощной атмосферой, а условия у ее поверхности крайне суровы: на среднем уровне поверхности следовало ожидать температуру порядка $400\text{—}500^{\circ}\text{C}$ и давление около 100—110 атм. Колебания в оценках значений температуры и давления у поверхности связаны с тем, что не было известно, по какому закону изменяется температура с глубиной.

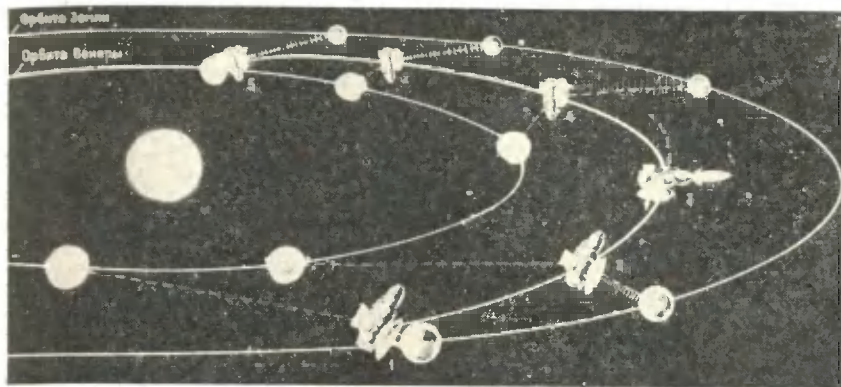


Рис. 106. Схема полета и проведение сеансов радиосвязи и коррекции МАС «Венера-7»: 1 — приемный сеанс; 2 — сеанс связи через малонаправленную антенну; 3 — сеанс астрокоррекции; 4 — сеанс связи через остронаправленную антенну; 5 — подлетный (припланетный) сеанс.

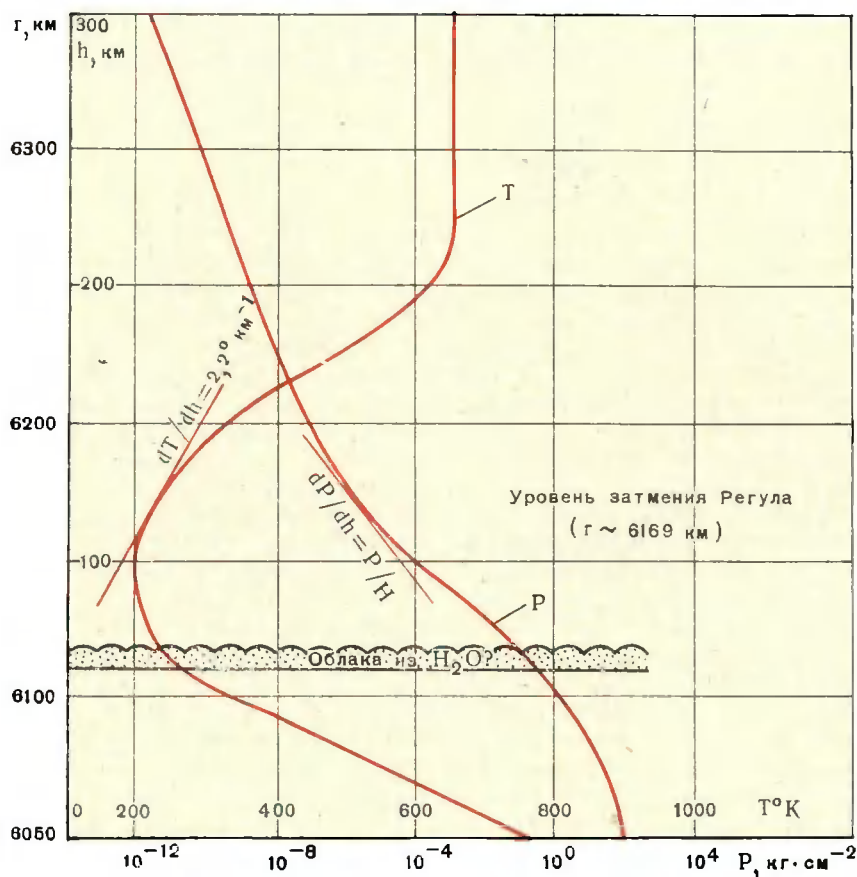


Рис. 11. Модель атмосферы Венеры, созданная по результатам измерений советских автоматических станций «Венера-4, 5, 6 и 7», американского космического аппарата «Маринер-5» и данным наземных наблюдений. Температура падает от $750 \pm 20^\circ \text{K}$ у поверхности до 190°K на высоте 105 км, где располагается область мезопаузы. Давление у поверхности составляет 90 ± 15 атм. Слой облаков, предположительно состоящих из ледяных кристалликов примерно микронного размера, располагается в области высот 60–70 км. Термосфера Венеры (область положительного температурного градиента) холоднее земной. Для условий средней солнечной активности температура термосферы в области изотермии составляет $650\text{--}700^\circ \text{K}$.

Наряду с предположением о сохранении адиабатического закона вплоть до поверхности были определенные указания на то, что у поверхности может существовать изотермическая область толщиной 5–10 км. Не исключалось также наличие вблизи поверхности инверсионного слоя. Что же существует на самом деле — на этот вопрос мог ответить лишь прямой эксперимент.

Конечно, проникновение в такую раскаленную и плотную атмосферу — задача чрезвычайной сложности. Это уже должен быть не просто космический аппарат, а одно временно батискаф, к тому же противостоящий температурам, приближающимся к температуре плавления алюминия.

Надежно спроектировать новую советскую автоматическую станцию «Венера-7» позволило прежде всего знание атмосферы по результатам измерений станций «Венера-4, 5 и 6». Запуск «Венеры-7» преследовал основную цель — произвести посадку на поверхность планеты и измерить параметры атмосферы вплоть до поверхности (рис. 10а, б). Данные, полученные в этом эксперименте, завершеном 15 декабря 1970 г., имеют фундаментальное значение. Установлено, что у поверхности Венеры в месте посадки станции «Венера-7» температура составляет $475 \pm 20^\circ \text{C}$, а давление 90 ± 15 атм. Это соответствует плотности газа, примерно в 60 раз превышающей плотность атмосферы у поверхности Земли.

На перекрывающихся участках в атмосфере Венеры, где проводили измерения станции «Венера-4, 5, 6, 7» и «Маринер-5», высотные профили температуры и давления хорошо согласуются друг с другом. Это свидетельствует, что атмосфера Венеры устойчива и по крайней мере до высоты 50–60 км вариации, очевидно, не превышают нескольких процентов от измеренных значений атмосферных параметров. Модель атмосферы Венеры, согласно современным представлениям, основанным на данных измерений космических аппаратов и результатах наземных наблюдений, показана на рис. 11.

Хорошо известно, что Земля и Ве-

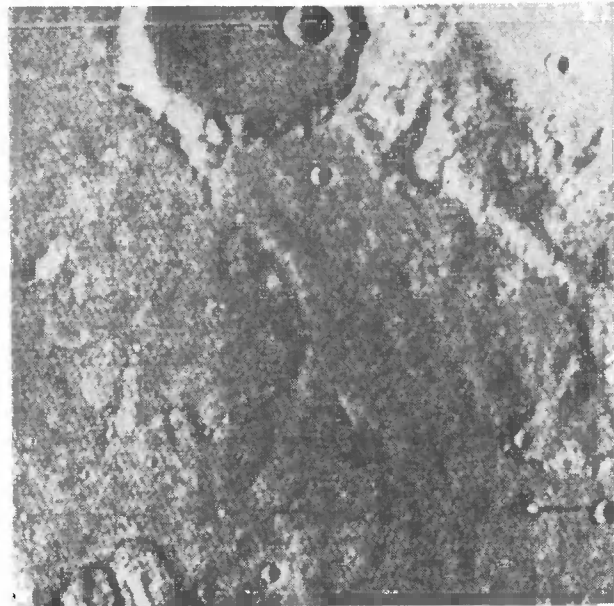
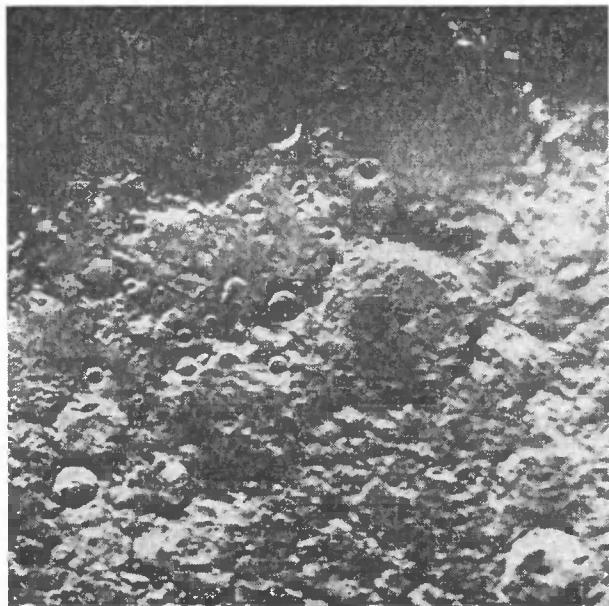


Рис. 12 Сравнение фотографий Марса (слева) и Луны (справа), полученных соответственно космическими аппаратами «Маринер-6» и «Зонд-7».

Для фотографий характерно замечательное сходство морфологических особенностей поверхностей общих небесных тел.

нера очень похожи друг на друга по многим внешним характеристикам, в связи с чем эти планеты часто называли близнецами. Теперь правильнее говорить, что это близнецы с весьма различными характеристиками. Вместе с тем небезынтересно заметить, что сходство Венеры с Землей не ограничивается размерами, плотностью, величиной поступающей солнечной энергии. Действительно, если разлить весь Мировой океан равномерно по поверхности Земли, то его средняя глубина будет около 3—3,5 км. А это значит, что среднее давление у основания земной гидросферы превышает 300 атм. На Венере вода на поверхности и в нижней атмосфере практически отсутствует, но образовалась плотная углекислая атмосфера большой глубины. Давление у основания такой атмосферы (около 100 атм) сравнимо, как видим, со средним давлением гидросферы Земли и не представляется в этой связи необычным: оно примерно такое же, как в океане на глубине 1 км.

Высокая температура, давление, преобладание углекислого газа, малое содержание воды и кислорода — все эти особенности атмосфе-

ры Венеры взаимосвязаны и взаимобусловлены. В частности, при повышении температуры в атмосферу переходит больше воды, а при обезвоживании — также и углекислоты, что, в свою очередь, способствует дальнейшему росту температуры; при высоких температурах не может существовать биосфера, а отсутствие биосферы по существу исключает возможность содержания в атмосфере больших количеств свободного кислорода. По-видимому, у поверхности Венеры нет жизни в привычных нам формах, хотя нельзя в принципе исключить возможность существования своеобразных живых форм на основе кремнийорганических соединений. Сказанное не исключает также возможности жизни в атмосфере, например вблизи венерианских облаков, где условия значительно более благоприятны.

Чем же можно было бы объяснить развитие на Венере столь своеобразных климатических условий? Вероятнее всего, высокая температура на Венере обусловлена действием гигантского парникового эффекта, когда солнечное излучение в видимой области, не сильно ослабленное атмосферой и облаками,

проникает до поверхности планеты, разогревает ее и переизлучается на более длинных волнах, которые задерживаются толщей атмосферного газа. Известно, что с повышением температуры и давления все большее количество тепла задерживается атмосферой. Можно себе представить, что такое постепенное разогревание привело в конце концов к устойчивому состоянию в атмосфере Венеры, которому соответствуют столь высокие температура и давление.

Существенным дополнительным механизмом переноса энергии в нижней атмосфере Венеры, несомненно, служит конвекция. Скорости вертикальных движений газа, как показывают расчеты, могут достигать десятков сантиметров в секунду. При таких скоростях переноса очень плотного газа, характерного для приповерхностной атмосферы планеты, должен происходить интенсивный теплообмен. Несомненно, что определенный вклад вносит в тепловой режим Венеры крупномасштабная циркуляция. Выше облачного слоя некоторые исследователи отмечали ураганные ветры — до 100 м/сек. Конечно, на больших глу-



Рис. 13. Фототелевизионное изображение Марса с расстояния 471 750 км, переданное космическим аппаратом «Маринер-7». Центральный меридиан соответствует $244,6^\circ$ в. д. (эфемерная долгота $115,4^\circ$). Наиболее выделяются на снимке яркая область кольцевой формы слева от центра *Nix* и *Olimpica* и яркие полосы сложной конфигурации в области *Tharsis Candor*. У правой кромки диска «канал» *Agathadaeton*, исчезающий за горизонтом. Темная диффузная площадь внизу слева — *Mare Sirenum*. Обращает на себя внимание также образование, напоминающее расщелину в области южной полярной шапки.

бинах они должны быть существенно меньше и, как показывают расчеты, могут составлять несколько метров в секунду.

Для планетарной циркуляции на Венере, очевидно, прежде всего характерен перенос воздуха от экватора к полюсам. Видимо, этот перенос служит одним из основных источников поступления тепла к полюсам, которые, как следует из недавних результатов радиоинтерферометрических измерений, практически не отличаются по температуре от экваториальных областей. Из-за большой теплоемкости атмосферы Венеры и огромного запаса тепла в ней она не успевает заметно остыть за венерианскую ночь (около 60 земных суток), и существенного различия между дневной и ночной сторонами ожидать не приходится: суточные колебания температуры, по оценкам, менее градуса.

В сложной структуре атмосферы Венеры и ее динамике важную роль играют облака, о природе которых

известно немного. Для измеренной на советских автоматических станциях концентраций водяного пара можно рассчитать высоту водяных облаков, толщина которых, вероятнее всего, достигает 5—10 км. В этом случае следует допустить, что облака состоят из кристалликов льда или сильно переохлажденной воды, а их нижняя граница оказывается на высоте около 60 км над средним уровнем поверхности планеты. При такой толщине и наличии интенсивных конвективных движений облачность будет почти сплошной, без разрывов.

Вместе с тем существуют отдельные данные спектроскопических и поляриметрических наблюдений, противоречащие гипотезе водно-ледяных облаков. Другое возражение против такой природы облаков состоит в том, что зарегистрированное количество водяного пара над облаками примерно в 500—1000 раз меньше, чем оно должно быть при температуре, измеренной на верхней границе облаков. Предположе-

ние, что облака на Венере могут состоять из гидратов углекислоты, образование которых приводит при той же температуре к значительно большему «высушиванию» атмосферы над верхней границей облачного слоя, также не согласуется со спектрами Венеры в ближней инфракрасной области. Нельзя, конечно, полностью отвергнуть и гипотезу «пылевых» облаков, особенно при существовании интенсивной конвекции у раскаленной поверхности планеты и отсутствии осадков, выпадение которых очищает воздух в атмосфере Земли. Наконец, рядом исследователей продолжают отстаиваться гипотезы венерианских облаков, включающих даже такие «экзотические» соединения, как ртутьсодержащие, хлористое железо, хлористый аммоний, гидраты магния. Вместе с тем в свете последних результатов анализа лабораторных спектров поглощения различных веществ в ближней инфракрасной области и сопоставления их с наблюдаемыми спектрами отражения Венеры наиболее вероятной составляющей облаков на Венере следует считать ледяные кристаллики примерно микронного размера.

Большой интерес представляет атмосфера Венеры выше облачного слоя, где начинает становиться эффективным поглощение солнечного ультрафиолетового, рентгеновского и корпускулярного излучений, которые, по существу, определяют структуру и процессы, происходящие в атмосфере на этих высотах.

Измерения «Венеры-4» и «Маринера-5» позволили составить представления об основных особенностях верхней атмосферы планеты. Температура ее существенно ниже, чем в верхней атмосфере Земли (в среднем приблизительно втрое), что обуславливает относительно небольшую протяженность атмосферы Венеры. По-видимому, до сравнительно больших высот сохраняется значительная концентрация углекислого газа, а содержание кислорода невелико. Еще выше в атмосфере Венеры, как и в атмосфере Земли, начинает преобладать атомарный водород, образуя протяженную водородную «корону» планеты.

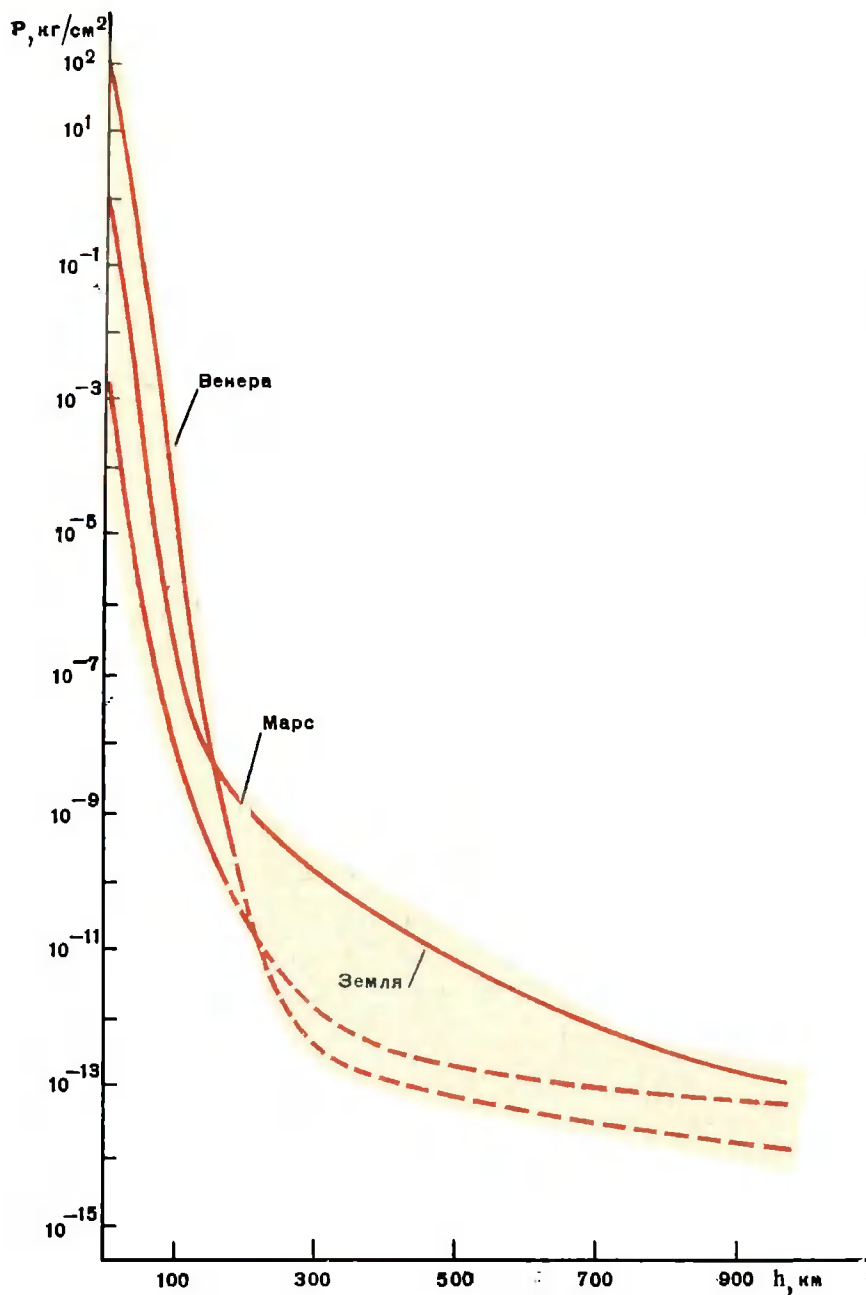


Рис. 14. Сопоставление структур атмосфер Земли, Венеры и Марса по давлению. Характер изменения давления с высотой для всех трех планет в целом одинаков. Более быстрое падение давления в атмосферах Венеры и Марса объясняется более низкими температурами их термосфер. По величине атмосферного давления Земля занимает промежуточное положение между Венерой и Марсом: на Венере оно примерно в сто раз выше, а на Марсе в сто раз ниже.

Поглощение коротковолновой солнечной радиации в верхней атмосфере приводит к расщеплению молекул на атомы (диссоциация) и отрыву от молекул и атомов электронов (ионизация). Процесс диссоциации позволяет, в частности, объяснить потерю атмосферной воды, которой значительно меньше, чем следовало бы ожидать на нынешней стадии эволюции этой планеты.

В сентябре 1969 г. успешно завершился полет двух американских космических аппаратов к Марсу — «Маринера-6» и «Маринера-7». Полеты этих аппаратов значительно уточнили результаты, полученные в 1965 г. «Маринером-4», и позволили существенно продвинуться вперед в понимании природы Марса. При пролете минимальное расстояние от планеты было 3200 км. Аппараты были оборудованы телекамерами с коротко- и длиннофокусными объективами, что дало возможность при различных расстояниях от планеты получить снимки всего диска и его отдельных деталей. Всего было сделано свыше двухсот снимков. При минимальном сближении с планетой разрешение составило треть километра. Это дает возможность выделить те детали, которые невозможно, конечно, получить при использовании наземных телескопов. На снимках поверхность Марса выглядит приблизительно так же, как поверхность Луны (рис. 12). Любопытная деталь: первые же снимки были показаны нескольким известным американским селенологам, которые, анализируя их, заявили, что им показывают фотографии Луны. Действительно, на снимках отчетливо видно очень большое количество кратеров на поверхности Марса. На площади размером 300×400 км можно насчитать около 200 кратеров. Если экстраполировать это число на всю поверхность, получается, что на Марсе можно ожидать свыше 10—12 тыс. кратеров. Их размеры колеблются от нескольких до почти 400 км (самый крупный — кратер Сиртис Майор). По характеру террас, кромок они очень напоминают лунные. Интересно, что возраст кратеров самый разнообразный. По эрозии кромок можно полагать, что

он исчисляется миллиардами лет. Однако очень часто рядом или даже в самом теле такого эродированного кратера встречаются кратеры, возраст которых, по оценкам, не превышает десятков миллионов лет. Вообще по результатам анализа фототелевизионных изображений можно прийти к выводу, что Марс больше похож на Луну с атмосферой, чем на Землю с кратерами: формы кратеров не сглажены, как это произошло на Земле, однако много кратеров эродировано.

На Марсе известна большая пустыня — Гелас. Она знаменита тем, что существенно меняет свою яркость в течение марсианского дня, который примерно равен земному. Эта пустыня, размером ~ 1000 км в поперечнике, аномальна в том смысле, что она совершенно не имеет кратеров. Возможно, они засыпаны песком, перенос которого ветром приводит к изменению яркостных характеристик этой области. Существование таких аномальных образований не дает возможности говорить сейчас о том, что Марс аналогичен Луне.

Бортовая радиоаппаратура, установленная на аппаратах «Маринер-6 и 7», дала возможность получить интересные результаты о параметрах атмосферы по характеру преломления радиоволн в атмосфере Марса. Уточнены данные о температуре и давлении атмосферы у марсианской поверхности, о его ионосфере.

Важную информацию принесли данные измерений при помощи инфракрасного и ультрафиолетового спектрометров, инфракрасного радиометра. Установлено, что атмосфера Марса, как и Венеры, состоит в основном из углекислого газа. Не обнаружено даже следов азота. Воды очень немного. Кислорода, как и на Венере, — малая примесь. У поверхности Марса среднее давление оценивается ~ 8 мбар — в 100 раз меньше, чем у поверхности Земли. Температура атмосферы на дневной стороне около $280\text{--}290^\circ\text{K}$, на ночной она быстро падает примерно на 80° , что свидетельствует об очень низкой теплопроводности марсианских грунтов.

С помощью инфракрасной радиометрии проведены непосредственные измерения температуры поверхности Марса. Оказалось, что она существенно различна в экваториальной и полярной областях. Экваториальные области на $100\text{--}130^\circ$ теплее. Температура южной полярной шапки, которая эффектно выделяется на снимках Марса (рис. 13), $\sim 50^\circ\text{K}$, или -123°C . При измеренных значениях температуры и давления углекислота у поверхности должна находиться в твердой фазе. По-видимому, полярные области на Марсе состоят из твердой углекислоты, возможно, с небольшими примесями льда. Вывод этот, однако, неоднозначен, поскольку данные измерений при помощи инфракрасных спектрометров не вполне согласуются с результатами инфракрасной радиометрии, указывая на то, что температура в области южной полярной шапки на несколько десятков градусов выше. В этом случае полярные шапки скорее всего состоят из обычного льда, хотя такое предположение трудно совместить с оценками общего содержания воды на Марсе (менее 35 мк осажденной воды при нормальных условиях).

Изучение телевизионных снимков Марса по результатам «Маринеров-6 и 7», так же как по «Маринеру-4», не обнаружило присутствия каких-либо образований правильной формы, замеченных Скиапарелли и Ловеллом еще в конце прошлого века и получивших название «каналов», которым в свое время приписывалось даже искусственное происхождение. Наиболее простое объяснение «каналов», выдвинутое еще Антониади, состоит в том, что при наблюдении с Земли многочисленных разбросанных по поверхности Марса кратеров («темных пятен», как предполагал Антониади) они воспринимаются на пределе видимости как регулярные структуры, вытянутые в линии.

Наконец, очень интересен вопрос, который волнует не только ученых, но и авторов фантастических романов и даже сценаристов кинокомедий: есть ли жизнь на Марсе. Что можно сейчас сказать? Эксперимен-

ты на «Маринерах-6 и 7» не дают пока возможности однозначно ответить на этот вопрос. Вместе с тем результат, полученный по измерениям при помощи ультрафиолетового спектрометра, порождает в этом отношении определенные сомнения. В приполярной области было зарегистрировано интенсивное ультрафиолетовое излучение (соответствующее длинам волн вплоть до 1800Å), отраженное поверхностью Марса. Проникновение такого ультрафиолета до поверхности должно губительно действовать на живые организмы, по крайней мере аналогичные земным, и препятствовать их существованию на поверхности. Это не исключает, конечно, наличия живой материи в приповерхностном слое, либо возможности ее приспособления к таким условиям. Поскольку интенсивное ультрафиолетовое излучение способствует процессам абиогенного синтеза, весьма вероятно наличие сложных органических молекул в атмосфере и на поверхности Марса.

В группе планет земного типа Земля занимает промежуточное положение. Ближе к Солнцу — Венера, дальше — Марс. Планеты, в общем похожие на Землю по целому ряду характеристик. Однако, как мы видим, они принципиально отличаются от Земли. На Венере давление атмосферы в 100 раз больше, на Марсе в 100 раз меньше (рис. 14). Средняя температура у поверхности Марса примерно $-30 \div -40^\circ\text{C}$, у поверхности Венеры $+475^\circ\text{C}$. В атмосфере Земли преобладает азот, атмосферы Венеры и Марса почти целиком состоят из углекислоты. Воды на обеих планетах практически нет. Поверхность Марса испещрена кратерами, что больше роднит ее с Луной. Венера имеет совершенно аномальный характер вращения, отличающий ее от всех других планет. Видимо, «промежуточное» положение Земли привело к развитию существующих на ней условий, сделало ее уникальной планетой, обеспечило зарождение и развитие ее биосферы. Какие процессы обусловили столь разный характер эволюции соседних планет — остается пока до конца не выясненным.

Изучение этой волнующей проблемы современной планетологии обещает выявление интереснейших закономерностей, поможет лучше понять мир, в котором мы живем. Важная роль в этом направлении принадлежит дальнейшему развитию и совершенствованию методов космофизических исследований.

Каковы перспективы развития космофизики?

Известно, что последствия того или иного человеческого деяния очень трудно определить, когда оно только зарождается. Космофизика — это «новорожденный», и поистине достойно восхищения, что уже в первые годы его жизни получены фундаментальные научные результаты. Дальнейшее проникновение в космос будет связано с усложнением экспериментов, расширением границ исследований, что потребует, видимо, и больших усилий, и больших затрат. Однако последствия этой деятельности могут значительно превзойти тот непосредственный эффект, который часто служит исходным стимулом научного поиска.

Говоря о перспективах, следует сначала выделить то, что уже сейчас реально можно обосновать, что не имеет принципиальных трудностей для своего осуществления, подготовлено предыдущим ходом развития космической техники. Это касается прежде всего изучения не доходящих до земной поверхности разнообразных излучений и тем самым — получения возможности более уверенно разобраться в проблеме солнечно-земных связей, установить важнейшие закономерности, управляющие жизнью нашей планеты. Это — продолжение полетов на Луну и планеты солнечной системы, широкое использование различных автоматических средств для исследования их атмосфер и поверхностей, изучения процессов в межпланетной среде и проведение экспериментов с целью понять происхождение и эволюцию солнечной системы.

Ход развития техники дает возможность говорить о создании в ближайшем будущем крупных орбитальных станций. Первые успехи на этом пути достигнуты в результате полетов наших «Союзов». Первая

экспериментальная станция создана в результате экспериментов на кораблях «Союз-4» и «Союз-5» в 1967 г. В этом направлении работают и американские ученые и инженеры. В принципе можно ожидать, что уже к середине 70-х годов появятся орбитальные станции, экипажи которых будут состоять сначала из 5—10 человек, а в дальнейшем, к началу 80-х годов, на них, видимо, будет размещаться постоянный персонал научных работников и инженеров, который постепенно достигнет 20—50 человек. Это уже новое качество, это даст возможность комплексного эксперимента, позволит разместить физические, химические, биологические и другие лаборатории непосредственно в космосе. Видимо, к этому же времени или несколько позже будет создана и первая стационарная база — станция на Луне. Чтобы использовать Луну как базу, очевидно, потребуются создание орбитальной станции на окололунной орбите. Энергетически выгоднее комплекс из постоянной станции на окололунной орбите и станции на околоземной орбите. Надо организовать сообщение между ними. Это потребует развития транспортных средств. Орбитальные станции, станции на поверхности Луны открывают очень широкие возможности для наблюдений за космическим пространством и за Землей и могут оказать неограниченную службу для астрофизики.

Как видим, перспективы исследований грандиозны, как грандиозны сами темпы научно-технического прогресса, свидетелями которых мы стали на протяжении последних десятилетий. Хотя Н. Винер как-то очень хорошо заметил, что порочность большинства прогнозов состоит в слишком робком проецировании на будущее возможностей науки, тем не менее я не думаю, чтобы в ближайшие несколько десятков лет стало возможным выйти за пределы нашей солнечной системы. Поэтому наибольший интерес приобретает возможность изучения пределов нашей Галактики и других галактик с помощью оптических и радиосредств. Луна представляет для этих целей хорошую платфор-

му, точно так же, как и околоземная орбита. Можно представить себе создание на Луне антенн невиданных на Земле форм и размеров. Можно говорить также о решающем шаге вперед в радиоастрономии, который будет достигнут с помощью радиоинтерферометров, использующих в качестве базы расстояние от Земли до Луны.

Серьезное развитие, несомненно, получают транспортные средства через космос. Как-то Сергей Павлович Королев говорил, что настанет время, когда мы сможем летать на Луну и обратно, словно совершать прогулки на катере по Москве-реке. Видимо, недалеко то время, когда появится космическая транспортная авиация, а затем и другие средства сообщения через космос.

Что же касается полетов человека на планеты, то, видимо, этого не следует ожидать раньше, чем через 15—20 лет, так как осуществление таких экспедиций требует нового совершенствования техники, решения целого комплекса принципиально новых сложных задач. К тому же результаты последнего периода все более и более убедительно показывают те громадные возможности, которые таит в себе использование автоматических устройств, что не только дешевле, но и не связано с риском для человеческой жизни.

Развитие космофизических исследований, дальнейшее совершенствование технических средств для проникновения в космос еще больше поднимет могущество человека над силами природы. Мы верим, что оно будет использовано на благо всего человечества, в интересах мира и дружбы между народами. Надо помнить, что наша планета — крохотная песчинка в океане Вселенной, и на ней природа создала благоприятнейшие условия для существования не просто жизни, а жизни разумной. Наши дети, наши потомки будут благодарны нам за то, что мы сохранили Землю как прекрасный оазис и вывели первых разведчиков человечества далеко за пределы родной Земли.

Изучение биогеоценозов пелагиали океана

Профессор М. Е. Виноградов



Михаил Евгеньевич Виноградов, доктор биологических наук, заместитель директора Института океанологии АН СССР. Им опубликовано более ста научных работ в области морской гидробиологии. Занимается изучением биологических сообществ пелагиали океана.

Открытый океан — это мир планктона. Огромные пространства — от закованных в лед полярных областей до жарких экваториальных широт, от щедро освещаемой солнцем поверхности воды до загадочных, не знающих солнечного света глубин — населены массой живых существ. В поверхностном слое океана в процессе фотосинтеза создается первичное органическое вещество, которое затем многократно используется в пищевых цепях пелагиали. Этот грандиозный круговорот имеет свои законы, свое течение. «Природу океана можно и нужно представлять себе как грандиозный процесс трансформации и обмена энергии и веществ»¹.

Использование естественных биологических ресурсов океана

Сейчас, когда население Земли быстро растет, человечество все большее внимание обращает на океан, как на колоссальный источник биологических ресурсов.

Океан занимает 71% поверхности Земли, но пока дает только 1% от общего количества потребляемых человеком пищевых продуктов и около 13% животных белков². Вместе с тем количество органического вещества, синтезируемого в океане за год, имеет тот же порядок, что

и годовая продукция суши¹. Объясняется это прежде всего тем, что биологические ресурсы океана эксплуатируются в основном путем «свободного промысла», в то время как на суше от такого нерационального «охотничьего» хозяйствования отказались уже много веков назад, перейдя к скотоводству и земледелию. Кроме того, в наземных сообществах используется главным образом продукция первых трофических уровней: продукция растений и питающихся ими травоядных животных. В океане же используются в основном конечные звенья пищевых цепей — рыбы и киты, стоящие на третьем-пятом трофических уровнях. Живая масса организмов, находящихся в сообществе на каком-либо трофическом уровне, примерно в 10 раз меньше массы организмов, находящихся на предыдущем. Поэтому одно то, что в океане человеком используются животные, стоящие в сообществе на 2—3 уровня выше, чем используемые наземные организмы, уже определяет, что полезная продукция океана (если считать исходную первичную продукцию в океане и на суше одинаковой) в 100—1000 раз меньше, чем полезная продукция суши. Поэтому возникает необходимость разработать способы хозяйственного использования низших трофических уровней океанических сообществ — прежде всего мелких пелагических ракообразных, питающихся фитопланктоном и образующих в некоторых районах огромные скопления. Уже проводятся пробные промыш-

¹ В. Г. Богоров. Биологическая трансформация и обмен энергии и веществ в океане. «Океанология», т. 6, 1967, № 5, стр. 839.

² П. А. Моисеев. Биологические ресурсы Мирового океана. М., изд-во «Пищевая промышленность», 1969.

¹ P. Duvigneaud. Ecosystèmes et biosphère. Bruxelles, 1962.

ленные ловы криля (рачков-эвфаузиид) в антарктических водах, но пока еще никак не используются огромные скопления рачков-калянусов в северных широтах Атлантического и Тихого океанов.

Предел вылова рыбы и китов в Мировом океане определен в 70—80 млн т в год. Мировой промысел, составивший в 1968 г. более 50 млн т и неуклонно растущий, уже приближается к этому пределу. Дальнейшая, даже очень энергичная, интенсификация «свободного» промысла и включение в его орбиту еще не освоенных районов и рыбных объектов, не сможет привести к существенному росту уловов. Уже сейчас темпы роста мирового улова быстро падают. С 1958 по 1961 г. ежегодное увеличение вылова составляло в среднем 3,4 млн т, или 9% по отношению к предыдущему году. С 1961 по 1964 г. средний прирост улова составлял 3,1 млн т, или 6,7%, а с 1964 по 1967—2,6 млн т, или 4,7% по отношению к предыдущему. Уловы в районах традиционного рыболовства в последние годы практически перестали расти, несмотря на увеличение числа и улучшение технической оснащённости промысловых судов. Более того, уловы основных промысловых рыб во многих районах начали сокращаться и заменяются малоценными видами, ранее не использовавшимися промыслом. Общий рост мирового улова происходит в последние годы преимущественно за счет ранее слабо эксплуатировавшихся районов Южного полушария.

Уловы могут еще возрастать в течение недолгого времени, пока не будет достигнут потолок «свободного» промысла, что, видимо, произойдет лет через 10. Дальнейшее увеличение промысла приведет к общему подрыву ресурсов океана. Причем такой подрыв ресурсов может стать необратимым, когда никакие ограничения, ни даже полный многолетний запрет лова, не приведут к восстановлению запасов, как это уже произошло с рядом промысловых видов. Так, например, стадо китов, когда-то многочисленное в Северной Атлантике, не восстанавливается, хотя охота на китов была пре-

кращена в этом районе еще 150 лет назад. Перелов скандинавской сельди в Норвежском море привел к тому, что ее место заняла малоценная рыбка путассу, численность которой резко увеличилась.

Необходимость искусственного повышения продуктивности биологических сообществ

Неизбежно возникает вопрос о переходе от свободного промысла к культурным методам хозяйствования в океане, т. е. вопрос искусственного повышения продуктивности биологических сообществ, как это исполон веков делается на суше.

Принципиально новая постановка основной задачи требует и разработки новой обширной научной проблемы, которая должна ее обеспечить. Чтобы определить рациональные пути воздействия на океанические сообщества, необходимо изучить их структуру и функционирование, закономерности процесса использования ими энергии, т. е. изучить управление в биологических системах океана. Это такой же необходимый теоретический фундамент хозяйственного использования океана в недалеком будущем, какими является бонитировка и изучение биологической структуры для свободного промысла.

Морские сообщества — сложные биологические системы, складывающиеся из популяций отдельных видов, в результате взаимодействия которых сообщества находятся в динамическом равновесии. Уровень продуктивности сообщества (продукция его конечных звеньев) зависит от количества входящей в него энергии и от эффективности ее использования в пищевой сети сообщества. Чем устойчивее, чем стабильнее система, тем большая часть энергии тратится внутри нее и тем меньшая ее часть доходит до конечных трофических уровней, которые используются человеком как полезная продукция. Многовидовые сообщества океана довольно стабильны, их пищевые цепи, как правило, длинны —

в результате их хозяйственная продуктивность низка.

Увеличение выхода конечного (полезного для человека) продукта может достигаться за счет искусственного нарушения регуляционных отношений в сообществе, изменения и укорочения пищевых цепей — понижения стабильности сообщества. Естественно, что при этом для поддержания функционирования сообщества необходимо затрачивать определенную работу (энергию). Так, посевы зерновых дают высокую продукцию (урожай), но настолько нестабильны, что без постоянных усилий со стороны человека не могут существовать.

Структура сообществ и процессы регуляции в них складываются из сложнейшей гаммы межпопуляционных отношений на фоне эволюционной приспособленности самих организмов к существованию в условиях данного сообщества. Приходится учитывать морфофизиологические особенности животных, их генетические характеристики, поведенческие реакции и т. д. Однако экологические исследования четко показывают, что основные связи в сообществах, интегрирующие сообщества как целое и определяющие основу их структуры и продуктивности, — это связи пищевые. Поэтому изучение трофических отношений внутри сообщества и продукции различных трофических уровней, т. е. изучение потока энергии через биологическую систему и ее использование на различных трофических уровнях, должно послужить базой для определения наиболее эффективных путей к направленному изменению структуры океанических сообществ.

Разработка проблемы идет по двум примыкающим друг к другу направлениям:

— изучение методов управления выходом полезного продукта в биологических системах прибрежных вод;

— создание теории управления в биологических системах открытого океана.

В настоящей статье мы сделаем попытку рассмотреть второе направление, которое еще только начинается разрабатываться.

Пути изучения структуры пелагических сообществ

Хотя к настоящему времени уже накоплены обширные материалы о биологии морских организмов и их взаимоотношениях, сколько-нибудь полного представления о функционировании океанических сообществ пока нет. Слишком сложны взаимодействия в реальных экосистемах¹.

Трудности исследования естественных экосистем заставляют обратить особое внимание на моделирование проходящих в них процессов, которое дает в руки исследователя возможность охватить совокупность имеющихся в экосистеме взаимодействий и достаточно обоснованно прогнозировать поведение системы при изменении тех или иных ее параметров. Кроме того, построение модели, как отмечает проф. Г. Г. Винберг², является мощным средством проверки согласованности отдельных экспериментальных фактов и наблюдений.

Для создания достаточно полной модели, все основные (для начала хотя бы основные трофические — энергетические) связи и процессы в системе должны быть учтены; модель должна включать временные и пространственные изменения не только биологических, но и абиоти-

ческих компонентов системы и отражать равновесный этап существования системы, т. е. этап, в течение которого поступление и расход энергии в системе были бы сбалансированы.

В моделировании экосистемы (биогеоценоза) можно представить себе следующие основные этапы:

1. Выявление основных компонентов и трофических (энергетических) связей, количественная оценка их.

2. На основании выявленных связей биологических компонентов внутри сообщества и со средой — создание схематической пространственно-временной модели функционирования системы.

3. Математическое описание совокупности процессов, протекающих в системе, т. е. создание математической модели. Определение ее основных параметров и просчет на электронно-вычислительной машине кинетики модели при различных начальных и граничных условиях.

4. Сопоставление полученных результатов с реальной картиной системы. Уточнение и дополнение первоначальной модели.

В идеале через несколько циклов приближения должна быть получена модель, реально отражающая основные процессы, протекающие в сообществе. На такой модели могут быть изучены последствия искусственного изменения различных параметров системы и выяснена целесообразность тех или иных изменений.

Уже предложено более двух десятков математических моделей продукционного цикла пелагических сообществ (экосистем) или его отдельных этапов. Подавляющее большинство авторов ограничивается моделированием развития фитопланктона и его выедания зоопланктоном. Некоторые модели охватывают функционирование всего сообщества, вплоть до конечных звеньев — хищных рыб³.

¹ B. C. Patten. Mathematical models of plankton production, *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, v. 53, 1968, № 3; D. H. Cushing. On the nature of production in the sea, *Fish. invest. Ser. II*, v. 22, 1959, № 6; А. А. Ляпунов. О построении математической модели балансовых соотношений в экосистеме тропических вод океана. *Тр. Ин-та океанологии*, т. 93.

Некоторые особенности биогеоценоза пелагиали

Основная особенность биогеоценоза пелагиали заключается в том, что создаваемое в результате фотосинтеза первичное органическое вещество, за счет которого в конечном счете существует все население толщи вод океана, продуцируется лишь в узком поверхностном слое, толщиной в несколько десятков или самое большее в 100—150 м. Совместно с продуцирующими растениями постоянно обитает животное население только этого тонкого слоя. Население же всей остальной громадной толщи вод поедает лишь остатки отмерших животных и растений, опускающихся из поверхностных слоев или мигрирующих из поверхностного слоя животных.

В верхнем продуцирующем слое сосредоточены практически вся масса растений (фитопланктона) и около половины массы зоопланктона, обитающего во всей толще океанских вод. Сообщества, населяющие этот слой, фактически определяют продуктивность тех или иных районов океана. Поэтому изучение их функционирования представляет наибольший практический и теоретический интерес. Кроме того, требующее экспериментальных наблюдений изучение энергетики сообществ глубинных слоев пелагиали в настоящее время пока еще сталкивается с непреодолимыми методическими трудностями. Ниже мы будем говорить только о сообществах и экосистемах верхнего, 200—300-метрового слоя воды.

Наиболее детально изучены экосистемы пелагиали умеренно-холодных районов океана. Для них сделано и наибольшее число попыток моделирования продукционного цикла. Но работа с сообществами бореальных вод имеет свои трудности, связанные с существенными изменениями продукции по сезонам, которые должны учитываться моделью. Практически очень трудно получить характеристики какого-либо одного конкретного океанического сообщества в течение круглого года.

В этом отношении солидные пре-

¹ Популяции организмов в природе образуют определенные совокупности — сообщества. Сообщество, отвечающее ряду условий, может быть названо биоценозом. Взаимосвязанная система сообщества и населяемой им среды получила название экологической системы, или экосистемы (А. Тенсли). Система биоценоза и населяемого им биотопа носит название биогеоценоза (В. Н. Сукачев). Термины «экосистема» и «биогеоценоз» весьма близки, но подобно тому как «сообщество» — понятие менее определенное, чем биоценоз, так и термин «экосистема» менее строг, чем биогеоценоз, и может иметь различные трактовки. Мы будем использовать термин «биогеоценоз», только говоря о системе, включающей весь биоценоз пелагиали; системы, включающие только части биоценоза, мы будем называть экосистемами.

² Г. Г. Винберг, С. И. Анисимов. Математическая модель водной экосистемы. В сб. «Фотосинтезирующие системы высокой продуктивности». М., «Наука», 1966.

имущества имеют экосистемы открытых тропических районов океана, слабо изменяющиеся по сезонам, так как в каждый момент времени их без существенной ошибки можно считать равновесными. В первую очередь это касается районов, не подверженных воздействию муссонных ветров. Поступление питательных солей из глубинных слоев связано там с квазистационарными (более или менее постоянными) подъемами вод, а не с сезонным перемешиванием, интенсивность же солнечной радиации мало меняется в течение года. Благодаря этому о продукционном цикле системы можно судить на основании сравнительно кратковременных наблюдений, которые могут быть проведены над одним и тем же сообществом. Вместе с тем структура и особенности функционирования сообществ в тропической зоне изучены гораздо хуже, чем в умеренно-холодноводных районах.

Поток энергии в биогеоценозе пелагиали идет по следующему пути. Солнечная энергия используется фитопланктоном, который на базе растворенных минеральных солей (биогенных элементов) создает первичное органическое вещество (1-й трофический уровень). Фитопланктон поедается растительноядным зоопланктоном (2-й трофический уровень), который в свою очередь поедается хищным зоопланктоном (3-й трофический уровень), тот — еще более крупным планктоном и рыбами (4-й и более высокие трофические уровни). Часть съедаемой пищи не усваивается и выбрасывается в виде органических остатков и растворенного органического вещества. Усвоенная пища частично тратится на обмен (дыхание), а частично идет на рост, т. е. на увеличение биомассы (продукция). Растворенное органическое вещество непосредственно усваивается микроорганизмами, а судя по последним данным, полученным К. М. Хайловым¹ и др., и более высокоорганизованными животными. Микроорганизмы поедаются животными-филь-

траторами. Органические остатки и трупы животных оседают под действием гравитационных сил, растворяются и минерализуются, главным образом благодаря деятельности микроорганизмов. Часть их непосредственно поедается животными-детритофагами¹. Биогенные элементы, высвободившиеся из остатков животных и растений на больших глубинах, не могут быть снова включены в продукционный процесс из-за отсутствия света. А подъем минеральных солей в поверхностные слои происходит главным образом в результате турбулентного перемешивания. Определенную роль в транспорте пищевых ресурсов играют активные миграции планктона.

Этот очень огрубленный перечень энергетических связей в пелагическом биогеоценозе показывает, как велико число параметров, которые необходимо определить для создания его действующей модели.

Количественные определения параметров биогеоценоза

Методика определения величин световой энергии, коэффициентов турбулентного перемешивания, концентрации биогенных элементов, в меньшей степени — концентрации фито- и зоопланктона более или менее удовлетворительно разработана. Гораздо сложнее обстоит дело с определением параметров накопления и расхода энергии на различных трофических уровнях сообщества.

Акад. Л. А. Зенкевич писал: «Слабой стороной построения целостной биогеоценотической системы океана является недостаточная точность количественных оценок отдельных крупнейших слагаемых общего биологического баланса океана. Это относится в равной степени как к показателям биомассы и продуктивности, так и к количественной оценке систем биогеоценотических связей и их энергетических характеристик»².

¹ Животные, питающиеся органической взвесью — детритом.

² Л. А. Зенкевич. Введение к сборнику «Программа и методика изучения биогеоценозов водной среды. Биогеоценозы морей и океанов». М., «Наука», 1970, стр. 12—13.

Действительно, сейчас нет недостатка в работах с общими рассуждениями о сообществах, экосистемах и биогеоценозах. Исследований же, посвященных количественной оценке энергетических характеристик сообществ, неизмеримо меньше.

Правда, количественной оценкой интенсивности процесса создания первичной продукции, т. е. создания первичного органического вещества в процессе фотосинтеза, в течение последних лет занимались многие исследователи, и сейчас методика определений довольно хорошо разработана, хотя и не безупречна. Наиболее точные измерения делаются с помощью радиоактивного углерода.

Энергетический баланс более высоких трофических уровней до последнего времени оставался практически неизученным. Определение его элементов для пелагических сообществ тропических районов океана было одной из основных задач специализированного биологического рейса экспедиционного судна «Витязь» Института океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР, проводившегося в конце 1968 — начале 1969 г. в экваториальной зоне Тихого океана. Проведенные в экспедиции исследования впервые дали возможность получить количественную оценку потребления и продукции основных трофических уровней экосистем океанической пелагиали и позволили с новой точки зрения взглянуть на некоторые кардинальные моменты их функционирования.

Новые, достаточно чувствительные методы определения продукции, пищевых рационов, трат на обмен, разработанные Ю. И. Сорокиным, Э. А. Шушкиной, Т. С. Петипа и Е. Д. Павловой¹ на основе исследования кормов, меченных радио-

¹ Ю. И. Сорокин. Применение C^{14} для изучения питания водных животных. В сб. «Планктон и бентос внутренних водоемов». М., «Наука», 1966; Ю. И. Сорокин, Т. С. Петипа, Е. Д. Павлова. Количественное исследование пищевой роли морского бактериопланктона. «Океанология», т. 10, 1970, № 2; Э. А. Шушкина, Ю. И. Сорокин. К методике определения продукции зоопланктона радиоуглеродным методом. «Океанология», т. 9, 1969, № 4.

¹ К. М. Хайлов. Экологический метаболизм в море. Киев, изд-во «Наукова думка», 1970.

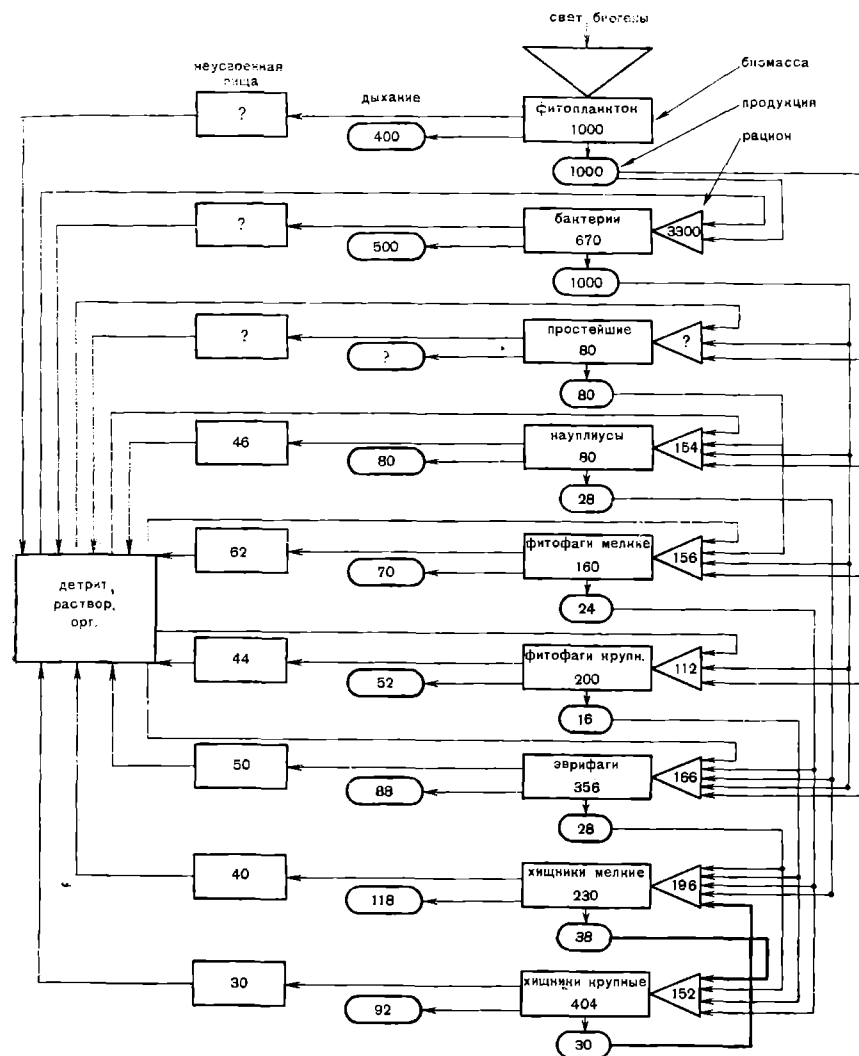


Рис. 1. Количественная схема потока энергии (кал/м² в сутки) через сообщество организмов, населяющих поверхностный 200-метровый слой воды тропических районов Тихого океана.

активными изотопами, позволили получить картину распределения потока энергии через биологическую часть системы (рис. 1). В районе наблюдений упомянутого рейса в процессе фотосинтеза используется всего лишь 0,025—0,055% солнечной энергии, падающей на поверхность океана. Количество синтезированного растениями органического вещества прежде всего лимитируется наличием биогенных элементов. Продукция фитопланктона, составляющая около 1000 кал под 1 м² поверхности моря, служит основой пищевой базы всего сообщества.

Следует обратить внимание на одну деталь схемы. Проведенное проф. Ю. И. Сорокиным надежное определение численности и продуктивности бактериопланктона, а также степени его агрегированности¹ показало, что около трети бактерий естественного бактериопланктона находится в составе агрегатов размером более 3—5 мкм; их-то и могут улавливать, поедать и усваивать животные-фильтраторы. Баланс орга-

¹ Способность бактерий существовать не в виде отдельных клеток, а образуя относительно плотные комки размером более 3—5 мкм.

нического вещества у фильтраторов-копепод на бактериальной пище оказался аналогичным балансу на растительном корме.

Таким образом, пелагические сообщества поверхностной зоны тропических районов океана не зависят целиком, в трофическом отношении, от фитопланктона. Имеется второй путь поступления пищевых ресурсов в сообщество: аллохтонное растворенное органическое вещество → бактериопланктон. Следовательно, продуктивность животных-фильтраторов и более высоких трофических уровней сообщества океанской пелагиали определяется не только продукцией фитопланктона, как это считалось, но и в большой степени — продукцией бактериопланктона. Естественно, это сильно изменяет сложившиеся представления о процессе создания биологической продукции в тропической пелагиали.

Продукция фитопланктона и бактерий выедается многочисленными и разнообразными простейшими и многоклеточными животными, начиная от науплиусов-копепод, имеющих средний вес около 2 мкг, до крупных копепод-фитофагов средним весом 200—300 мкг, и еще более крупными животными. Энергетический баланс у фитофагов разного размера различен, что заставляет рассматривать их отдельно. Так, отношение суточной продукции мелкого растительноядного зоопланктона к его биомассе (так называемый П/Б-коэффициент) составляет 25—35%, а для более крупного зоопланктона, например крупных копепод, 6—10%. Из всей пищи, съедаемой наиболее массовыми компонентами сообщества — рачками-копеподами, усваивается 60—80%, причем в среднем 75% усвоенной пищи тратится на обменные процессы и лишь 25% на рост, т. е. на создание продукции. Фитофаги и эврифаги выедаются различными хищными беспозвоночными животными, основную массу которых составляют мелкие виды со средним весом около 400 мкг. Растительноядными и мелкими хищными формами питаются крупные макропланктонные хищники (креветки, мелкие рыбы), а ими — нектонные формы (рыбы и голово-

ногие) — конечные звенья пищевых цепей пелагиали. К сожалению, данные об энергетическом балансе этих конечных звеньев пищевой цепи сообщества в рассматриваемой схеме отсутствуют, так как точные методы учета их численности в океане еще плохо разработаны.

Рассмотренная схема — сводка только первых попыток определения количественных энергетических параметров сообщества. Различные ее части получены разными методами, иногда еще недостаточно согласованными между собой, что неизбежно приводит к некоторому смещению оценок. Поэтому представленный на схеме общий энергетический баланс системы существенно не сходится. Не сходится и пищевой баланс некоторых уровней. Так, рацион хищных планктонных животных выше, чем продукция фитофагов. Однако несоответствия могли возникнуть также и за счет неравновесия анализируемой системы, о чем будет сказано несколько ниже.

Модель экосистемы пелагиали тропических районов океана

При подготовке к экспедиции чл.-корр. АН СССР А. А. Ляпуновым совместно с автором этой статьи и рядом сотрудников Института океанологии АН СССР и других учреждений была разработана математическая модель экосистемы верхних слоев пелагиали тропической зоны океана. Модель представлена в виде системы дифференциальных уравнений в декартовых координатах. В ней учитывалось: изменение световой энергии с глубиной, потребление азота и фосфора при фотосинтезе и их выделение при минерализации, интенсивность фотосинтеза, выведение фитопланктона зоопланктоном, размножение зоопланктона, выедание зоопланктоном зоопланктоном, суточные миграции зоопланктона, образование детрита из отмершего зоопланктона и продуктов его жизнедеятельности, деструкция¹ и гравитационное оседа-

ние детрита. Кроме того, учитывался коэффициент турбулентной диффузии по вертикали.

Предполагалось, что в открытом океане в низких широтах вдали от мощных восходящих потоков глубинных вод функционирование пелагического биогосециоза может моделироваться только в двух измерениях — по глубине и по времени, т. е. процессы, направленные вдоль вертикальной оси, обеспечивают равновесие и устойчивость системы. В самом элементарном виде система представлялась как стационарно-равновесное кольцо деструкционно-продукционных процессов, в котором убыль биогенных элементов с живыми организмами, их остатками и продуктами жизнедеятельности, опускающимися вниз глубже моделируемого слоя, компенсируется притоком биогенных элементов в результате турбулентной диффузии из глубинных слоев.

Изучение микрораспределения планктона по вертикали, проведенное новейшими методами непрерывного зондирования биолюминесцентного поля, создаваемого морскими организмами, с последующим прицельным отбором проб, позволило обнаружить резкую и устойчивую стратификацию распределения жизни в верхнем трофическом слое, противоречащую представлению о равновесности рассматриваемой выше элементарной системы.

На глубине 25—40 и 70—90 м имеются два стационарных слоя повышенной концентрации планктона, в которых скапливаются все три трофических звена сообщества: продуценты, консументы и редуценты. Вертикальная протяженность этих слоев обычно не превышает 5—10 м.

Формирование слоев повышенной концентрации планктона нельзя объяснить чисто физическим феноменом повисания планктона в зоне максимального градиента плотности воды. Видимо, оно имеет биологическое объяснение. Так, возникновение нижнего максимума, очевидно, обусловлено тем, что фитопланктон (а затем, на его базе, бактериопланктон и зоопланктон) получает оптимальные условия для развития в сравнительно узком слое, который

снизу ограничен недостатком света, а сверху недостатком биогенов. Действительно, в нем резко меняется концентрация лимитирующих биогенных элементов. Поступающие снизу в результате турбулентной диффузии биогенные элементы поглощаются здесь совместной активностью фитопланктона и бактерий и практически не проникают выше (рис. 2). Таким образом, этот слой как бы отсекает вышележащую часть сообщества от источника биогенов. Изоляция совершенно не обязательно должна быть полной; достаточно допустить неравенство потоков биогенов вниз и вверх.

Положение верхнего слоя определяется границами оптимальных условий фотосинтеза. Повышенная концентрация планктона в этом слое не может создаваться за счет биогенных элементов, поднимающихся из нижних слоев, так как они практически полностью используются нижним слоем повышенной концентрации планктона. Очевидно, здесь основным источником биогенных элементов служит их горизонтальный перенос из зон подъема богатых биогенами глубинных вод к зонам их опускания.

Биогенные элементы и растворенное органическое вещество, поднимаясь в поверхностные слои в зоне апвеллингов, затем многократно используются за счет продукционно-деструкционного круговорота в системе фитопланктон — зоопланктон — бактериопланктон. Постепенно биогенный фон поверхностного слоя беднеет из-за постоянного их оттока с мигрирующими в глубину животными и оседающими фитопланктоном и детритом.

Таким образом, в качестве элементарной моделируемой экосистемы должна рассматриваться сукцессия¹ сообщества во всем цикле оборота воды или хотя бы в тот его период, когда вода находится в поверхностном слое. Иными словами, в математическую модель сообщества следует ввести изменение по горизонтальной оси вдоль движения

¹ Деструкция — разрушение, разложение, нарушение нормальной структуры.

¹ Сукцессия (от англ. succession — последовательность, смена) — последовательная смена одних состояний биосециоза другими.

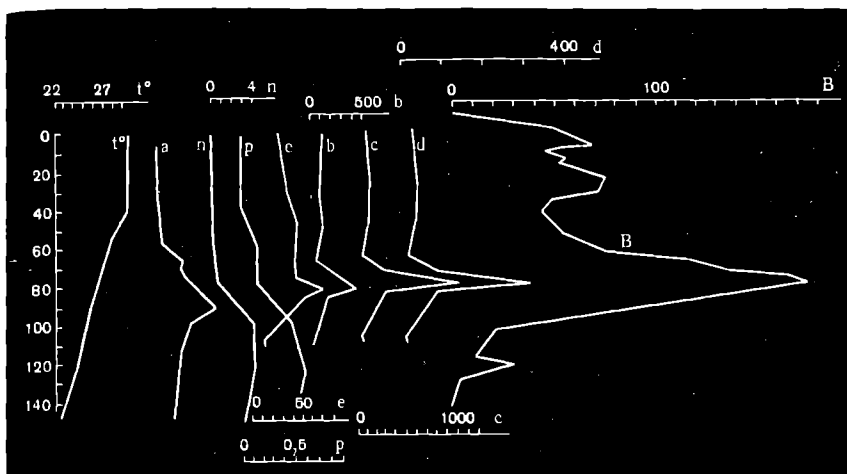


Рис. 2. Стратификация физических, химических и биологических параметров по результатам прицельного взятия проб, основанного на одновременном батифотометрическом зондировании: t° — температура; а — градиент плотности; N — суммарный азот (мкг атм/л); P — общий фосфор (мкг атм/л); b — относительное распределение фитопланктона (%); c — общее число бактерий (тыс/мл); d — биомасса бактерий (мг/м^3); e — продукция бактерий (мг/м^3 в сутки); B — интенсивность биолюминесценции (по М. Е. Виноградову, И. И. Гительзону, Ю. И. Сорокину, 1970).

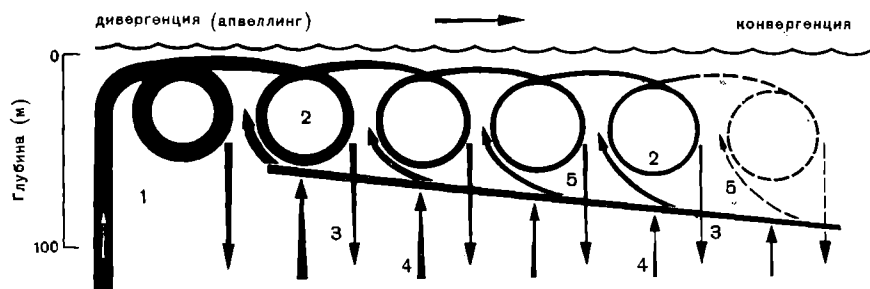


Рис. 3. Схема круговорота биогенных элементов и органического вещества в пелагическом сообществе тропических вод океана: 1 — подъем биогенных элементов и растворенного органического вещества из глубинных слоев в зоне апвеллинга; 2 — их многократное использование в продукционно-деструкционных циклах сообщества поверхностных слоев; 3 — потеря с опускающимися органическими остатками и мигрирующими организмами; 4 — турбулентный подъем биогенных элементов и растворенной органики из глубинных слоев и их задержка в зоне нижнего максимума; 5 — включение биогенных элементов, поднявшихся из слоя нижнего максимума с мигрирующими организмами, в продукционные циклы поверхностного сообщества, не компенсирующее потерь биогенных элементов с нисходящим потоком (по М. Е. Виноградову, И. И. Гительзону, Ю. И. Сорокину, 1970).

потока «старющей» воды. Очевидно, модель следует строить в лагранжевых координатах.

Для упрощения задачи можно ограничиться изучением и моделированием различных, сменяющих друг друга по времени (и, следовательно, вдоль потока) состояний системы, например состояния системы в зоне подъема вод, в зоне опускания вод и в двух-трех точках между ними.

Естественно, что к каждому такому сечению не может быть предъявлено требование равновесности системы. Вблизи зоны подъема в системе происходит накопление энергии, а «ниже по течению» — ее растрачивание. В частности, этим может быть объяснен дисбаланс между продукцией фитофагов и рационом хищников, о котором говорилось выше. На поздних стадиях

сукцессии сообщества при растрачивании накопленной энергии превеливание хищников вполне закономерно.

Сказанное здесь может быть иллюстрировано схемой круговорота биогенных элементов и растворенного органического вещества, включающихся в трофические цепи сообщества пелагиали тропических вод океана (рис. 3).

В настоящее время разрабатывается модель сообщества, учитывающая высказанные выше соображения. Уточнение ее параметров — задачи следующих специализированных рейсов океанографических судов, которые предполагается провести в ближайшем будущем.

Пока же сделаны только первые шаги в изучении динамики энергии и массообмена в естественных морских биологических системах. Впереди большая работа по сопоставлению результатов, полученных на модели, с реальной картиной биологических систем океана; работа по совершенствованию модели и уточнению ее параметров. Необходима разработка новых методов полевых и экспериментальных исследований, создание новой современной аппаратуры. Существенную помощь в будущем должно оказать и биологическое моделирование, т. е. создание в океане небольших изолированных систем с контролируемыми условиями.

В дальнейшем, наряду с определяющей проблемой о потоке энергии через биологические системы океана, будет разрабатываться и широкий круг примыкающих к ней вопросов, таких как поведение отдельных компонентов сообщества, генетические и морфологические особенности их членов и т. п., и, наконец, эволюция самих сообществ.

Разработка проблем управления в биологических системах океана должна дать теоретическую основу для рационального воздействия на океанические сообщества и повышения выхода хозяйственноценного продукта, позволить вести эффективное хозяйствование в океане и в конечном итоге увеличить количество белка, получаемого из океана.

Границы биологии

Ж. Моно



Жак Моно (Jacques Monod), профессор Коллеж де Франс. Свою научную деятельность начал в лаборатории выдающегося американского генетика Т. Моргана. В 1955 г. организовал и возглавил отдел биохимии клетки в Пастеровском институте (Париж). За работы по регуляции внутриклеточных процессов Ж. Моно (вместе с А. Львовым и Ф. Жакобом) получил Нобелевскую премию 1965 г. по физиологии и медицине¹.

Публикуемая статья представляет собой выдержки из новой книги Ж. Моно «Случайность и необходимость. Очерк натурфилософии молекулярной биологии», вышедшей во Франции в издательстве «Seuil» в 1970 г. Основная идея автора, известного французского биолога, выражена в его словах: «Случайность заключена в структуре ДНК, необходимость — в селекции». Мысли о развитии современной биологии, высказываемые в публикуемых отрывках, не укладываются, естественно, в рамки одной науки; автор стремится философски осмыслить и обобщить достижения многих дисциплин — молекулярной биологии, физиологии высшей нервной деятельности, теории происхождения жизни.

Размышляя о необозримом пути, пройденном эволюцией за 3 млрд лет, о колоссальном богатстве структур, которые она создала, о чудесной дееспособности эволюционных достижений живых существ, было бы хорошо вернуться к сомнениям, что все это могло быть результатом лотереи, где случайно вытягивают номерки, среди которых слепая селекция назвала редких выигравших.

Внимательно рассматривая накопленные доказательства, что только эта концепция соотнобразится с фактами (особенно с молекулярными механизмами репликации, мутации и трансляции), находят доводы в пользу ее достоверности. Чудо «объяснено», но оно все еще продолжает нам казаться чудесным. Как писал Мориак: «То, что говорит этот профессор, кажется нам еще более невероятным, чем то, во что верим мы, бедные христиане».

Это верно, как верно и другое: невозможно создать удовлетворяющую нас мысленную картину, соответствующую некоторым абстрактным представлениям современной физики. Но мы знаем также, что подобные затруднения не могут быть признаны аргументом против теории, зиждящейся на достоверности опыта и логики. Масштаб рассматриваемых явлений превышает категории нашего непосредственного опыта — вот основная причина невосприятия некоторых сторон в физике, микроскопии и космогонии. Только абстракция может помочь преодолеть эту слабость, хотя и не избавиться от нее. Биологи имеют трудности другого порядка. Элементарные взаимодействия, на которых построено все живое, воспринимаются довольно легко благодаря их механистическому характеру. Наше интуитивное глобальное осмысление

¹ См. «Природа», 1966, № 3, стр. 61—64.

живых систем наталкивается на их феноменальную многосложность. Но в биологии, как и в физике, в этих субъективных затруднениях нет выводов против теории.

Сегодня можно сказать, что элементарные механизмы эволюции не только понятны в общих чертах, но и достаточно точно определены. Нас вполне удовлетворяет найденное решение потому, что дело касается механизмов, обеспечивающих устойчивость видов: репликативной инвариантности ДНК, телеономической когерентности организмов. Тем не менее эволюции суждено занимать центральное место в биологии, обогащаясь и уточняясь еще в течение долгого времени. В общих чертах проблема решена, и эволюция не фигурирует больше на границах познания.

Эти границы, какими я их вижу, находятся на двух полюсах эволюции: с одной стороны,— происхождение первых живых систем и, с другой стороны, функционирование наиболее развитой телеономической системы (я имею в виду центральную нервную систему человека).

Проблема происхождения жизни

Можно думать, что открытие универсальных механизмов, на которых основаны важнейшие свойства живых существ, осветило пути разрешения проблемы происхождения жизни. В действительности открытия, обновившие почти полностью содержание этого вопроса, ставящегося сегодня в более четких границах, выявляют еще больше трудностей, чем казалось прежде.

Можно а priori отметить три этапа, которые могли привести к появлению первых организмов: а) образование на Земле таких важных для живых существ химических соединений, как нуклеотиды и аминокислоты; б) образование из этих материалов первых макромолекул, способных к репликации; в) эволюция, построенная вокруг этих «реплицирующихся структур» телеономический аппарат, приведший к возникновению примитивной клетки.

Проблемы, возникающие при интерпретации каждого из этих этапов, различны. Первая проблема, часто называемая «предбиологической» фазой, вполне доступна не только для теоретического исследования, но и практического. Что же касается общей картины, она представляется достаточно ясной, и если есть некоторые сомнения в отсутствии достоверности,— а они будут оставаться всегда,— то они относятся к путям, которыми шла предбиологическая химическая эволюция на самом деле. Условия атмосферы и земной коры вот уже в течение 4 млрд лет благоприятствовали накоплению таких простых соединений, как метан, вода и аммиак. Итак, из этих простых соединений в присутствии неббиологических катализаторов можно легко получить более сложные соединения: аминокислоты (азотистые основания и сахара). Интересно, что при определенных условиях, в которых образование более сложных веществ наиболее вероятно, продуктивность синтеза веществ, идентичных или аналогичных соединениям, составляющим современную клетку, может быть достаточна.

Следовательно, можно считать доказанным, что в какой-то момент на Земле определенный объем воды содержал высокие концентрации двух основных классов биологических макромолекул: нуклеиновых кислот и белков. В этом «предбиологическом бульоне» различные макромолекулы могли образоваться путем полимеризации их предшественников, аминокислот и нуклеотидов. Действительно, в «имитирующих» лабораторных условиях были получены полипептиды и полинуклеотиды, сходные по своим основным структурным свойствам с «современными» макромолекулами.

Стало быть, до сих пор не встречалось никаких существенных трудностей для восстановления картины происхождения макромолекул. Образование макромолекул возможно в условиях примитивного бульона, но сразу же возникает вопрос, каким образом, появилась истинная репликация без помощи какого-либо телеономического аппарата. Эта трудность не кажется непреодолимой.

Было показано, что последовательность построения полинуклеотидов может направляться путем спонтанного спаривания, образования отдельных элементов с комплементарной последовательностью. Разумеется, такой механизм был неэффективным и являлся источником многих ошибок. Но с того момента, как он вступил в силу, в эволюции начали действовать три фундаментальных процесса: репликация, мутация и отбор, которые дали значительный импульс последующему усложнению и развитию макромолекул, способных (в силу строгой последовательности оснований, заключенной в структуре) к спонтанной репликации.

Согласно гипотезе, третий этап заключается в последовательности возникновения телеономических систем, которые вокруг способной к репликации системы смогли построить организм, примитивную клетку. Вот здесь мы натолкнулись на настоящий «звуковой барьер», поскольку на сегодняшний день у нас нет никакой идеи о структуре примитивной клетки. Наиболее простая живая система, известная нам,— бактериальная клетка, исключительно эффективная небольшая машина высокой степени сложности, достигшая современного состояния совершенства за миллиарды лет развития. Химический план строения этой клетки такой же, как и у клеток других живых существ. Бактериальная клетка использует тот же генетический код и такую же систему трансляции, что и, например, клетка человека.

Таким образом, наиболее простые клетки, которые мы можем изучать, представляются отнюдь не примитивными. Они — продукты отбора, который через пятьсот или тысячу миллиардов поколений смог накопить и построить настолько мощный телеономический аппарат, что остатки по-настоящему примитивной системы стали неразличимы. Восстановление этого этапа эволюции без нахождения ископаемых невозможно. Хотелось бы по крайней мере высказать достаточно правдоподобную гипотезу о пути, пройденном эволюцией, в особенности начиная от ее отправной точки.

Загадка происхождения кода

Развитие системы обмена веществ (метаболической системы), которое должно было происходить по мере обеднения примитивного бульона, требовало мобилизации всех химических ресурсов, функциональных возможностей и синтеза клеточных составляющих, а также возникновения мембран с избирательной проницаемостью, без которых немислима жизнеспособная клетка. Но основная проблема — это проблема происхождения генетического кода и механизма его трансляции. Действительно, если призадуматься, то это даже не проблема, как принято о ней говорить, а гораздо больше — это настоящая загадка.

Код останется бессмысленным, если он не имеет перевода (механизма трансляции). Механизм трансляции современной клетки содержит не менее 50 макромолекулярных составных частей, которые сами в свою очередь закодированы в молекуле ДНК. Следовательно, трансляция осуществляется посредством продуктов самой трансляции. Это современное выражение древнего афоризма *omne vivum ex ovo* (все живое из яйца).

Как и когда эта самозатягивающаяся петля была затянута? Это крайне трудно себе представить. Но тот факт, что сегодня код немного расшифрован и известна его универсальность, позволяет по крайней мере рассматривать проблему во вполне четких границах. Прибегнув к некоторым упрощениям, можно представить все в форме следующей альтернативы: а) структура кода объясняется его химическим или, точнее, стереохимическим смыслом; если определенный кодон «избран» для определенной аминокислоты, то это происходит потому, что между ними существует стереохимическое родство; б) структура кода химически произвольна; код, такой, каким мы его знаем, образовался случайно, в ходе постепенного отбора.

Первая гипотеза может оказаться в дальнейшем более соблазнительной. Прежде всего, потому, что она в состоянии объяснить универсаль-

ность кода. Затем потому, что она позволяет представить себе примитивный механизм трансляции, при котором последовательное наращивание цепи аминокислот при образовании полипептида должно быть связано с прямым взаимодействием между аминокислотами и самой реплицирующей системой. Наконец, и прежде всего, потому, что эта гипотеза, если она правильна, может быть в общих чертах проверена. Были предприняты многочисленные попытки уточнения гипотезы, которые пока не удались.

По-видимому, последнее слово здесь еще не сказано. В ожидании подтверждения, которое кажется маловероятным, перешли ко второй гипотезе. Она неприятна с точки зрения методологии, но это ни в какой мере не означает, что она уже *a priori* неправильна. Она не объясняет универсальности кода. В таком случае надо допустить, что среди многочисленных попыток развития могла сохраниться одна-единственная. Само по себе это весьма вероятно, но не предлагает никакой конструктивной модели примитивной трансляции. Ее должны заменить умозрительные построения. Нельзя пренебрегать и этой возможностью: поле деятельности свободно, даже слишком свободно.

Загадка остается загадкой, и это лишает нас возможности ответить на вопрос, представляющий глубокий интерес. Жизнь появилась на Земле; но что было перед этим событием, вероятность которого ничтожна? Гипотеза, исходя из современной структуры биосферы, не исключает, что решающее событие произошло однократно. Это означает, что вероятность этого события *a priori* была чуть ли не нулевая.

Эта идея противоречит мнению большинства ученых. Об уникальном событии нечего сказать и с ним нечего делать. Если вероятность уже *a priori* так мала, то на этом кончаются все рассуждения. Ибо благодаря универсальности структур, построенных с помощью кода, биосфера окажется продуктом уникального, единственного в своем роде события. Не исключена возможность, что этот уникальный харак-

тер события может быть связан с удалением большого числа других попыток и вариантов путем отбора. Но ничто не может заставить нас принять и эти объяснения.

A priori вероятность, которая реализуется в виде отдельного события среди всех возможных событий во Вселенной, близка к нулю. Но Вселенная все-таки существует. Известно, что отдельные события реализуются, даже если вероятность события ничтожна. В настоящее время мы не имеем права ни утверждать, ни отвергать, что жизнь могла однократно возникнуть на Земле и что, стало быть, прежде чем это произошло, ее шансы на существование были чуть ли не ничтожными.

Эта идея противоречит общечеловеческой тенденции верить, что все реально существующее в нынешней Вселенной было необходимо. Нам надо всегда остерегаться этого столь могущественного чувства. Современная наука игнорирует всяческую имманентность. Судьба ведет свою летопись по мере того, как она сбывается, но не раньше. Все, принадлежащее нам, не могло возникнуть до появления человеческого рода, только в биосфере может быть использована логическая система символической связи. Любое другое одиночное событие, которое может произойти там же, настраивает нас против всякого антропоцентризма. Если это событие единично, каким могло быть появление жизни как таковой, его шансы также почти ничтожны. Вселенная не так уж велика ни для жизни человека, ни для биосферы. Шанс возникновения жизни в вероятностном отношении сходен с выигрышным номером, выпавшим во время игры в рулетку в Монте-Карло. Самое удивительное, что неизвестно, кто придет выиграть этот миллиард и страдаем ли мы от странности нашего положения и условий игры?

Центральная нервная система

Логика могут предостерегать биологов, что их условия понять полностью деятельность человеческого мозга обречены на провал, поскольку

ку ни одна логическая система не в состоянии описать интегрально его истинную структуру. Это предупреждение выходит за рамки разбираемой темы, так как мы еще слишком далеки от этого приближения к абсолютной границе познания. Во всяком случае, этим логическим возращением можно пренебречь при изучении центральной нервной системы животных, которая, как полагают, менее сложна и менее действенна по сравнению с нашей. Тем не менее и в этом случае мы сталкиваемся со значительными трудностями потому, что сознательный опыт животного остается для нас непостижимым, и, вне сомнения, так будет всегда. Можно ли утверждать, что исчерпывающее описание деятельности мозга лягушки, например, будет возможным, несмотря на то, что эти данные останутся недоступными для нашего понимания? Разрешите усомниться. Но все равно, исследование человеческого мозга, несмотря на барьеры, поставленные перед экспериментатором, останется всегда действенным орудием благодаря возможностям, которые дарит нам сравнительный анализ объективных и относительно субъективных данных.

Что бы там ни было, структура и деятельность мозга должны быть изучены на всех доступных уровнях в надежде, что эти исследования, очень различные как по своим методам, так и по объему изучения, однажды соберутся, как в фокусе, в одной точке. Пока, к сожалению, они сходятся только в оценке трудностей проблем, которые эти исследования поднимают.

Среди наиболее трудных и важных выделяются проблемы, которые ставятся перед нами эпигенетическим развитием структуры и которые имеют такую же высокую степень сложности, что и центральная нервная система. Человек имеет от 10^{12} до 10^{13} нейронов, связанных друг с другом посредством 10^{14} — 10^{15} синапсов, часть которых соединяет нервные клетки, находящиеся на значительном удалении друг от друга.

Нам трудно понять деятельность центральной нервной системы из-за недостаточного знания тех первичных логических элементов, которые

составляют синапс. Все же на всех уровнях исследования анализ является одним из наиболее доступных методов, и совершенная техника дает нам для размышлений значительный материал. Пока мы еще далеки от объяснения синаптической передачи нервного импульса с позиций молекулярных взаимодействий. Между тем это важнейшая проблема, поскольку здесь, вероятно, заключены основные секреты памяти. В течение долгого времени считалось, что память записана в форме более или менее обратимых изменений молекулярных взаимодействий, ответственных за передачу нервного импульса на уровне совокупности синапсов. Увы, эта теория, несмотря на всю ее правдоподобность, не имеет прямых доказательств.

Несмотря на незнание первичных механизмов центральной нервной системы, современные электрофизиологи на основании анализа и интеграции нервных импульсов, особенно в области воспринимающей ощущения зоны мозга (сенсорная область), получают результаты, имеющие очень важное значение.

Основываясь на свойствах нейрона как интегратора сигналов, можно (через промежуточные синапсы) осуществить прием и передачу сигнала в многочисленные другие клетки. Исследования показали, что нейрон имеет много общих свойств с элементами электронно-счетных машин. Он способен так же, как и они, осуществлять, например, все логические операции из области алгебры. Но, кроме того, нейрон может прибавлять и вычитать различные сигналы, рассчитывая их совпадение во времени, изменять частоту сигналов, выпускаемую в зависимости от амплитуды нейрона, принимающего данный сигнал. И все-таки ни одна унифицированная составная часть, используемая в современных вычислительных устройствах, не обладает настолько изменчивыми и тонко настраиваемыми свойствами. Однако аналогия впечатляет, и сравнение кибернетических машин с центральной нервной системой может оказаться плодотворным. Но надо отметить, что все сравнения ограничиваются низшим уровнем интеграции, первы-

ми этапами сенсорного анализа, а высшие функции коры головного мозга, которые выражаются речью, несравнимы. Можно спросить себя, нет ли здесь какого-либо качественного (степень сложности) или количественного различия. Этот вопрос, по моему мнению, не имеет смысла. Ничто не позволяет нам допустить, что элементарные взаимодействия обладают различной природой на разных уровнях интеграции. Если это тот случай, когда применим первый закон диалектики, так это именно здесь.

Функции центральной нервной системы

Утонченность самих познавательных функций человека и изобилие их проявлений скрывают от нас первичные функции, которые «заполняют» мозг у ряда животных, включая человека. Попытаемся определить и перечислить эти первичные функции следующим образом: 1) обеспечить, управление и централизованную координацию нейромоторной активности, особенно — центростремительных ощущений; 2) осуществлять генетически предопределенные циклы, распределяющие более или менее сложную программу действия; иметь «выключатели» применительно к отдельным стимулам; 3) анализировать, фильтровать и интегрировать центростремительные ощущения для создания представления о внешнем мире (на основании результатов, полученных на животных); 4) регистрировать, принимая во внимание гамму специфических свойств, значительные события, группировать их по аналогии в классы, соединять эти классы в соответствии с одновременностью или последовательностью событий, усовершенствовать и разнообразить врожденные программы, включая в них свой опыт; 5) составить представление, т. е. воспроизвести внешние реакции или программы действия животного.

Функции, определяемые тремя первыми пунктами, осуществляются центральной нервной системой животных, не принадлежащих к высшим (членистоногие). Кстати, у насекомых встречается врожденная программа

действия высокой степени сложности. Весьма сомнительно, чтобы функции, изложенные в общих чертах в пункте 4, играли важную роль у животных, хотя они вносят свой весомый вклад в поведение высших беспозвоночных, таких как осьминоги, а также, разумеется, и всех других высших животных.

Что касается функций, приведенных в пункте 5, то их можно назвать «проекционными»; они, вне сомнения, — привилегия только высших позвоночных. Но здесь на сцену выступает барьер сознания, и вполне возможно, что мы не умеем распознавать внешние проявления этой активности (сновидения, например), что имеет место у наших ближайших предков и чего абсолютно лишены другие виды.

Функции, изложенные в пунктах 4 и 5, — познавательные, тогда как таковые в пунктах 1, 2 и 3 — только координирующие и воспроизводящие. Только функции, о которых говорится в пункте 5, могут формировать субъективный опыт.

Анализ сенсорных (чувственных) ощущений

Анализ чувственных ощущений, осуществляемый центральной нервной системой, дает скудные и целенаправленные представления о внешнем мире — нечто вроде заключения, где нет полной ясности в том, что особенно интересует животное в зависимости от его специфического поведения (это в общем и целом «критический» итог; слово «критический» имеет здесь дополнительное значение в кантовском смысле). Значительный накопленный опыт также убедительно свидетельствует об этом. Например, анализатор, расположенный позади глаза лягушки, позволяет ей видеть муху (т. е. черную точку) в движении, но не в статическом положении. Это видно из поведения лягушки, которая ловит только летящую муху. Электрофизиологический анализ показал, что изображение неподвижной точки запечатлевается, без сомнения, на сетчатке глаза, но не передается дальше; системе ничто не возбуждает, кроме движущегося объекта. В эксперимен-

те на кошках исследователи показали, что в связи с перекрестным угнетением определенных нейронов, отвечающих соответственно на различные длины волн, сигнал не проводится до тех пор, пока сетчатка подвержена равномерному воздействию гаммы видимых волн. Гёте, например, имел свои субъективные доводы против Ньютона. Ошибка, в высшей степени простительная для поэта.

То, что животные способны классифицировать объекты или связи между объектами согласно абстрактным категориям, особенно геометрическим, не вызывает больше никаких сомнений. Осьминог или крыса могут запомнить изображения треугольника, круга или квадрата и узнавать предложенные им реальные объекты по их геометрическим свойствам, независимо от размера, расположения или цвета.

Изучение цепи реакций, анализирующих предметы, представленные в поле зрения кошки, показывает, что эти «геометрические достижения» связаны опять же со структурой цепей, которые фильтруют и заново составляют изображение на сетчатке. Такие анализаторы в конечном счете вводят собственные ограничения получаемого изображения, из которого они выделяют определенные простые элементы. Некоторые нервные клетки реагируют только на предметы, в элементарном составе которых имеется прямая, наклоненная слева направо, другие — с прямой, имеющей наклон в обратном направлении.

«Понятия» элементарной геометрии не столько заключены в самом предмете, сколько в сенсорном анализаторе, разлагающем его и заново составляющем из более простых элементов.

Врожденность и эмпиризм

Современные открытия признают правоту Демокрита и Канта, осмысливая их по-новому, и выступают против радикального эмпиризма, который тем не менее царствует в науке вот уже на протяжении 200 лет, бросая тень подозрения на все гипотезы,

допускающие «врожденность» в рамках познания. До наших дней некоторые этологи убеждены, что элементы поведения животных — либо врожденные, либо приобретенные (воспринятые), причем оба эти направления являются взаимоисключающими. К. Лоренцем была показана ложность этой концепции. Даже когда поведение содержит в себе элементы, приобретенные жизненным опытом, оно все равно следует программе, которая заложена при рождении, т. е. определена генетически. Структура программы вызывает и направляет обучение, которое записывается в конкретной, заранее установленной «форме», определяемой в генетическом наследии вида. Все это объясняется аналогично первичному процессу обучения детей языку. Нет никакого смысла предполагать, что дело обстоит иначе для основных категорий познания у человека и, возможно, для других, менее важных элементов человеческого поведения, но имеющих большое значение для индивидуума и общества. Такие проблемы вполне доступны для исследования и постоянно проводятся этологами. Некоторые эксперименты, которые немислимо провести на взрослых, фактически проведены на детях. Таким образом, из уважения к самому себе, человеку не остается ничего другого, как запретить обследование некоторых основных конструктивных сторон своего образа жизни (существования).

Длительная борьба мнений о картезианской врожденности идей (мысль, отвергаемая эмпириками) напоминает о тех, кто разделил биологов в толковании фенотипа и генотипа. Основные отличия, необходимые для определения понятия наследования, введенные генетиками, весьма подозрительны с точки зрения большинства биологов-негенетиков, которые не видят в них ничего, кроме хитроумной уловки для спасения постулата об инвариантности гена. Здесь неоднократно находят противоречие между теми, кто не хочет понимать, что конкретный объект существует целиком, и теми, кто ищет, как распознать в нем скрытое представление в идеальной форме. Как

говорит Алан, среди ученых существуют только две разновидности: те, кто любит идеи, и те, кто их ненавидит. Эти две линии образа мышления противопоставляются в науке, они обе, та и другая, при их сравнении способствуют прогрессу. Не остается ничего другого, как пожалеть порицателей идей, которым этот прогресс, которому они же и способствуют, наносит неизменный ущерб.

Крайне важно, что великие эмпирики XVIII в. не виноваты. У живых существ все приходит из опыта, понятна и генетическая врожденность, которая определяет стереотипное поведение пчел или врожденные рамки познания человека. Но не современный опыт обновляется каждым индивидуумом в каждой генерации — такое накопление идет по восходящей линии родства целого вида в ходе эволюции. Одиночный опыт, заимствованный из случайности, одиночные бесчисленные попытки, пресекаемые отбором, могли сделать центральную нервную систему, как и все другие органы, приспособленной к своей обычной деятельности. Задача мозга — дать чувственному миру адекватное представление о достижениях вида, снабдить планом, который позволяет продуктивно классифицировать данные, не используемые им самим из непосредственного опыта, и также дать человеку возможность моделировать субъективно опыт, чтобы предвосхитить результат и подготовить соответствующее действие.

Функция логического моделирования

Мощное развитие и интенсивное использование функции моделирования характеризует, как мне кажется, уникальные свойства мозга Человека. Это как раз то, что происходит на самом глубоком уровне функции познания, то, на чем основывается речь, и то, что объяснимо, без сомнения, только частично. Эта функция тем не менее присуща не только человеку. Щенок, который радуется при виде хозяина, собирающегося на прогулку, живо воображает,

т. е. представляет с опережением, открытия, которые ему предстоит сделать, приключения и страхи, которые его ожидают. Позднее он переживает все это заново, беспорядочно, в сновидениях.

У животных, как и у маленьких детей, субъективное моделирование кажется только частично связанным с нейромоторной функцией. Его упражнения реализуются в играх. Но у взрослого человека субъективное воображение становится преимущественно высшей, творческой функцией. Эта функция выражается в символах речи, которая перемещает во времени и резюмирует предстоящие действия. Отсюда и тот факт, подчеркнутый Холмским, что речь, даже в ее наиболее скромном применении, почти всегда бывает новаторской, поскольку переводит субъективный опыт в отдельные, всегда новые представления. Кроме того, надо учитывать, что человеческая речь радикально отличается от обмена информацией между животными. Последние ограничиваются призывами или уведомлениями, соответствующими определенному числу конкретных стереотипных ситуаций. Наиболее разумное животное, способное к достаточно точным субъективным представлениям, не располагает никакими возможностями для «освобождения всего сознания», так как не может достаточно четко отметить, в какую сторону разыгрывается его воображение. Что же касается человека, то он может передать свой субъективный опыт прошлого; он может всегда воссоздать в памяти происшедшее с ним (новый опыт).

Люди науки, я думаю, должны сознавать, что их представление не является словесным: логическое моделирование представляется с помощью форм, сил и взаимодействий, составляющих одну «картину», отображающую визуальный смысл слова. Я был сам себе удивлен, не имея сил сконцентрировать свое внимание на логической модели, не имеющей в поле сознания ничего, кроме одного понятия при определении, что такое молекула белка. Смысл логической модели выражается только однократно, в виде определенного

символа. Я не верю, что не удастся считать символами незримые образы, на которых зиждется воображение, более того, я отважусь сказать, что субъективная и абстрактная «действительность» прямо монтируется в логическую модель.

Какие бы мнения ни бытовали, процесс моделирования полностью маскируется словом, которое немедленно следует за ним и кажется совпадающим с самой мыслью. Но известны многочисленные объективные наблюдения, доказывающие, что у человека познавательные функции, и даже целые комплексы, могут быть связаны со словом (или с совсем другими средствами символического выражения) не сразу. Можно сослаться на различные исследования расстройств речи (афазии). Наиболее показательными были в этом смысле недавние исследования Р. Сперри, проведенные на пациентах, у которых оба полушария мозга были разделены хирургически разрезом через мозолистое тело. Правый глаз и правая рука у этих пациентов не воспринимали информацию, передаваемую левым полушарием, и наоборот. Объект, видимый левым глазом или осязываемый левой рукой, оставался неузнанным, и пациент не мог его назвать. В том случае, когда используются более трудные тесты, когда речь идет о подборе пар по форме (трехмерной) объекта, помещенного в одну из двух рук для передачи представления о его форме, при одновременной демонстрации этого объекта на экране правое полушарие (афазийное) проявляет себя с гораздо лучшей стороны, чем доминирующее левое, и обладает гораздо более быстрой способностью различать этот объект. Соблазнительно предположить, что правое полушарие способно к более глубокому субъективному моделированию. Если считать правомочным утверждение, что мысль основывается на процессе субъективного моделирования, надо допустить, что его сильное развитие у человека — результат эволюции, в процессе которой это проявляется в конкретном действии, подготовленном воображаемым опытом, и что эффективность этого процесса, его степень выживания была испытана

на отбором. Это касается и емкости адекватного представления, и прямого предвидения, заключенных в конкретном опыте, и указывающих, что способность центральной нервной системы к моделированию у наших предков выросла до состояния, свойственного *Homo sapiens*. Субъективные модели не имели права быть ошибочными, когда дело касалось организации охоты на пантеру с теми орудиями, которыми располагали австралопитеки, питекантропы или даже *Homo sapiens* из Кроманьона. Вот почему логический инструмент является врожденным, унаследованным от наших предков, не обманывающим нас и позволяющим нам понять события, происходящие в окружающем мире, т. е. описать их символическим языком и предвидеть их, зная, что элементы необходимой информации запасены самим модельером.

Способность предвосхищать события обогащалась беспрестанно на основании чистого опыта, моделирование в таком случае — лишь инструмент открытия и созидания. Логический анализ субъективного действия позволил сформулировать правила объективной логики и создать новые символические инструменты, такие как математика. Великие умы, в их числе и Эйнштейн, часто по праву восхищались тем, что математические существа, созданные чело-

веком, могут верно представлять себе природу, хотя и не имеют никакого собственного опыта. Тем не менее правда, что все идет от индивидуального и конкретного опыта, все построено на свойствах самого модельера, поддерживаемого неисчислимым и жестоким опытом наших скромных предков. Когда мы систематически сравниваем с помощью научных методов логику и опыт, мы в действительности сравниваем весь опыт наших предков с современным опытом.

Дуалистическое заблуждение и признание духа

Даже в том случае, если мы сможем разгадать сущность этих замечательных механизмов, осуществить перевод результатов их действия посредством речи, мы все равно не имеем никакого представления об их функционировании и структуре. Физиологический эксперимент с этой точки зрения почти беспомощен. Самоанализ, несмотря на всю его опасность, мы все же считаем более действенным. Остается анализ речи, который, однако, не раскрывает процессов моделирования только через неизвестные превращения и не в состоянии объяснить всех действий.

Вот граница, до сих пор почти та-кая же непроницаемая, какой она

была еще во времена Декарта. Поскольку она не преодолена, дуализм в общем и целом остается в силе. В современной жизни познание мозга и признание духа несовместимы более для нас, если сравнить нас с людьми XVII в. Объективный анализ обязывает нас видеть иллюзорность. казалось бы, существующего дуализма. Эта иллюзорность тем не менее настолько прочно привязана к бытию, что было бы тщетным надеяться когда-либо рассеять ее при непосредственном восприятии субъективности или обучении эмоциональной и моральной жизни без нее. И почему все же понадобился дуализм? Кто сможет усомниться в наличии духа? Отказаться от заблуждения, которое видит в душе нематериальную «субстанцию», это не означает отвергнуть ее существование, а, наоборот, означает необходимость начать познавать сложность, богатство, бездонную глубину генетического и культурного наследия, как персонального опыта (сознательного или бессознательного); все вместе они составляют бытие, в котором мы сами единственно и несомненно нуждаемся.

Перевод с французского
Э. Н. Светайло

из журнала «La Recherche»,
v. 1, 1970, № 5, pp. 415—422.

УДК 100.2, 113,50.

Читайте в № 5 журнала «Природа»

Наука об организации и организация науки. А. А. Малиновский

От линзы — к запрограммированному оптическому рельефу. Л. М. Сороко

Одноклеточные организмы и температура среды. Ю. И. Полянский

Настоящее и будущее ландшафтной сферы Ф. Я. Шилунов

ДНК в цитоплазме. А. А. Нейфах

Магноны — нарушители магнитного порядка

Профессор М. И. Каганов



Моисей Исаакович Каганов, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник теоретического отдела Института физических проблем АН СССР. Основные работы относятся к области квантовой теории твердого тела (физика металлов, физика магнетизма) и физике низких температур (теория сверхтекучести гелия).

С твердыми телами мы сталкиваемся вплотную, когда еще в младенчестве набиваем себе первую шишку. Именно твердые тела были исходным материалом для орудий труда, сыгравших такую важную роль в развитии человечества. Пожалуй, наибольшее количество различных курсов, изучаемых в технических вузах, связано с твердыми телами: сопромат, материаловедение, детали машин, кристаллография, минералогия и др. — несть им числа. И тем не менее, несмотря на всю привычность и, казалось бы, изученность, именно физика твердого тела, наряду с физикой элементарных частиц, стала одной из ведущих дисциплин современной физики, именно здесь мы получаем наибольшее количество новых открытий и неожиданных приложений теории. Неудивительно, что природа магнетизма, связанная с самыми интимными свойствами твердого тела, приобрела такое значение в наше время. Неудивительно, что в 1970 г. Нобелевскую премию по физике получил Луи Неель за работы по природе магнетизма, выполненные им еще 30 с лишним лет назад¹. «Природа» уже помещала в 1963 г. большой обзор акад. С. В. Вонсовского о природе магнетизма². Публикуемая ниже статья сосредоточивает внимание на представлении о магнонах, как о неких квазичастицах, и на той важной роли, которую играет изучение явлений магнетизма в создании общих представлений о природе твердого тела.

Наверное, каждый в детстве почувствовал удивление, впервые увидев магнит. Не для всех это событие послужило толчком к размышлению о явлениях в окружающем нас мире, как это было с Альбертом Эйнштейном, но, по-видимому, у каждого ощущение чуда сохранилось надолго. «Чудо такого рода, — писал Эйнштейн, — я испытал ребенком четырех или пяти лет, когда мой отец показал мне компас. То, что эта стрелка вела себя так определенно, совершенно никак не подходило к тому роду явлений, которые могли найти

себе место в моем неосознанном мире понятий (действие через прикосновение)»¹.

К сожалению, «развитие ...умственного мира представляет собой в известном смысле преодоление чувства удивления — непрерывное бегство от „удивительного“, от „чуда“»².

Поразившее пятилетнего Альберта действие на расстоянии, как хорошо известно, объясняется существованием вокруг магнитов магнитного поля (на стрелку компаса действует магнитное поле Земли), все характеристики которого могут быть полностью рассчитаны, если известна

¹ См. «Природа», 1971, № 2, стр. 102—103.

² См. «Природа», 1963, № 2, стр. 33—47.

¹ А. Эйнштейн. Автобиографические заметки. Собр. научных трудов, т. IV, М., «Наука», 1967, стр. 261.

² Там же.

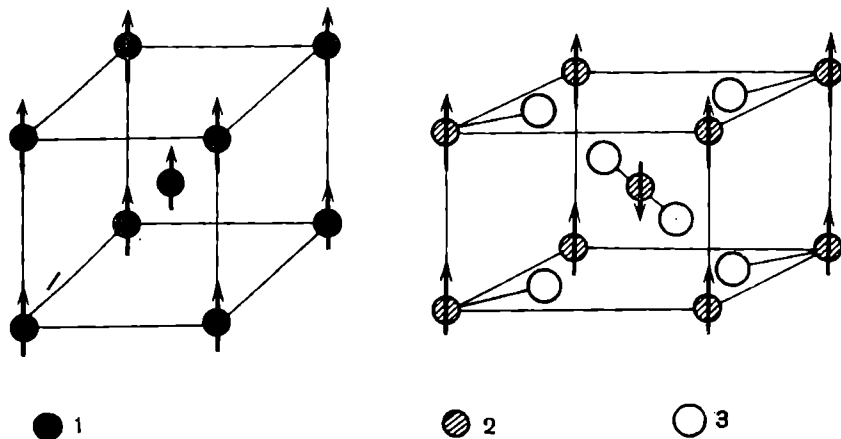


Рис. 1. Кристаллическая ячейка железа; магнитные моменты направлены в одну сторону (слева). Кристаллическая ячейка антиферромагнетика — фторида переходного элемента; магнитные моменты соседних атомов антипараллельны (справа). 1 — железо, 2 — железо или кобальт, 3 — фтор.

мощность и форма магнита. Но что такое магнит? Почему одни тела — магниты, а другие — нет? Человечество открыло магнитные свойства ряда тел так давно, что даже забыло, откуда происходит слово «магнит». И хотя пользоваться магнитами тоже научились давно (компас — основа навигации), только сравнительно недавно (в 30-х годах нашего века) принципиально понята природа магнетизма.

Было установлено, что атомы некоторых элементов суть микроскопические магнитики, выстраивающиеся под действием специфических сил (их природа и была выяснена в 30-х годах) в строгом порядке. Эти силы получили название обменных сил¹.

¹ Природу обменных сил трудно объяснить достаточно популярно, так как эти силы не имеют классического аналога. Их возникновение целиком обязано квантовым свойствам электронов. Рассмотрим для примера два атома. В каждом атоме по одному электрону. Анализ состояния электронов показывает: нельзя утверждать, что один электрон находится в первом атоме, а другой — во втором. Оба электрона все время как бы меняются местами, как бы перепрыгивают из одного атома в другой. С их сканками связана определенная энергия (обменная энергия), которая существенно зависит от расположения их магнитных моментов (параллельны они или антипараллельны).

Их главное свойство: они зависят не от направления магнитного момента системы атомов, а только от взаимного расположения атомных магнитов. Атомные магнитики либо направлены в одну сторону, либо расположены в шахматном порядке. В первом случае это ферромагнетики, во втором — антиферромагнетики¹ (рис. 1).

Строго упорядоченное расположение, конечно, осуществляется только при температуре абсолютного нуля. Нагревание тела нарушает строгий порядок, и при некоторой температуре (для ферромагнетиков ее называют температурой Кюри T_C , а для антиферромагнетиков — температурой Нееля T_N) порядок полностью

В некоторых случаях обменная энергия при параллельном расположении магнитных моментов больше, чем при антипараллельном, а в других — наоборот. Обменные силы очень быстро спадают с расстоянием (электрону издалека трудно «допрыгнуть» до соседнего атома). Важно подчеркнуть, что обменные силы не связаны с обычным взаимодействием магнитных моментов, которое очень мало и не может объяснить существование ферро- и антиферромагнетизма.

¹ В природе много тел (их называют ферримангнетиками), которые занимают в этой классификации промежуточное положение. Магнитные моменты направлены в разные стороны. Но число «левых» и «правых» не совпадает.

разрушается. При высоких температурах упорядочение атомных магнитных моментов происходит только под воздействием магнитного поля.

Температура Кюри, как и температура Нееля, определяет порядок величины энергии упорядочения — энергетический выигрыш в системе атомных моментов, связанный с правильным положением магнитных моментов соседних атомов.

Магноны в ферромагнетике

Знать, как расположены магнитные моменты, — полдела. Для понимания свойств магнетика очень важно представлять себе, как движутся магнитные моменты.

Изучая движение магнитных моментов, нельзя рассматривать движение одного магнитного момента, так как главное в движении магнитных моментов — его коллективный характер (мы в этом еще убедимся).

Рассмотрим свойства магнетиков вблизи 0°K . Движение почти полностью заторможено. Оно выступает в своей простейшей форме. В частности, можно не учитывать изменение величины магнитного момента, так как это изменение связано с существенным увеличением энергии атомных электронов, что при низких температурах крайне маловероятно. Поэтому несколько туманное выражение «простейшая форма движения» уточняется: магнитные моменты атомов могут «вращаться» вокруг неподвижных центров... и все. Правда, глагол «вращаться» нам пришлось заключить в кавычки: трудно понимать его буквально, если момент может занимать только два положения в пространстве. А мы начнем именно с такого случая, выбрав для рассмотрения ферромагнетик, состоящий из частиц со спином $1/2$ ¹.

¹ Задание массы m и заряда e не характеризует частицу полностью. Частицы обладают еще свойством, за которым сохранилось английское название «спин». И электрон, и протон, и нейтрон обладают спином, равным половине. Это означает, что они всегда вращаются (вращение присуще им, как масса и заряд). Мерой вращения служит момент количества

Рассмотрим слабо возбужденные состояния магнетика, у которого в основном, наименьшем состоянии (0° K!) все магнитные моменты направлены в одну сторону. Возбужденные состояния ферромагнетика удобно классифицировать по величине отклонения магнитной системы от полностью упорядоченного состояния. Сделаем мысленный эксперимент. Перевернем магнитный момент одного атома и предоставим ферромагнетику «действовать самостоятельно». Из-за обменного взаимодействия состояние с перевернутым магнитным моментом невыгодно: соседние магнитные моменты будут стремиться «призвать товарища к порядку», но..., пожалуй, это одно из самых важных обстоятельств: пока мы учитываем только обменные силы, ферромагнетик не может изменить суммарную величину магнитного момента. Поэтому стремление упорядочить соседа приводит к тому, что вместо него переворачивается другой смежный магнитный момент. По кристаллу распространяется волна переворотов магнитных моментов, или спинов. Эти волны — их существование установил Г. Бете в 1931 г. — названы **спиновыми волнами**.

Спиновая волна, как всякая волна, характеризуется длиной λ и круговой

движения (или просто момент), который у этих частиц одинаков и равен $\sqrt{1/2}(1/2 + 1)\hbar$, где $\hbar$ — постоянная Планка. Корень из $3/4$ написан таким странным образом, чтобы обратить внимание на существование формулы $\sqrt{S(S+1)}\hbar$. В данном случае $S = 1/2$. Момент, согласно квантовой механике, может занимать $2S + 1$ положений в пространстве. Спин электрона (протона и нейтрона) может ориентироваться в пространстве только двумя способами: либо **по** ..., либо **против**... Если в том месте, где находится частица, есть магнитное поле, то либо по магнитному полю, либо против поля. А если магнитного поля нет, то выбор оси (**по** или **против**) безразличен. Это следствие изотропии пространства. Магнитный момент частицы пропорционален ее спину, причем коэффициент пропорциональности e/mc называется гиромагнитным отношением. Как и спин, магнитный момент имеет две проекции ($\pm \mu$). По величине $\mu = 10^{-20}$ эрг/гаусс.

частотой ω . Анализ распространения волн переворотов спинов показывает, что между частотой спиновой волны и ее длиной существует определенная связь — закон дисперсии, выражающий зависимость частоты ω от волнового вектора $\vec{k}$. Волновой вектор параллелен направлению распространения волны и численно равен $2\pi/\lambda$. Таким образом, состояние с одним перевернутым магнитным моментом есть волна с определенным волновым вектором $\vec{k}$ и соответствующей ему частотой ω . Воспользуемся теперь корпускулярно-волновым дуализмом, характерным для квантовомеханического подхода. Любому волновому процессу можно поставить в соответствие корпускулу — частицу (в данном случае принято говорить **квазичастицу**, чтобы не путать с истинными частицами — атомами, из которых построен кристалл). Правило согласования таково: импульс квазичастицы $\vec{p}$ равен $\hbar\vec{k}$, а энергия квазичастицы ϵ равна $\hbar\omega$.

Обоснованием такого подхода служит то обстоятельство, что, согласно квантовой механике, дополнительная магнитная энергия кристалла, в котором один магнитный момент перевернут, равна $\hbar\omega$, а импульс, переносимый волной перевернутых магнитных моментов, равен $\hbar\vec{k}$.

Обратим внимание, что мы, говоря об одном перевернутом магнитном моменте, не можем уточнить положение этого недисциплинированного момента. Спиновая волна «затрагивает» все магнитные моменты.

При большой длине волны, т. е. при малом волновом векторе, закон дисперсии очень прост: $\omega \sim k^2$.

Коэффициент пропорциональности удобно оценить, записав не частоту, а энергию:

$$\epsilon = I (ak)^2,$$

где a — расстояние между соседними атомами. Эта запись показывает, что постоянная I (по порядку величины, конечно) совпадает с энер-

гией обменного взаимодействия соседних магнитных моментов. А эта энергия численно близка температуре Кюри ферромагнетика, выраженной в энергетических единицах ($I \approx T_C$). Таким образом, мы имеем надежный критерий для оценки наиболее существенной величины в законе дисперсии. Правда, критерий весьма приблизительный: I от T_C может отличаться в 2—3 раза...

Формулу для энергии удобно переписать в другом виде, заменив волновой вектор $\vec{k}$ импульсом $\vec{p}$ и введя новую постоянную размерности массы:

$$\epsilon = \frac{p^2}{2m^*}; \quad m^* = \frac{\hbar^2}{2a^2 I}.$$

Новую постоянную m^* называют эффективной массой. Последнее выражение особенно отчетливо показывает, что спиновая волна, вернее, ее корпускулярный аналог, очень похожа на частицу.

Эта частица (точнее, квазичастица) называется **магноном**.

Если в ферромагнетике перевернут не один магнитный момент, а больше, это означает, что по нему распространяется не одна спиновая волна, а несколько. Или на корпускулярном языке: в ферромагнитном кристалле существует некоторое число магнонов. При повышении температуры число магнонов возрастает, а общий магнитный момент ферромагнетика соответственно уменьшается.

Пока спиновых волн (магнонов) мало, можно не учитывать взаимодействия магнонов друг с другом, и, следовательно, считать магноны идеальным газом. Правда, это не обычный газ. Число частиц в нем тем больше, чем выше температура. Методы статистической физики позволяют изучить свойства этого газа и установить, что число магнонов пропорционально $T^{3/2}$. Это означает, что при низких температурах спонтанный магнитный момент ферромагнетика убывает пропорционально $T^{3/2}$ — ведь каждая спиновая волна это не что иное, как движущийся по ферромагнетику один перевернутый магнитный момент.

Газ магнонов вносит вклад в тепловые свойства ферромагнетика. Благодаря магнонам теплоемкость

¹ Круговая частота обратно пропорциональна периоду колебания $\omega = 2\pi/T$.

при низких температурах содержит слагаемое, также пропорциональное $T^{3/2}$, т. е. опять-таки пропорциональное среднему числу магнонов. Зависимость термодинамических величин от температуры, пропорциональную $T^{3/2}$, часто называют «законом $3/2$ ».

Следует подчеркнуть, что при низких температурах вклад магнонов в теплоемкость больше, чем вклад фононов, так как теплоемкость газа фононов убывает с понижением температуры быстрее — пропорционально T^3 .

Вообще магноны — полноправные квазичастицы. Они переносят тепло, принимают участие в поглощении энергии звуковых колебаний, на них рассеиваются электроны в ферромагнитных металлах.

Все описанные здесь свойства магнонов отнюдь не гипотезы. Вклад магнонов в разнообразие свойства ферромагнетиков обнаруживается в эксперименте. В частности, температурная зависимость магнитного момента и вклад магнонов в теплоемкость нашли свое уверенное экспериментальное подтверждение. Несколько лет назад идентифицирован вклад магнонов в механизм рассеяния электронов в металлических ферромагнетиках (на железе).

И, наконец, мы умеем наблюдать один магнон. Но об этом дальше.

Магноны в антиферромагнетике

В антиферромагнетике при $T = 0^\circ\text{K}$ все магнитные моменты атомов тоже строго упорядочены, только порядок этот сложнее. Переворот любого магнитного момента есть нарушение, которое в виде волны бежит по кристаллу. Однако существование двух типов атомов (у одного спин $\uparrow$, а у другого $\downarrow$) приводит к тому, что в антиферромагнетике могут распространяться спиновые волны двух сортов — могут возникнуть два сорта магнонов. Пока мы учитываем только обменное взаимодействие между атомами, свойства этих магнонов почти неразличимы: у них совпадающие законы дисперсии, правда, существенно отличающиеся от за-

кона дисперсии магнонов в ферромагнетиках. Магноны в антиферромагнетике похожи на фононы. Для очень малых значений импульсов

$$\epsilon_{1,2} \approx T_N \frac{a}{\hbar} p.$$

Индексы «1» и «2» подчеркивают: магнонов два сорта. (Напомним, что T_N — температура Неела и a — расстояние между атомами.)

С ростом температуры число магнонов, конечно, растет, постепенно разрушая строгий порядок в расположении магнитных моментов. Возрастание числа магнонов с ростом температуры проявляется в тепловых и магнитных свойствах антиферромагнетиков.

Различие в законах дисперсии магнонов в ферро- и антиферромагнетиках имеет своим следствием различие термодинамических характеристик в зависимости от температуры. Так, магнитная часть теплоемкости антиферромагнетика пропорциональна T^3 , а не $T^{3/2}$, как у ферромагнетика.

Изучение свойств магнонов антиферромагнетика показывает, что они весьма чувствительны к структуре основного состояния. Изменение в расположении магнитных моментов приводит к изменению закона дисперсии магнонов. Наиболее естественным способом воздействия на структуру магнитных моментов служит магнитное поле, которое «пытается» установить магнитные моменты вдоль себя. Поэтому исследование свойств магнетиков в достаточно сильных магнитных полях — один из методов изучения свойств магнонов.

Магноны с несколько другой точки зрения

Теперь, когда мы поняли микроскопическую природу спиновой волны как волны переворотов спинов, можно попытаться описать ее более упрощенно, используя макроскопические термины.

Рассмотрим однородные вращения магнитных моментов, т. е. длину спиновой волны примем равной бесконечности. Это значит, что все атомы находятся в совершенно оди-

наковых условиях — обменные силы как бы отключены. Если бы никакие другие силы не действовали на магнитные моменты тела, вращения не было бы вовсе. Отсутствие вращения можно трактовать как вращение с бесконечным периодом, или нулевой частотой. Итак, при учете только обменных сил частота однородного вращения магнитных моментов равна нулю. Но, кроме обменных сил, есть еще силы, уже не безразличные к направлению магнитного момента. Они получили название анизотропных сил (чаще говорят об энергии анизотропии). Анизотропную силу легко представить, заменив ее фиктивным магнитным полем $\vec{H}_a$, приложенным вдоль избранной оси ферромагнетика¹.

Что произойдет с магнитным моментом в магнитном поле $\vec{H}_a$, если его отклонить на некоторый угол? Так как на магнитный момент действует момент силы, направленной перпендикулярно плоскости, проходящей через вектор магнитного поля и магнитный момент (рис. 2), то магнитный момент будет вращаться вокруг магнитного поля. Частота ω

¹ Избранная ось всегда направлена вдоль одной из кристаллографических осей ферромагнетика. Например, у кобальта это ось шестого порядка гексагональной решетки; у железа — три оси вдоль ребер куба кубической решетки.

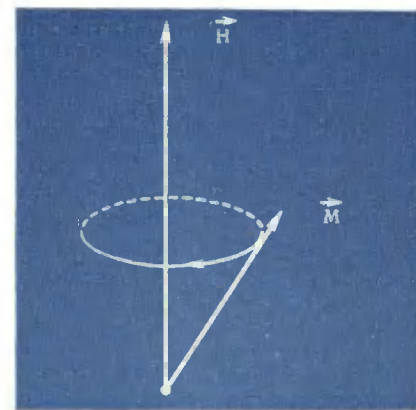


Рис. 2. Магнитный момент, отклоненный от магнитного поля, вращается с гиромагнитической частотой $\omega = eH/mc$.

его вращения вокруг поля $\vec{H}_a$ для частиц со спином $1/2$ равна

$$\frac{e}{mc} \vec{H}_a.$$

Настоящее магнитное поле H , приложенное вдоль избранной оси, увеличивает частоту вращения, так как оно добавляется к полю анизотропии $\vec{H}_a$, т. е.

$$\omega = \frac{e}{mc} (H + H_a).$$

Если отклонение магнитных моментов неоднородно (скажем, мы заставим вертеться моменты на границе образца), то включаются обменные силы — по ферромагнетику побегит волна, частота которой есть сумма частоты однородного вращения и спиновой волны¹.

Существование энергии анизотропии или энергии внешнего магнитного поля приводит к тому, что частота спиновой волны при $k = 0$ отлична от нуля. Или на квантовом языке: магнон с импульсом, равным нулю, имеет отличную от нуля энергию — энергию покоя ϵ_0 , равную

$$\frac{e\hbar}{mc} (H + H_a).$$

У обычных частиц энергия покоя равна mc^2 , где m — масса частицы, а c — скорость света. Можно вычислить массу покоя магнона $m_0 = \epsilon_0/c^2$. Эта величина баснословно мала: при $H = 10\,000$ эрстед (μH при этом чаще всего больше $\hbar\omega_A$) $m_0 \approx 10^{-37}$ г, т. е. в 10^{10} раз меньше массы самой легкой частицы — электрона. И все же есть эксперименты, когда энергия покоя обнаруживается. Во-первых, это эксперименты по высокочастотным свойствам ферромагнетиков (но о них позже), а во-вторых, эксперименты, исследующие тепловые и магнитные свойства при очень низких температурах. Сравнивая μH и $k_B T$ (T — температура, k_B — постоянная Больцмана), обнаружим, что при $T = 1^\circ K$ равенство достигается, если $H \approx 10^4$ эрстед.

¹ Формулой эта частота выражается так:

$$\omega = \frac{e}{mc} (H + H_a) + \frac{I (ak)^2}{\hbar}.$$

Если охладить ферромагнетик до ультранизких температур, тепловой энергии не хватит на рождение магнов. Это проявляется в том, что магнов экспоненциально мало (число магнов пропорционально $e^{-\epsilon_0/T}$), и находит свое отражение в температурной зависимости спонтанного момента и маглонной части теплоемкости: «закон $3/2$ » справед-

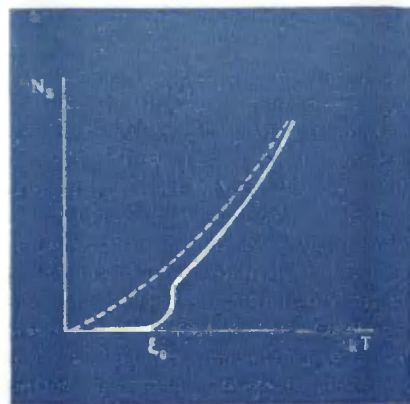


Рис. 3. Качественная зависимость числа спиновых волн от температуры. При понижении температуры ниже ϵ_0/k число спиновых волн резко падает. Пунктирная кривая — «закон $3/2$ ».

лив не до абсолютного нуля, он сменяется экспоненциальной зависимостью от температуры (рис. 3). Показатель экспоненты содержит энергию покоя магнона. Оказыва-

ется, можно «взвесить» частицу, масса которой в 10^{10} раз меньше массы электрона.

Теперь об антиферромагнетиках. Если магнитным моментам выгодно располагаться вдоль оси анизотропии (рис. 4), то при любом отклонении моментов от оси они вращаются. Так как моментов два, то и частот две:

$$\omega_1 = \frac{e}{mc} (\sqrt{H_a H_e} + H);$$

$$\omega_2 = \frac{e}{mc} (\sqrt{H_a H_e} - H).$$

Каждая из частот (ω_1 и ω_2) соответствует сравнительно сложному вращению обоих моментов. Когда магнитное поле равно нулю, обе частоты совпадают и равны $\frac{e}{mc} \sqrt{H_a H_e}$.

Поле анизотропии H_a приблизительно такое же, как в ферромагнетике, а «обменное поле» H_e значительно больше поля анизотропии — ведь при отклонении магнитных моментов от оси они действуют не только против сил анизотропии, но и против обменных сил. Отметим еще, что внешнее магнитное поле увеличивает одну частоту и уменьшает другую. Для одного из вращений оно — союзник энергии анизотропии, для другого — противник. Последние формулы справедливы только в случае, если $\frac{e}{mc} H < \sqrt{H_a H_e}$.

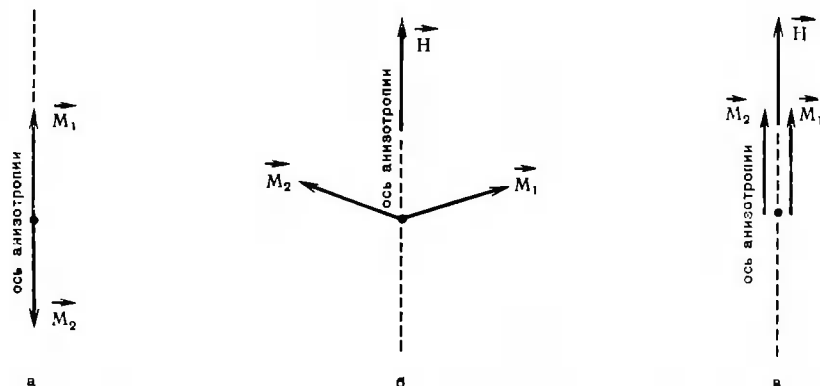


Рис. 4. В отсутствие магнитного поля и в слабых полях магнитные моменты располагаются вдоль оси анизотропии. Сильное магнитное поле изменяет магнитную структуру антиферромагнетика, а — $H < \sqrt{H_e H_a}$; б — $H_e > H \geq \sqrt{H_e H_a}$; в — $H \geq H_e$.

При $\frac{e}{mc} H \approx \sqrt{H_a H_e}$ магнитная система, изображенная на рис. 4, а, делается неустойчивой. Скачком меняется магнитная структура. Мы ее изобразили на рис. 4, б. Дальнейшее увеличение магнитного поля прижимает магнитные моменты к оси. Наконец, при магнитном поле, равном H_e , магнитные моменты схлопываются. Правда, величина поля схлопывания очень велика: энергия μH_e при этом приблизительно равна обменной энергии $K_B T_N$. Пере-

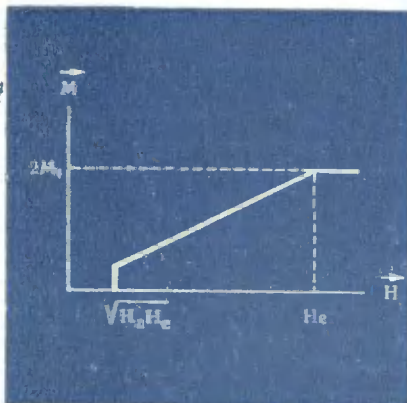


Рис. 5. Зависимость магнитного момента антиферромагнетика $M = -|\vec{M}_1 + \vec{M}_2|$ от магнитного поля демонстрирует изменение магнитной структуры (см. рис. 4).

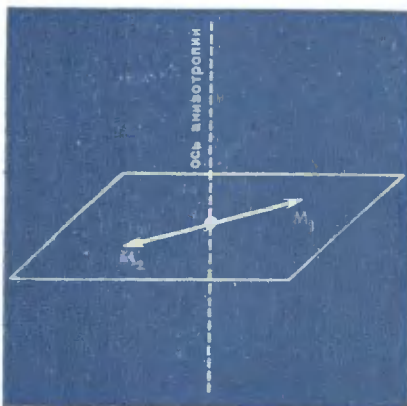


Рис. 6. При определенном знаке энергии анизотропии магнитным моментам выгодно располагаться в плоскости, перпендикулярной оси анизотропии. Поворот системы магнитных моментов вокруг оси анизотропии не требует затраты энергии.

стройка магнитной структуры отчетливо проявляется в зависимости магнитного момента антиферромагнетика от магнитного поля (рис. 5).

Из-за сравнительно большой частоты однородного вращения экспоненциальная зависимость магнитных частей термодинамических величин антиферромагнетиков наблюдается при больших температурах, чем в ферромагнетиках. Масса покоя магнов антиферромагнетиков больше массы покоя магнов ферромагнетиков.

Сказанное относится только к тем антиферромагнетикам, магнитным моментам которых выгодно располагаться вдоль оси. Есть и другие (их даже больше, чем тех, о которых мы рассказали сначала), в них магнитным моментам выгодно располагаться в плоскости, перпендикулярной оси (рис. 6). Как ориентированы магнитные моменты в плоскости — безразлично. Или, другими словами, поворот системы магнитных моментов вокруг оси анизотропии не требует затраты энергии. Как следствие, одна из частот вращения магнитных моментов равна нулю. Другая частота примерно такая же, как и у тех антиферромагнетиков, у которых магнитные моменты параллельны оси.

Мы описали только частоты однородных вращений. Если частоту однородных вращений умножить на постоянную Планка, получится энергия покоя магнона. Неоднородным вращениям (с волновым вектором, отличным от нуля, или длиной волны, отличной от бесконечности) соответствуют движущиеся магноны, но о них мы уже достаточно подробно рассказали.

Резюмируем сказанное в этом разделе: магноны с очень малым импульсом — это волны вращений магнитных моментов; магноны с нулевым импульсом — однородное (софазное) вращение всех магнитных моментов ферро- или антиферромагнетика.

Резонансы

Магнитные моменты ферромагнетика можно искусственно заставить вращаться. Для этого ферромагнетик

надо поместить во вращающееся магнитное поле. Если частота вращения магнитного поля отличается от собственной частоты вращения магнитных моментов, магнитное поле будет то ускорять магнитные моменты, то тормозить («забирать» у них энергию). В среднем магнитные моменты вовсе не воспримут энергии вращающегося магнитного поля, и эксперимент, поставленный так, чтобы измерить поглощенную ферромагнетиком энергию переменного магнитного поля, ничего не по-

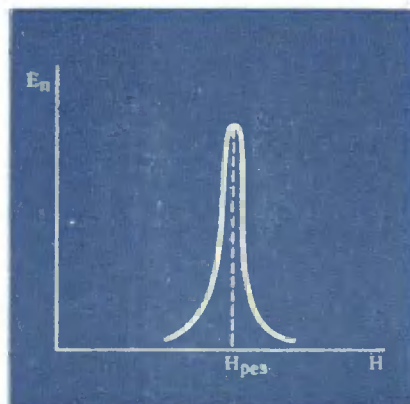


Рис. 7. При определенном (резонансном) значении магнитного поля H_{res} резко возрастает поглощение электромагнитной энергии ферромагнетиком. Это — ферромагнитный резонанс. E_n — поглощенная энергия.

кажет. Но если частота переменного магнитного поля совпадает с собственной частотой вращения магнитных моментов, наступает резонанс и энергия магнитного поля поглощается. Обычно эксперимент ставят так: помещают ферромагнитный образец в резонатор, в котором существует переменное электромагнитное поле определенной частоты, и изменяют величину внешнего постоянного магнитного поля H . При некотором значении магнитного поля резко возрастает количество поглощенной в резонаторе энергии, что и свидетельствует о резонансе (рис. 7).

Этот резонанс называют ферромагнитным. Ферромагнитный резо-

нанс был открыт Дж. Гриффитсом в 1946 г., хотя из работ В. К. Аркадьева, начатых еще в 1913 г., уже следовали резонансные свойства ферромагнетиков.

Частота, при которой наблюдается ферромагнитный резонанс, существенно зависит от энергии анизотропии и от величины приложенного магнитного поля. Для понимания порядков величин отметим: магнитному полю H в 10 000 эрстед по формуле $\omega = \frac{e}{mc} H$ соответствует ча-

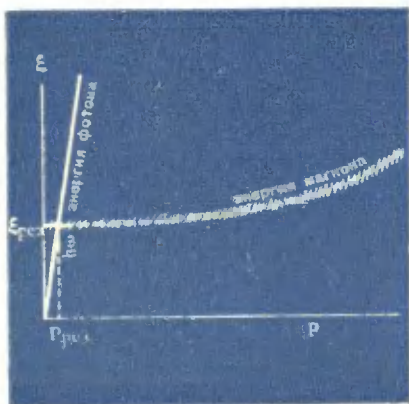


Рис. 8. Точка пересечения определяет резонансное значение импульса p и энергии ε фотона и магнтона. Видно, что резонансный импульс очень мал. Размытие показывает, что энергия магнтона имеет некоторую неопределенность, обусловленную конечным временем жизни.

стота $\omega \approx 10^{11}$ сек $^{-1}$ или длина волны $\lambda \approx 6$ мм.

Ферромагнитный резонанс допускает квантовомеханическую трактовку: фотон с импульсом $p = \hbar\omega/c$ (где ω — частота электромагнитной волны) превращается в магнон, энергия которого ε функция p . Превращение может произойти, если выполнены законы сохранения энергии и импульса. Их выполнение легко проанализировать на рис. 8, где отложены зависимости энергии фотона и магнтона от импульса. Пересечение происходит при том значении импульса, при котором возможно резонансное превращение фотона

в магнон. Надо только учесть, что нам пришлось несколько исказить рисунок. Скорость света так велика, что прямая, изображающая зависимость энергии фотона от импульса, должна практически совпадать с осью ординат. А это значит: при превращении фотона в магнон «рождается» магнон с почти нулевым импульсом. Другими словами, ферромагнитный резонанс дает возможность непосредственного измерения энергии покоя магнтона («взвешивание» его массы покоя).

Мы нарочно несколько упростили рассказ. В действительности информация, извлекаемая из экспериментов по ферромагнитному резонансу, не ограничивается определением частоты однородных колебаний. Как видно из рис. 7, поглощенная ферромагнетиком энергия отлична от нуля не только при $H = H_{\text{рез}}$, но и вблизи резонансного значения магнитного поля. Причина этого состоит в следующем. Вращение магнитного момента не может продолжаться бесконечно (на квантовом языке: магнон не живет вечно). Всегда есть процессы, приводящие к замедлению вращения магнитного момента. Мы о них не говорили в предыдущем разделе, так как время замедления τ , как правило, значительно больше периода вращения момента. Согласно одному из основных принципов квантовой механики — принципу неопределенности, время жизни в данном состоянии и неопределенность энергии этого состояния $\Delta\varepsilon$ связаны друг с другом:

$$\Delta\varepsilon \geq \hbar/\tau.$$

Это означает, что энергия магнтона определена с точностью, не большей $\Delta\varepsilon \approx \hbar/\tau$, и на рис. 8 надо изобразить не линию, а полосу шириной $\hbar/\tau$. Ясно, что неопределенность энергии приводит к возможности превращения «фотон — магнон» в некотором интервале значений параметров. И другой вывод: исследуя форму резонансной кривой, можно узнать о процессах, ограничивающих время жизни магнтона. А это весьма интересно, так как открывает глаза на взаимодействие магнтона с себе подобными и с квазичастицами другой природы — фо-

нонами, например. К сожалению, мы не имеем возможности остановиться на этом подробнее.

Ферромагнитный резонанс — метод определения энергии покоя магнтона. А можно ли непосредственно исследовать свойства отдельного подвижного магнтона? Мы нарочно подчеркиваем, что речь идет об изучении отдельного магнтона. Коллектив магнетонов доступен экспериментальному изучению (мы уже об этом говорили), однако, конечно, выводы становятся убедительней, если удастся «изолировать» объект исследования и иметь дело с одним подопытным. Природа предоставила нам такие возможности.

Рассмотрим некоторые из них.

Сначала мы займемся почти покоящимися магнотонами, магнотонами с очень малым импульсом, т. е. спиновыми волнами с большой длиной волны.

Напомним, что фотон превращается в покоящийся, а не в движущийся магнон из-за того, что у фотона огромная скорость (см. рис. 8). А если заставить превращаться в магнон квант звука — фонон? Скорость звука в сто тысяч раз меньше скорости света. Анализ законов сохранения показывает: действительно, при ферроакустическом резонансе (такое название получило превращение фонона в магнон) образуется магнон с конечным импульсом. Ферроакустический резонанс был предсказан А. И. Ахиезером, В. Г. Барьяхтаром и С. В. Пелетминским в 1956 г. и стал одним из эффективных методов исследования магнетиков.

Рассмотрение ферроакустического резонанса подсказывает еще одну возможность изучения магнетонов с конечным импульсом. Чтобы легче понять идею метода, опишем акт рождения магнтона фононом на волновом языке: звуковая волна превратилась в спиновую волну той же длины.

Длина радиоволн, даже ультракоротких, используемых в опытах по ферромагнитному резонансу, очень велика по атомным масштабам. Поэтому при ферромагнитном резонансе возбуждается бесконечно длинная спиновая волна (точнее, та-

кая длинная, что мы можем считать ее бесконечной). А нельзя ли сжать электромагнитную волну, укоротить ее? В оптически плотной среде с показателем преломления n длина волны света в n раз меньше, чем в вакууме. Но n , в лучшем случае, равно нескольким единицам. И свет, и радиоволны — электромагнитные колебания. Поэтому надеяться на такое сжатие за счет показателя преломления особенно не приходится. Исключение составляют металлы. В металлы электромагнитные волны вообще почти не проникают, а та незначительная часть, которая проникает, затухает на очень малом расстоянии. Это расстояние¹ для длин волн порядка одного сантиметра приблизительно равно 10^{-5} см, т. е. электромагнитное поле в металле существенно изменяется на расстояниях в сто тысяч раз меньших, чем длина волны этого поля в вакууме. Если бы мы захотели представить электромагнитное поле в виде совокупности плоских волн, то убедились бы, что главный вклад дают волны с длиной $\approx 10^{-5}$ см, в то время как на поверхность металла падает волна длиной 1 см. Другими словами, металл совершает огромное сжатие электромагнитных волн, правда, несколько «размывая» их: вместо одной плоской волны возникает пакет — совокупность волн, сложение которых создает затухающее в глубину металла поле.

Сжатие электромагнитной волны металлом позволяет использовать исследования высокочастотных свойств металлических ферромагнетиков для изучения подвижных магнов. Для этого надо измерить зависимость от частоты и от внешнего магнитного поля коэффициента отражения электромагнитной волны поверхностью ферромагнитного металла. Конечно, измерения надо проводить в условиях, близких к условию ферромагнитного резонанса. То обстоятельство, что электромагнитная волна возбуждает спиновую волну, а не однородное вращение магнитных моментов, проявляется в величине коэффициента отражения и дает возможность определить свой-

ства подвижного магнона. Впервые подобные эксперименты были проведены американскими физиками В. Аментом и Г. Радо в 1955 г.

Мы до сих пор не рассказали о, казалось бы, самой естественной возможности исследования спиновых волн конечной длины — резонансном возбуждении стоячих спиновых волн. Действительно, для спиновой волны ферромагнитный образец — это резонатор, отражение от стенок которого должно приводить к образованию стоячих волн. Чтобы интерференционная картина была заметна, пленку нужно брать потоньше. Подходят весьма тонкие ферромагнитные пленки, толщиной примерно $10^{-6} \div 10^{-5}$ см. Конечно, трудно сделать хорошие пленки толщиной в несколько десятков атомных слоев. Однако такой эксперимент был осуществлен. Он заключается в исследовании резонансного поглощения энергии переменного магнитного поля тонкой ферромагнитной пленкой. Вместо одного пика, соответствующего возбуждению однородного вращения магнитных моментов, наблюдается несколько пиков, расстояние между которыми позволяет измерить величину, непосредственно связанную с обменным интегралом.

Итак, мы видим, что существует несколько методов исследования длинноволновых спиновых волн. Каждый из них обладает своими достоинствами. Все они обогащают физиков многочисленными сведениями, позволяющими глубже проникнуть в природу магнитного состояния.

И всем этим методам присущ общий недостаток. С их помощью нельзя (или необычайно трудно) исследовать спиновые волны, длина которых порядка межатомных расстояний (о таких спиновых волнах заведомо лучше говорить как о квазичастицах — магнонах). А ведь тепловые и магнитные свойства магнетиков определяются всеми магнонами. Наши знания будут неполны, если мы ограничимся почти неподвижными магнонами. Добраться до магнов с большими импульсами нам помогут всепроникающие нейтроны.

Прохождение нейтрона через магнитный кристалл сопровождается

своеобразным резонансным эффектом — рождением магнона¹. Опишем его несколько подробнее. Нейтрон, пролетая через магнитный кристалл, взаимодействует с магнитными моментами атомов (ведь он сам обладает магнитным моментом!) и заставляет их двигаться — вращаться. Или, другими словами, нейтрон возбуждает спиновые волны. Корпускулярные свойства волны — в данном случае спиновой — проявляются в том, что энергия волны может быть либо $\hbar\omega$, либо $2\hbar\omega$ и т. д. А импульс — либо $\hbar\vec{k}$, либо $2\hbar\vec{k}$ и т. д. (ω и $\vec{k}$ — частота и волновой вектор спиновой волны). Это же условие «на языке магнов»: рождается один магнон с энергией $\varepsilon = \hbar\omega$ и импульсом $p = \hbar\vec{k}$, либо два магнона и т. д. Расчет показывает, что рождение одного магнона значительно более вероятно, чем двух или большего числа.

Акт рождения магнона, как и любой процесс в природе, подвластен законам сохранения энергии и импульса, которые в данном случае выглядят так:

$$\Delta\vec{p} = \hbar\vec{k}; \Delta\varepsilon = \hbar\omega.$$

Здесь $\Delta\vec{p}$ и $\Delta\varepsilon$ — изменение импульса и энергии нейтрона. Их мы можем измерить. В эксперименте измеряют скорость нейтрона, рассеянного в данном направлении. Легко понять, что этого достаточно для определения изменения энергии и импульса нейтрона, если известна скорость и направление его полета до рассеяния. Таким образом, измеряя $\Delta\varepsilon$ и $\Delta\vec{p}$ и используя законы сохранения энергии и импульса, мы непосредственно измеряем закон дисперсии магнов — зависимость энергии магнона от его импульса. Этот метод получил в последние годы широкое распространение, так как у экспериментаторов благодаря развитию ядерной техники появи-

¹ При конечной температуре может произойти и поглощение магнона. Однако поглощение магнона всегда менее вероятно, чем его рождение. Поэтому мы в дальнейшем будем говорить только о рождении магнов.

¹ Его называют глубиной скин-слоя.

лись в распоряжении мощные пучки нейтронов, а развитие электронно-вычислительных машин дало возможность механизировать обработку результатов подобных, очень трудоемких, опытов. Рассеяние нейтронов — основной поставщик сведений о магнанах, импульс которых сравнительно велик.

Однородное вращение магнитных моментов, как мы знаем, возможно не только в ферромагнетиках, о которых речь шла в этом разделе, но и в антиферромагнетиках. Значит, возможно и резонансное поглощение энергии переменного магнитного поля. Особенно убедительно это утверждение звучит, если сформулировать его на квантовом языке: фотон при взаимодействии с антиферромагнетиком может превратиться в магнон.

Физическая природа антиферромагнитного резонанса, по существу, не отличается от природы ферромагнитного резонанса. Поэтому нет необходимости повторять сказанное. Интересно, однако, подчеркнуть различия, обусловленные антиферромагнитным упорядочением магнитных моментов.

Спектр антиферромагнетика сложнее, чем спектр ферромагнетика. У большинства антиферромагнетиков энергия покоящегося магнана значительно больше энергии покоящегося магнана ферромагнетика. Для антиферромагнетиков резонанс либо находится в недоступной или труднодоступной области частот, либо надо использовать огромные магнитные поля (одна из частот неоднородного вращения уменьшается с ростом внешнего магнитного поля).

И, наконец, магнитная структура антиферромагнетика перестраивается под воздействием магнитного поля (мы об этом уже говорили), а это приводит к перестройке магнитного спектра, что, естественно, проявляется в антиферромагнитном резонансе.

Антиферромагнитный резонанс впервые наблюдался группой голландских физиков в 1951 г. и после этого стал одним из распространенных методов исследования антиферромагнетиков.

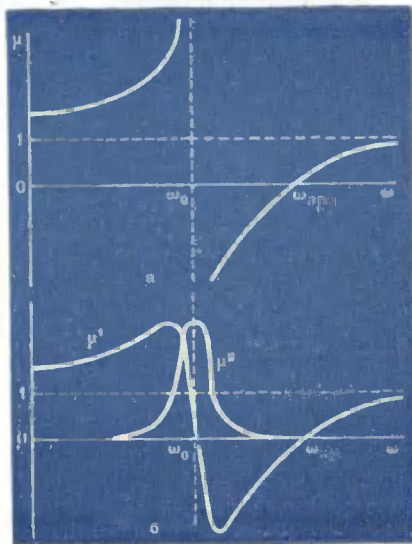


Рис. 9. Дисперсия — зависимость магнитной восприимчивости μ от частоты ω : а — без учета затухания вращения магнитных моментов; б — затухание учтено. Для хороших образцов ширина резонансной кривой (зависимость μ'' от ω) меньше разности $\omega_{ар} - \omega_0$.

Антирезонанс

Приставка «анти» не должна нас запутать. Речь пойдет о ферромагнетиках. И, главным образом, о ферромагнитных металлах.

Высокочастотные свойства магнетиков можно описать, если ввести магнитную восприимчивость μ , зависимость которой от частоты ω переменного магнитного поля связана с многократно упоминавшейся здесь способностью магнитных моментов вращаться вокруг постоянного магнитного поля. Существование ферромагнитного резонанса проявляется в том, что μ обращается в бесконечность при $\omega = \omega_0$ (ω_0 — частота однородного вращения магнитных моментов). На рис. 9 схематически изображена зависимость магнитной проницаемости от частоты. Внизу — график двух функций: действительной части магнитной восприимчивости μ' и ее мнимой части μ'' в зависимости от ω .

Мнимая часть магнитной восприимчивости имеет вполне реальный

смысл: она пропорциональна количеству поглощаемой ферромагнетиком энергии. Обратим внимание, что зависимость μ'' от ω близка к резонансной кривой. Существует любопытная особенность магнитной восприимчивости: при частоте, равной $\omega_{ар}$, магнитная восприимчивость обращается в нуль. Частота, при которой магнитная восприимчивость обращается в нуль, называется частотой антирезонанса. Строго говоря, обращается в нуль только действительная часть, а мнимая очень мала (это дает нам право просто не думать о мнимой части магнитной восприимчивости).

Расчет показывает, что

$$\omega_{ар} = \frac{e}{mc} (H + H_a + 4\pi M),$$

где M — магнитный момент единицы объема ферромагнетика (остальные величины, входящие в эту формулу, мы ранее определили). Из приведенных оценок ясно, что частота $\omega_{ар}$ соответствуют электромагнитные волны сантиметрового, реже — дециметрового диапазона.

Какими же особенностями обладает ферромагнетик в переменном поле, частота которого равна антирезонансной?

Пусть для определенности мы имеем дело с ферромагнитным металлом, удельная проводимость которого σ . Как мы уже говорили, электромагнитная волна проникает в металл только на глубину скин-слоя, которая, как показывает простой расчет, обратно пропорциональна корню из магнитной восприимчивости. Это означает, что при частоте антирезонанса (магнитная проницаемость равна нулю) глубина скин-слоя обращается в бесконечность — вообще нет никакого скин-слоя! Электромагнитное поле проникает в глубину металла. Это приводит к аномально большой прозрачности металла.

Предсказание о возможности такого эффекта было сделано автором в 1959 г., а через десять лет эффект был обнаружен Б. Гейнрихом и В. Мещеряковым. Они исследовали проникновение электромагнитных волн через пластины перма-

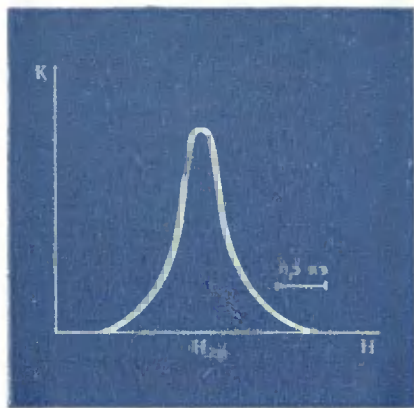


Рис. 10. Зависимость коэффициента прозрачности K от магнитного поля H для пленки пермалоя толщиной в 25 мкм. Вдали от антирезонанса толщина пленки в 20 раз больше глубины скин-слоя. Вне линии антирезонанса пленка полностью экранирует электромагнитную волну (из работы Б. Гейнриха, В. Мецеракова, ЖЭТФ, т. 59, 1970, вып. 2(8), стр. 424).

лота толщиной от 14 до 54 мкм. Как всегда, частота электромагнитной волны фиксировалась, а в эксперименте изменялось магнитное поле. Когда магнитное поле H имело значение, определяемое равенством частоты электромагнитной волны частоте антирезонанса $\omega_{ар}$, наблюдалось резкое (на несколько порядков) увеличение коэффициента прозрачности (рис. 10).

С помощью антирезонанса электромагнитную энергию можно заставить проникнуть в глубину металла. Это поможет исследовать свойства металлических ферромагнетиков, а, возможно, антирезонанс найдет и практическое применение в радиотехнических устройствах.

Вместо заключения

Мы начали с выяснения природы магнетизма, и логика рассказа привела нас к описанию высокочастотных свойств магнетиков. Это не случайно. Исследование высокочастотных свойств — один из наиболее эффективных методов выяснения энергетической структуры.

По необходимости мы ограничили свой рассказ самыми простыми наглядными явлениями и свойствами магнетиков. Их высокочастотным свойствам посвящены объемистые монографии; буквально каждый день на эту тему появляются десятки статей, часто устраиваются международные конференции и узкие семинары. Многие открытия переданы в технику, освоены ею и «спокойно работают» в радиоприемниках и в радиолокаторах, в вычислительных машинах и в разнообразных релейных устройствах.

Одновременно развиваются наши представления о природе магнетизма различных твердых тел. Открываются прелюбопытнейшие особенности. Например, сравнительно недавно было выяснено, что структура основного состояния большого числа магнетиков сложнее, чем мы думали. Есть кристаллы, у которых магнитным моментам энергетически выгодно расположиться почти антипараллельно. Это — почти антиферромагнетики. В основном состоянии у них есть магнитный момент (даже в отсутствие магнитного поля!), но он очень мал — во много раз меньше, чем у настоящих ферромагнетиков. Явление получило название слабого ферромагнетизма и нашло свое объяснение в работах И. Дзялошинского (1957). У других кристаллов структура основного состояния особенно вычурная: магнитные моменты соседних ячеек несколько повернуты друг к другу так, что образуется спираль, шаг которой не кратен размерам кристаллической ячейки. Выясняется, что в формировании магнитной спирали важную роль играют электроны проводимости.

Глубокое проникновение в природу магнетизма ни в коей мере не означает решения всех вопросов. Кто-то сравнивал развитие науки с военным наступлением. Как правило, в тылу остаются очаги сопротивления. Но, в отличие от военных действий, мы никогда не знаем, не станет ли в самое ближайшее время оставленный в тылу очаг сопротивления новым фронтом. Наука не имеет средств разведки для выяснения этого. Новое открытие, новая

теория может совершенно перераспределить силы. В учении о магнетизме много белых пятен. До сих пор нет последовательной квантовомеханической теории антиферромагнетизма и вообще магнетиков со сложным упорядочением магнитных моментов. Еще неполностью выяснена связь между магнонами и электронами проводимости.

Хотя первые исследования магнитных явлений начались в глубокой древности, физика магнетизма — молодая наука, дарящая открытия и манящая нераскрытыми тайнами.

УДК 538.11

Рекомендуемая литература

А. И. Ахиезер, В. Г. Барьяхтар, С. В. Пелетминский. СПИНОВЫЕ ВОЛНЫ. М., «Наука», 1967.

Е. А. Туров. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАГНИТОУПОРЯДОЧЕННЫХ КРИСТАЛЛОВ (феноменологическая теория спиновых волн в ферромагнетиках, антиферромагнетиках и слабых ферромагнетиках). Изд-во АН СССР, 1963.

А. Г. Гуревич. ФЕРРИТЫ НА СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТАХ. М., Физматгиз, 1960.

А. С. Боровик-Романов. АНТИФЕРРОМАГНЕТИЗМ. В сб. «Антиферромагнетизм и ферриты» (итоги науки, вып. 4). Изд-во АН СССР, 1962.

Д. Маттис. ТЕОРИЯ МАГНЕТИЗМА (перев. с англ.). М., «Мир», 1967.

Я. А. Моносов. НЕЛИНЕЙНЫЙ ФЕРРОМАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС. М., «Наука», 1971.

По богатству недр океан уступает суше

Е. А. Величко

Кандидат геолого-минералогических наук



Евгений Александрович Величко, старший научный сотрудник Научно-исследовательской лаборатории геологии зарубежных стран Министерства геологии СССР, литолог. Многие годы работал в Арктике, Сибири, на Урале, где изучал геологию и полезные ископаемые осадочного происхождения. В последние годы занимается проблемой выявления и освоения твердых полезных ископаемых океанского дна. Автор нескольких работ в этой области, в том числе и научно-популярных статей в журнале «Природа» (№ 4, 1966 и др.).

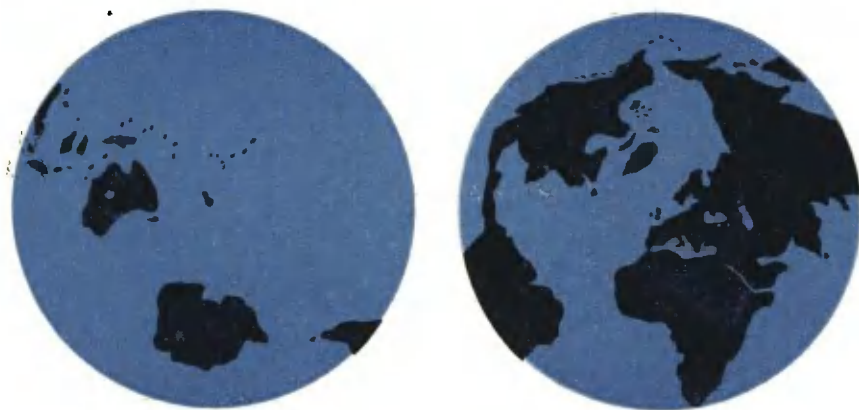
Вся современная цивилизация опирается на фундамент из тех примерно 5 млрд т железа, которые человечество извлекло из земных недр и переплავило в машины и конструкции, приборы и предметы обихода,—так образно можно оценить роль полезных ископаемых в обществе. Бурный рост населения в нашем веке вызывает и рост потребления, в том числе и минерального сырья. Ожидается, что к 2000 г. потребность в минеральном сырье возрастет почти в 3 раза по сравнению с современным уровнем.

Естественно, что взгляды геологов устремлены к океану. Океанские воды скрывают под собой площадь, более чем в 2,3 раза превосходящую площадь суши (361 млн км² против 149 млн км²). Недостаток знаний об океане, о геологическом строении его дна до самого последнего времени не позволял дать оценку возможных минеральных ресурсов, залегающих под водой. Некоторые горячие головы поспешили объявить океан неисчерпаемой сокровищницей минеральных богатств, будущей минеральной кладовой человечества.

Однако надо иметь в виду, что минеральные образования океанского дна еще мало изучены. Мы не знаем ни законов их распространения в пределах океанских впадин (это, вероятно, и недостижимо в обозримом будущем), ни самих их видов, о чем свидетельствуют недавние неожиданные находки совершенно новых типов рудопроявлений. Во всяком случае, говорить о неисчерпаемости ресурсов океана преждевременно, если не сказать, просто неверно.

Причина слабой изученности минеральных образований в океане объясняется прежде всего трудностью их обнаружения на огромных пространствах океанского дна. Напомним, что на суше месторождения полезных ископаемых ищут уже не одно столетие, причем в нашем веке масштабы и темпы поисков неизмеримо возросли. Во всем мире работают сотни тысяч геологов, геофизиков и других специалистов-поисковиков, и все же еще не все поверхностные месторождения открыты.

На дне океана более или менее систематические поиски начались лишь 20—30 лет назад. В поисках (включая все попутные наблюдения) участвуют единицы или немногие десятки судов, при этом наблюдения производятся на отдельных точках — станциях, значительно удаленных друг от друга. Естественно, при такой разреженной и к тому же неравномерной сети наблюдений рассчитывать на получение исчерпывающих материалов нельзя. И в основном сейчас обнаружены те исключительно широко распространенные на океанском дне минеральные образования, которые нельзя не заметить, как нельзя не заметить леса на суше. Находки же месторождений, локализующихся на ограниченных площадях дна, расцениваются как исключительная удача, а таких удач пока немного. Вместе с тем следует признать, что число видов минеральных образований как на дне океана, так и в толще пород океанической коры, вероятно, ограничено. Причина такой ограниченности кроется в самой природе



Океаническое и материковое полушария Земли. На океаническом полушарии суша занимает 19,1%, а океан — 80,9% поверхности; на материковом полушарии на долю суши приходится 39,3%, а на долю океана — 60,7% поверхности, так что, в сущности, и «материковое» полушарие является «океаническим».

океанической среды и происходящих в ней геологических процессов¹.

Какие же минеральные богатства содержит океан?

Всякого, впервые увидевшего море, поражает безграничный водный простор. Океан — это прежде всего вода, причем вода минерализованная. Подсчитано, что во всем объеме воды Мирового океана, равном 1,37 млрд км³, содержится $5 \cdot 10^{16}$ т различных элементов и их соединений, или, для наглядности, столько твердого вещества, что оно покрыло бы всю поверхность суши слоем до 200 м толщиной. Неудивительно, что предпринимались и предпринимаются попытки получения из морской воды многих веществ.

По ироническому замечанию французских океанографов, вода

океана уподобляется чудовищу озера Лох-Несс, которое то вдруг «всплывает» на газетных страницах, то «ныряет» в пучину при появлении других сенсационных событий. В морской воде на сегодняшний день обнаружено около 80 элементов; однако более 99% их количества приходится на долю всего 10 элементов, а из этих последних натрий и хлор составляют 85,2%. Именно они в виде поваренной соли добываются из морской воды с незапамятных времен. В нашем веке к поваренной соли прибавились иод, бром, магний, кальций и некоторые их соединения. Опыты извлечения золота, урана и других рассеянных элементов пока еще не вышли из стадии эксперимента.

В связи со все более растущей потребностью в пресной воде во многих странах, в том числе и в СССР, сооружаются опреснительные установки. Остатки морской воды, подвергшейся дистилляции, представляют рассолы, нагретые до высокой температуры, с концентрацией солей примерно вчетверо большей, чем в исходной воде. Казалось бы, представляется соблазнительная возможность получить из этих рассолов многие элементы. Однако прямое извлечение большинства элементов или экономически невыгодно, или технически неосуществимо.

Кроме того, полное извлечение всех (или большей части) элементов из морской воды оказывается и ненужным, так как потребление их во всем мире намного ниже, чем может дать даже одна крупная опреснительная установка.

Сейчас намечаются новые пути выборочного извлечения из морской воды отдельных веществ. Один путь — использование ионообменных смол, которые избирательно могут поглощать ионы некоторых элементов и таким образом концентрировать их в значительных количествах. Имеются довольно успешные опыты получения таким путем урана. Второй путь — использование растительных и животных организмов, концентрирующих весьма рассеянные элементы. Например, в некоторых видах водорослей содержание иода в 100 тыс. раз больше, чем в воде; животные оболочники способны накапливать ванадий в количествах, больших в 280 тыс. раз, кости некоторых рыб — свинец в 20 млн раз, а медь и цинк в миллион раз, чем содержится в морской воде. Правда, абсолютные количества этих элементов в организмах остаются небольшими. Может быть, не сами органические остатки, а выяснение механизма процесса поглощения ими отдельных элементов позволит в будущем извлекать из морской воды медь, цинк, свинец, ванадий, олово, серебро и другие металлы.

Однако морская вода, вероятно, не сможет отдать все, что в ней содержится, так как затраты на извлечение большинства элементов значительно превышают их стоимость. С другой стороны, во многих горных породах содержание тех же элементов на несколько порядков выше, чем в морской воде, и тем не менее получение их из пород невыгодно и технически трудно. Морская вода по ее роли в земной коре тоже может быть отнесена к горным породам, но нужно признать, что эта порода по содержанию многих веществ, особенно металлов, беднее, чем изверженные породы.

Вода океана играет и другую важную роль в образовании концентраций минеральных веществ. На

¹ В 1969 г. в издательстве «Прогресс» вышел перевод единственной пока в мировой литературе книги Д. Мери «Минеральные богатства океана». Однако в этой работе минеральные ресурсы рассматриваются главным образом с позиции возможности их промышленного освоения. Геологическим вопросам уделено меньше внимания.

берега постоянно обрушиваются волны прибоя, взмучивают прибрежный песок, сортируют песчинки по их величине и весу. Если в песке хотя бы в небольшом количестве содержится примесь зерен более тяжелых, чем остальные, то они в конце концов собираются в обособленные слои и образуют береговую россыпь. Эффективно воздействуют лишь сильные, штормовые волны или волны океанского прибоя, неизменно грохочущего у открытых берегов и в бурю, и в штиль. Дурная слава была у берегов Юго-Западной Африки. Прямойлинейный берег, без бухт и мысов, которые могли бы укрыть от волн, открыт прибюю, неустанно и ритмично обрушивающему на сушу вал за валом в течение миллионов лет. «Берегом Скелетов» называли его мореплаватели, огибавшие со времен Васко да Гамы Африку и с суевверным страхом взиравшие на скелеты — оголенные шпангоуты кораблей, выброшенных на красные пески пустыни. Но те же губительные для кораблей волны сделали этот берег «Берегом Сокровищ». Алмазы, выносимые в океан рекой Оранжевой в глыбах кимберлитовой породы во время катастрофических паводков, попадая в мельницу прибоя, разносились вдоль берега и собирались в валах береговых песков, в котлах, вымытых водой в основании берегового уступа. Часть алмазов разнесена и по дну в прибрежной зоне вместе с песком и гравием. Хотя в среднем одно алмазное зерно приходится на 26 млн других частиц, разработка алмазоносных отложений выгодна.

Но не только алмазы накапливаются в береговых и подводных россыпях, как об этом уже сообщалось в журнале «Природа»¹. Можно лишь подчеркнуть, что прибрежные россыпи некоторых тяжелых минералов не имеют равноценных себе аналогов среди образующихся на суше аллювиальных россыпей. Это относится к россыпям ильменита, рутила, циркона, монацита и некоторых других, сравнительно редких, минералов. Они обычно рассеяны в гор-



Физиографическая схема рельефа дна Атлантического океана (составлена Национальным географическим обществом США). Вертикальный масштаб значительно преувеличен, благодаря чему особенно наглядно выделяются морфоструктурные области океана: шельф, континентальный склон и его подножие, глубоководные абиссальные равнины, Срединно-Атлантический хребт с осевой рифтовой долиной и широкими крыльями, которые рассечены множеством поперечных разломов. Также видны многочисленные подводные вулканические горы и плато, горные цепи и глубоководные желоба у островных дуг Большого Антильского и Южно-Антильского архипелагов.

¹ См. «Природа», 1968, № 2, стр. 40.

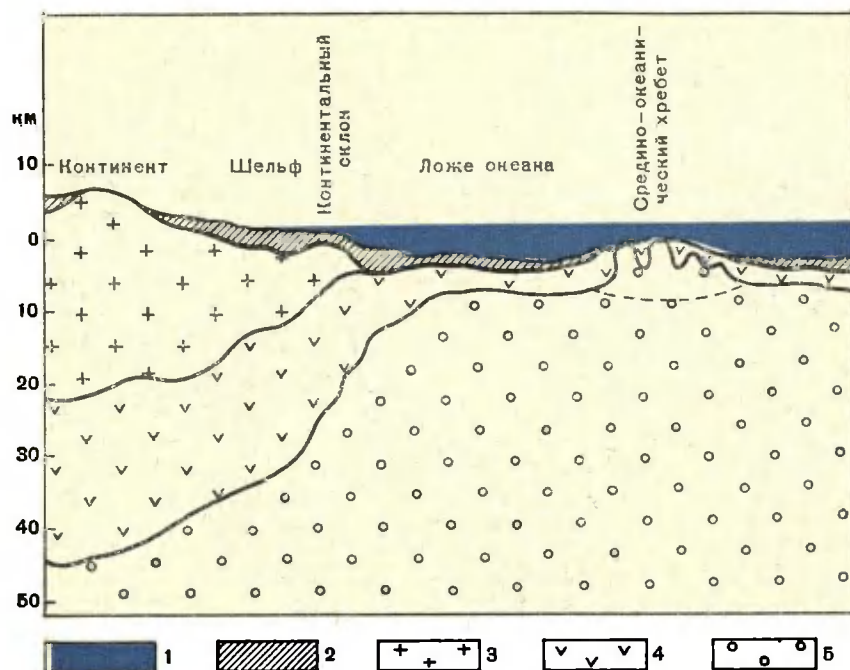


Схема строения континентальной и океанической земной коры дает представление о характере перехода от континента к океану. Гранитный слой континентов местами выходит на поверхность суши, а в сторону океана выклинивается. Срединно-океанические хребты открывают выход на дно океана породам верхней мантии. 1 — вода; 2 — осадочный слой; 3 — гранитный слой; 4 — базальтовый слой; 5 — породы верхней мантии; пунктир показывает поверхность МОХО под срединно-океаническим хребтом.

ных породах, представляя так называемые акцессорные минералы — типичные для данной породы, но очень малочисленные. Природные процессы выветривания, переноса и естественного шлихования (разделение по удельному весу) в волно-прибойной зоне приводят к тому, что эти малочисленные в породах минералы концентрируются в значительных массах, оправдывающих затраты на их добычу. В Советском Союзе прибрежные россыпи начинают осваивать на берегах и прибрежных мелководьях различных морей — от Балтийского до Японского и от Черного до Чукотского. Если напомнить, что протяженность береговых линий окраинных и внутренних морей СССР превышает 100 тыс. км, станет ясным, насколько велики перспективы обнаружения прибрежных россыпей в самых различных геологических условиях.

Песок, гравий, глинистые и другие илы многим представляются зауряд-

ными и вездесущими. Так ли это? Ведь многие местности лишены месторождений этих строительных и балластных материалов. К тому же разработка их на суше исключает возможность использования для других целей больших площадей земель, уродует местность. В области прибрежного мелководья выемка песчано-гравийных материалов обычно компенсируется приносом их из соседних районов морского дна или с суши. Однако нужно помнить, что умеренная разработка пляжевых отложений может нарушить равновесие между берегом и морем. Печальных примеров разрушения или заноса берегов вследствие неправильной разработки — немало.

Тектоника — климат — осадконакопление

Вода океана играет также важнейшую роль и в образовании таких минеральных накоплений, которые

обязаны своим происхождением не механическому воздействию, а химическим и биологическим процессам. Из морской воды осаждались в геологическом прошлом огромные толщи солей; осаждаются они, в меньших масштабах, и сейчас — в изолированных заливах и лагунах низменных побережий в засушливых странах. В морских отложениях геологического прошлого сохранились крупнейшие накопления руд железа, марганца, а также бокситов, угля, фосфоритов, карбонатных и кремнистых пород и т. д. Частично такие же отложения накапливаются и сейчас. Однако современные образования на морском дне отличаются от своих ископаемых аналогов прежде всего слабым проявлением диагенеза и более глубоких преобразований. Поэтому на дне современных морских бассейнов можно обнаружить фосфатные илы или разрозненные стяжения, но не пластовые фосфориты; торфяники, но не каменный уголь; известковый ил, но не известняк.

Вместе с тем осадконакопление в океане достаточно разнообразно и подчиняется своим законам, обусловленным тектонической принадлежностью данного участка, положением его относительно континентов, климатом, океанографическими условиями. В рельефе океанских впадин отчетливо выделяются зоны или области, которые отражают и тектоническую принадлежность их. Это шельф, континентальный склон, континентальное подножие, которые представляют собой подводную окраину материков. Далее располагаются современные геосинклинальные зоны, выраженные в виде цепей островных дуг и подводных гряд, впадин окраинных морей, подводных возвышенностей и внешних глубоководных желобов (эти зоны часто обозначают как переходные, поскольку в их пределах сложно переплетаются континентальные и океанические элементы коры). Наконец, четко вырисовываются области собственно океанического дна, в пределах которых выделяются глубоководные котловины, срединно-океанические поднятия (хребты), подводные кряжи и плато, иногда с

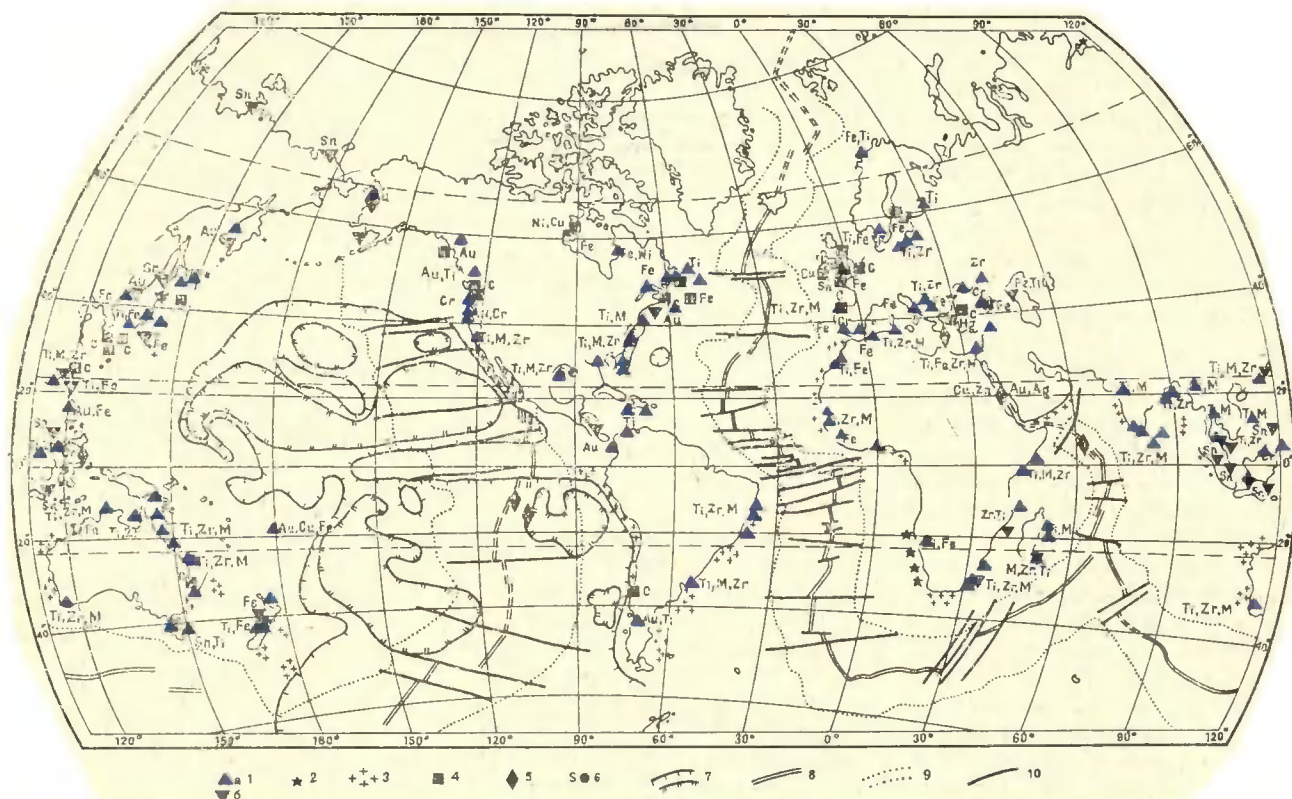


Схема размещения важнейших разработок и проявлений твердых полезных ископаемых в Мировом океане. 1 — прибрежно-морские россыпи: а — пляжевые и другие береговые, б — подводные (индексы обозначают: Ti — титановые минералы (ильменит, рутил), Zr — циркон, М — монацит, Fe — железистые пески, Sn — касситерит, Au — золото, Pt — платина, Cr — хромит); 2 — россыпи алмазов (включая проявления); 3 — фосфориты; 4 — разработки шхитами под водой: С — каменный уголь, Fe — железные руды, Cu — Ni — медно-никелевые руды, Au — золото, Hg — ртутные руды; 5 — гидротермально-осадочные руды в рифтовых

зонах и вулканических областях (химические индексы соответствуют главным полезным компонентам); 6 — разработка серы буровыми скважинами; 7 — контуры площадей дна, на которых наблюдается массовое распространение железо-марганцевых конкреций в количествах: а — много (до 20% площади дна покрыто конкрециями), б — рудные содержания (по П. Ф. Андрущенко и Н. С. Скорняковой); 8 — зона рифта срединно-океанических хребтов; 9 — зона крыльев тех же хребтов; 10 — разломы океанской коры (наиболее достоверные).

выступающими над поверхностью океана островами. Виды осадочных образований в каждой из этих областей специфичны. Поэтому с точки зрения распределения в океане полезных ископаемых участки (площади) с однородным характером осадочного процесса можно обозначить как минерагенические провинции.

Рассмотрим некоторые из них.

На внешнем Тихоокеанском шельфе обеих Америк, от Калифорнии до южного Чили, прослеживаются залежи фосфоритов. Подобные залежи есть и в других районах океана, и все эти районы объединяет: наличие подъема к побережью глубин-

ных океанских вод, насыщенных фосфатом (океанографические условия), сложный рельеф дна с относительно изолированными от океана бассейнами (геоморфологические и тектонические условия), аридный климат, благодаря которому нет обильного поступления с суши обломочного материала, высокая биологическая продуктивность прибрежных вод и ряд других. Такие районы океанского дна можно выделить как фосфатные провинции.

У подножия континентального склона происходит накопление мощных толщ терригенных отложений, снесенных по подводному склону мутьевыми потоками. Эти осадки,

называемые турбидитами, обычно имеют мощность, измеряемую километрами, и занимают широкую полосу материкового подножия, распространяясь местами и на соседние части океанского ложа. Эту область можно обозначить как провинцию турбидитов.

В пелагической области океана преобладающими видами осадков становятся биогенные (удаленность от континентов). Это скопления скорлупок фораминифер и других организмов с карбонатным скелетом, радиолярий и диатомовых водорослей, имеющих кремнистый (опаловый) панцирь. Площади, занятые такими осадками, являются про-

винциями карбонатного или кремнистого осадконакопления. Их положение в океане, кроме удаленности от континентов, определяется также климатом и глубиной бассейна осадконакопления. Установлено, что карбонатные осадки залегают на океанском дне лишь до глубин 4500—4700 м; на больших глубинах они отсутствуют вследствие растворения карбоната кальция. Поэтому в глубоководных котловинах океана, там, где нет кремнистых осадков, накапливаются компоненты, присутствующие во всех видах осадков как второстепенные и поэтому почти незаметные. К ним относятся терригенные, в том числе занесенные ветром, обломки, остатки организмов некарбонатного состава, вулканические частицы и химически осажденное вещество, наконец, космические частицы, к числу которых относят мельчайшие железо-никелевые шарики (сферулы). Такие осадки получили собирательное наименование красной глубоководной глины.

Все эти примеры относятся к отложениям, занимающим определенную площадь дна и главенствующим на этой площади. Но в океане встречаются и отложения, распространенные более широко, залегающие на площадях с разным тектоническим и геоморфологическим строением. Это, например, железо-марганцевые конкреции, которые встречаются и в мелководных внутренних морях, и в открытом океане в ассоциации с разными типами осадков. Правда, если детально разобратся в составе, внешнем облике, внутреннем строении и физических свойствах конкреций, окажется, что конкреции мелководных морей существенно отличаются от океанических, а последние, в свою очередь, также различны на разных участках дна. Таким образом, единая провинция железо-марганцевых конкреций окажется расчлененной.

Почти все виды осадков океана могут быть использованы как полезные ископаемые: терригенные и карбонатные илы — как глинистое или цементное сырье; кремнистые илы — как мягкий абразив, фильтрующая среда для очистки нефтепродуктов, теплоизоляционный ма-

териал и т. д.; красные глины содержат повышенные в десятки раз по сравнению с изверженными породами количества ряда металлов; железо-марганцевые или фосфатные конкреции сами по себе являются рудами соответствующих элементов и т. д. Возможность использования этих видов минерального сырья определяется уровнем развития технических средств подводных разработок и экономической стороной подводной добычи.

Однако в океане отсутствуют многие виды осадочных минеральных образований, известных на суше. Так, например, нет коры выветривания. А ведь с ней связаны месторождения бокситов, никелевых и железных руд, редких земель и т. д. Нет в океане и образований, связанных с геологической деятельностью текучих вод, озер, болот, ветра.

Таким образом, осадочные процессы в океане беднее, чем на суше, и менее изменчивы в пространстве. Океанские воды скрывают под собой значительные части континентов. Океан, по существу, переполнен, так как собственно ложе океана со свойственной этому ложу корой начинается лишь с глубин около 3 км от материкового подножия. Естественно, что в покрытых водами океана окраинных частях континентальных мегаблоков также залегают полезные ископаемые. Месторождения минерального сырья в толще пород подводных окраин материков по своему составу, происхождению, залеганию не должны отличаться от известных на суше. Можно лишь предполагать, что богатство их видов сокращается по мере приближения к внешнему краю континентальных мегаблоков в силу общего утончения коры и вероятного затухания тех рудообразующих процессов, которые этой коре свойственны.

Возможности освоения

Возможности освоения минеральных ресурсов подводной окраины материков определяются уровнем знаний о геологическом строении и полезных ископаемых этой окраины и техническими достижениями подвод-

ной добычи. В настоящее время ведутся интенсивные поиски и разработка нефти и газа почти всеми развитыми приморскими странами. В Англии, Японии, Канаде, Финляндии, Австралии, например, подводными шахтами производится добыча каменного угля, руд железа, меди, никеля, олова. Из недр дна Мексиканского залива добывают серу, залегающую в гипсово-доломитовых «шапках», покрывающих соляные купола. Несомненно, и перечень видов полезных ископаемых, и число их разработок на подводной окраине континентов будут увеличиваться. Но все же общая добыча полезных ископаемых в этой зоне, кроме добычи нефти и газа, никогда не будет столь значительной, как на суше, хотя бы в силу меньшей площади этой зоны (примерно 70 млн км² против 149 млн км²) и технических трудностей подводных горных работ.

В пучине пелагической области океанов, под многокилометровой толщей вод скрыта океаническая земная кора. С ее изверженными и метаморфическими породами также связаны некоторые полезные ископаемые. По своему происхождению они должны быть эндогенными, т. е. рожденными внутренними силами Земли. О природе этих сил и формах их проявления в толще океанической коры мы пока знаем мало. Геофизические материалы позволяют судить о том, что океаническая кора по сравнению с континентальной очень тонка (5—6 км против 30—35 км), ее внутреннее строение, очевидно, менее сложно, чем континентальной коры. Главное отличие заключается в отсутствии в океанической коре так называемого гранитного слоя — толщи пород, по своему химическому составу близких к гранитам и состоящих преимущественно из кремния и алюминия (отсюда название гранитного слоя — *сиаль*). Океаническая кора сложена основными и ультраосновными породами, богатыми магнием и железом (отсюда название — *мафические* породы). На дне океанов обнаружены изверженные породы — базальты, долериты, габбро, перидотиты, а также образованные при их изменении метаморфические породы —

серпентиниты, хлоритовые зеленые сланцы и некоторые другие. С подобными комплексами пород, известными на суше, обычно связаны руды лишь немногих металлов.

Современные воззрения

Наш рассказ о полезных ископаемых океана будет неполным, если мы не коснемся общих современных представлений об эндогенном рудообразовании. Они могут объяснить и некоторые вопросы происхождения руд океана. Известно, что существует три источника образования руд в глубине земли. Первый — ювенильный (впервые рожденный), происходящий из мантии Земли — оболочки, лежащей под земной корой как океанической, так и континентальной. Второй источник — ассимиляционный (доказанный для коры континентального типа), поставляющих компоненты руд за счет извлечения (ассимиляции) их из окружающих пород при переплавлении последних (палингенезе) и дальнейшем перераспределении веществ в толще коры по определенным структурно-литологическим зонам. И, наконец, третий источник — фильтрационный — продукт извлечения рудных компонентов водными (гидротермальными) растворами на путях их циркуляции в толще пород.

В океанической коре реально проявляется первый источник рудного вещества — ювенильный, который связан с магмой базальтового состава. Базальтовая магма выплавляется из мантии и образует все изверженные породы океанической коры, среди которых базальты абсолютно преобладают. Наиболее активно процесс выплавления базальтовой магмы и ее подъема к поверхности дна происходит в особых тектонических зонах океанической коры — в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов, а также в других зонах растяжения коры, вдоль которых образовались (и образуются) вулканические цепи и хребты. В рифтовой зоне срединно-океанических хребтов образуются две формации магматических пород — перidotитовая (ультраосновная) и

базальтоидная (основная). На суше с аналогичными магматическими формациями бывают связаны месторождения тяжелых металлов: с перidotитовой — хромитового оруденения, проявления осмия, иридия; с базальтоидной — титаномагнетита, платины, палладия. Известны также медные порфиоровые руды, руды никеля и проявления других тяжелых металлов. Вероятно, и в океанической коре возможен подобный комплекс руд; в частности, советскими учеными был обнаружен хромит в породах Аравийско-Индийского подводного хребта в Индийском океане.

Очень неясна, но не исключена возможность образования в океанической коре месторождений типа трапповых формаций с ликвационными медно-никелевыми рудами, а также карбонатитов с их комплексом редкометального оруденения и кимберлитов с алмазами.

Месторождения, обязанные своим формированием процессам ассимиляции и фильтрации гидротермальных растворов, в породах океанической коры, по-видимому, отсутствуют, так как в последней нет соответствующих геологических условий для процессов палингенеза и мобилизации вещества гидротермами. В частности, те процессы метаморфизма, которые происходят в породах океанической коры (серпентинизация, хлоритизация), как правило, не являются рудообразующими в формациях основных пород, развитых на континентах.

Таким образом, эндогенный минералогенез в океанической коре значительно беднее, чем в континентальной коре, как генетическими типами руд, так и видами их (их вещественным составом). Возможно, при дальнейших исследованиях будут открыты не только упомянутые виды руд, но и некоторые другие. Однако несомненно, что в океанической коре, относительно однообразной и мало-мощной, процессы эндогенного минералогенеза также беднее и монотоннее, чем в континентальной коре.

Возможность разработки рудных месторождений в породах океанической коры под огромной толщей воды многим представляется сейчас маловероятной. Однако развитие

техники и технологии водной добычи может опровергнуть скептические настроения уже в обозримом будущем.

Особая группа минеральных образований — вулканогенно-осадочная, возможно, будет одной из важнейших не только в океане, но и вообще на Земле для добычи ряда цветных и черных металлов. Генетически эта группа смешанная: первоначальным поставщиком вещества являются вулканические (эндогенные) процессы, а последующее перераспределение и осаждение вещества контролируется поверхностными (экзогенными) процессами.

Осадки с повышенным и высоким содержанием ряда металлов пока обнаружены лишь в нескольких районах Мирового океана — в рифтовых зонах и на окружающих площадях в Индийском, Тихом и Атлантическом океанах, в депрессиях рифтовой долины Красного моря, а также в вулканических областях современных геосинклиналей в Средиземном море и Зондском архипелаге. Вулканы выносят к поверхности в виде эманаций, растворов и в составе изверженных пород огромные количества многих элементов, однако при подводном вулканизме эти продукты, как правило, рассеиваются в морской воде. Концентрация продуктов вулканизма происходит, очевидно, лишь в особо благоприятных условиях — в замкнутых бассейнах, изолированных от остальной водной массы. Примеры изучения вулканогенно-осадочных месторождений железа, марганца, цветных металлов на суше показывают, что далеко не каждая геологическая эпоха сопровождалась образованием таких месторождений.

При бурении в глубоководных районах океана с американского бурового судна «Гломар Челленджер» в самое последнее время было обнаружено, в частности, что на контакте осадочной толщи и подстилающих ее базальтов наблюдается значительное обогащение пород железом. Природа обогащения железом пока еще не ясна. Если это результат выноса железа ювенильными гидротермами, то не исключено, что процесс ожелезнения имел

место первоначально в рифтовой зоне срединно-океанического поднятия, а затем вследствие расширения океанической коры (ее раздвижения в стороны от осевой зоны рифта) обогащенные железом породы переместились и были перекрыты осадками. Если такой процесс совершается, то ожелезненные породы могут иметь очень широкое распространение. Вместе с железом могут концентрироваться марганец, медь, цинк, свинец, серебро, золото и другие металлы, как это происходит, например, в рудных осадках Красного моря¹.

Итак, в океане обнаружены или могут существовать минеральные образования, которые по своей приуроченности к определенным элементам океанского ложа и по своему происхождению сгруппированы нами в следующие шесть групп:

I. Вещества, растворенные в морской воде, и сама вода как полезное ископаемое.

II. Обломочные (терригенные) продукты разрушения суши в волноприбойной зоне и зоне прибрежного мелководья. Важнейшими видами минеральных скоплений в этой группе являются россыпи тяжелых минералов (титановые, циркониевые, редкометалльные, железистые минералы, местами — касситерит, золото, платина, алмазы и т. д.); песок и гравий, глинистые, фосфатсодержащие и другие илы.

III. Собственно океанические (морские) осадочные образования, залегающие на поверхности дна и в верхних слоях толщи осадочного покрова на дне от прибрежного мелководья до абиссальных глубин. Все эти образования — аутигенные (возникшие на месте их залегания) и являются продуктами химических реакций, жизнедеятельности биомассы, накопления вулканогенного вещества или продуктами совместного действия этих геологических процессов. В области прибрежного мелководья осаждаются, в определенных условиях, соли — хлористые, сернокислые, смешанные; карбонат кальция (скопления раковин моллюсков, ко-

раллы, оолитовые пески); в области шельфа и верхней части континентального склона — фосфориты, глауконит, железистые оолиты и другие виды; в океане — железо-марганцевые конкреции, цеолиты, стяжения барита и фосфориты своеобразного типа; повсеместно накапливаются илы — терригенные, карбонатные, кремнистые, полигенные, которые частично, в перспективе, также могут быть отнесены к категории минеральных ресурсов.

IV. Полезные ископаемые, однотипные с распространенными на континентах, но залегающие в толще пород подводной окраины материков. Здесь возможно нахождение любых видов минерального сырья. Генетически эта группа совершенно разнородна, в нее входят как экзогенные, так и эндогенные образования. Наши знания о полезных ископаемых этой группы ограничены слабым знанием геологии подводной окраины материков.

V. Эндогенные минеральные образования, связанные с изверженными и метаморфическими породами океанической коры. Эта группа наименее исследована.

VI. Вулканогенно-осадочные минеральные образования в виде металлоносных илов в депрессиях рифтовых зон срединно-океанических поднятий и вулканических областях геосинклиналей, возможно, и в других видах. Вероятно, вулканогенно-осадочные образования достаточно широко распространены в областях развития подводного вулканизма и вообще в зонах растяжения океанической коры (в зонах глубинных разломов). Это очень перспективный вид рудопроявлений, с которым могут быть связаны руды железа, марганца, алюминия, меди, цинка, свинца и других цветных и редких металлов.

Такая группировка, основанная на генетическом подходе, проведена впервые. Она, несомненно, поможет более целенаправленно вести поисковые работы в океане.

*

Краткий обзор минеральных ресурсов океана показывает, что по числу видов они ограничены. Но отдельные виды представляют крупнейшие в истории Земли накопления. Например, около 99% брома сконцентрировано в морской воде, в ней же имеются неисчерпаемые количества магния. Железо-марганцевые конкреции только в Тихом океане содержат больше марганца, чем все его месторождения на суше, вместе взятые. Многие морские россыпи, учитывая их восстанавливаемость после отработки, не имеют себе равных по запасам среди аллювиальных россыпей. Определенные виды минерального сырья добывать в океане выгоднее, чем на суше, из-за упрощенной технологии добычи или переработки, а иногда полезные ископаемые, добытые из моря, ликвидируют зависимость некоторых стран от импорта.

Поскольку использование океана в недалеком будущем станет многосторонним, можно ожидать, что определенные виды руд, например в коренных месторождениях морского дна, будут добываться попутно с транспортными, строительными и другими работами.

Однако подчеркиваем: и сейчас, и в будущем главным поставщиком минерального сырья (кроме нефти и газа) останется суша, точнее — континенты с их мощной, сложно построенной корой, пронизанной интрузиями гранитоидов, пропитанной водой, рассеченной разломами и смятой в складчатые системы, открытой с поверхности для процессов выветривания и перераспределения вещества. Минеральные ресурсы океана останутся лишь дополнительными к тем, которые дают континенты, и они не безграничны, как и на суше.

УДК 551.46; 553

¹ См. «Природа», 1970, № 9, стр. 79.

Болота в биогеоценологическом аспекте

Член-корреспондент АН СССР Н. И. Пьявченко



Николай Иванович Пьявченко, доктор биологических наук, председатель Президиума Карельского филиала АН СССР. Автор многих научных работ в области геоботаники, лесного болотоведения и биогеоценологии. Заслуженный деятель науки РСФСР.

Болото как природный комплекс стало за последние 15 лет объектом пристального внимания науки. Открытие богатейших залежей нефти и газа в заболоченных районах Сибири и Крайнего Севера и необходимость мелиорации этих мест, развитие в ряде случаев явлений заболачивания в районах обводнения и зонах водохранилищ при гидроэлектростанциях,— все это заставляет по-новому, с комплексных, биогеоценологических позиций подойти к изучению закономерностей образования болот и проблемам их осушения.

Структура болот; динамика их в пространстве и времени; материально-энергетический обмен и биологическая продуктивность этих природных комплексов; типология и классификация; а также биогеоценологическое районирование,— перечисленные вопросы болотоведения требуют сегодня детальной разработки.

Около 10% территории СССР занято болотами и заболоченными землями, главным образом лесными. В составе этой огромной площади насчитывается 71,5 млн га торфяных болот, содержащих более 60% мировых запасов торфа.

Общая площадь торфяных болот на Земле превышает 1 млн км².

Несмотря на то что болота занимают на планете столь обширные пространства, в 1967 г. создан специальный международный орган по охране болот и изучению их продуктивности — «Телма». Группа «Телма» (центр ее находится в Англии) объединяет 18 стран, включая такие, где болот много (СССР, Финляндия, Швеция, Канада), и страны, где их почти нет (Австрия).

Дело в том, что освоение болот для различных целей идет так стремительно, что в ряде районов возникла угроза исчезновения с лица Земли этих своеобразных природных ландшафтов. Оставить часть болот в неосушенном состоянии необходимо по ряду причин. Прежде всего, болота как природный ландшафт представляют в настоящее время неотъемлемую часть биосферы. При осушении заболоченных земель приходится считаться с целым рядом важных факторов. В гидрологическом балансе некоторых местностей они играют основную роль. Верховые болота питают водой ручьи и малые реки, притоки крупных рек. Нельзя сбрасывать со счетов и чисто практическую пользу болот: с 1 га заболоченных земель мы собираем урожай клюквы до 200 кг, а морошки — до 700—800 кг. Кроме того, многие болота представляют интерес для ученых, будучи убежищами редких видов растений и представляя собой уникальные растительные сообщества, которые со временем, когда человек решительно потеснит болота, станут своеобразными природными музеями.

Распространение болот на территории нашей страны далеко не равномерно. Первое место занимают северные и северо-западные районы лесной зоны, где заболоченность достигает местами 30—40%. В южном и юго-восточном направлении степень заболоченности уменьшается и в полосе лесостепи не превышает одного и даже десятых долей процента.

Интерес к использованию болот и торфа в России возник еще при

Петре I, но систематическое изучение их началось лишь со второй половины XIX столетия. Особенно большую роль в этом отношении сыграли работы Западной и Северной экспедиций по осушению болот и связанные с ними исследования Г. И. Танфильева в 1888—1900 гг. В начале XX столетия крупные болотоведческие исследования были проведены В. Н. Сукачевым (1904, 1906, 1915), Р. И. Аболиным (1914), В. С. Доктуровским (1915). После Октябрьской социалистической революции изучение и разностороннее использование болот и торфа получили у нас очень широкое развитие. Этому немало способствовали личные указания В. И. Ленина и постановления Советского правительства¹. Особое значение приобретает освоение болот в наше время в связи с развитием сельского хозяйства, в частности животноводства, в лесной зоне.

Болото — природное единство

Что же представляет собой болото, каковы его отличительные особенности и свойства? Какие причины вызывают образование и развитие болот и в каком направлении оно происходит?

Еще полвека назад В. Н. Сукачев рассматривал болото как определенный тип земной поверхности, где факторы литосферы, педосферы, атмосферы и биосферы в своем взаимодействии создают одно целое, один определенный ландшафт. Из этого следует, что болото представляет собой сложное природное единство, возникающее и развивающееся под совместным воздействием климатических, почвенно-гидрологических и биологических факторов в соответствующих условиях рельефа. Развивая в дальнейшем учение о биогеоценозе, В. Н. Сукачев определил его как совокупность на известном протяжении земной поверхности однородных природных явлений (атмосферы, горной породы, раститель-

ности, животного мира и мира микроорганизмов, почвы и гидрологических условий), имеющую особую специфику взаимодействий слагающих ее компонентов и определенный тип обмена веществом и энергией их между собой и с другими явлениями природы и представляющую собой внутренне противоречивое диалектическое единство, находящееся в постоянном движении, развитии¹.

Данное определение применимо ко всем биогеоценозам суши, хотя они и различаются количественными соотношениями слагающих их компонентов. В каждом биогеоценозе, или «биоценозной системе», можно выделить три основных компонента: 1) совокупность продуцентов, или автотрофных организмов (преимущественно фотосинтезирующие растения), 2) совокупность гетеротрофных организмов — консументов (потребителей органического вещества) и редуцентов, разлагающих отмершее органическое вещество (почвенные беспозвоночные животные, сапрофитные грибы и бактерии), 3) косную среду — приземную атмосферу и косную часть почвы. Косная среда воздействует на живую часть биогеоценоза, но и сама преобразуется ею под влиянием жизнедеятельности организмов².

Каждый из основных компонентов состоит, в свою очередь, из десятков и сотен слагаемых, играющих в биогеоценозе далеко не второстепенную роль. Атмосферная пыль, например, попадающая в болото вместе с осадками заметно пополняет его химическими веществами. Исследования показывают, что на болота Томского стационара (за год на 1 га) выпадает аммония — 8,4 кг, Са — около 10, Mg — 3,6, Na — 53, SO₄ — 97, Cl — 20, HCO₃ — 61 кг. В разных районах количество атмосферной пыли различно. Послойное изучение химического состава торфяников показывает, что зольность, в частности содержание

Са и Mg, нарастает в верхних горизонтах. Это связано с увеличением засоренности атмосферы в эпоху развития интенсивной человеческой деятельности. В будущем роль атмосферной пыли в обмене веществ в болотных биогеоценозах возрастет, и естественно, что изучение этого фактора следует включать в программу комплексных исследований.

Характерными особенностями болотных биогеоценозов следует считать:

изобилие влаги и резкий недостаток кислорода в почве;

господство влаголюбивых растений (гигро- и гидрофитов);

болотный тип почвообразования, характеризующийся оглеением¹ грунта и накоплением мертвого органического вещества, т. е. торфа.

Определение биогеоценоза В. Н. Сукачевым как совокупности однородных природных явлений с особой спецификой взаимодействия и обмена веществом и энергией между компонентами и с другими явлениями природы показывает, что он должен занимать сравнительно ограниченную площадь, которая оконтуривается, как правило, границами растительного сообщества — важнейшего компонента биогеоценоза. Поэтому болото (или болотный массив), различающееся обычно в отдельных своих частях по микрорельефу, растительному покрову, водному режиму, составу и свойствам торфа, представляет почти всегда не один, а группу взаимосвязанных и взаимодействующих биогеоценозов.

Чем и как регулируются эти взаимосвязи? Прежде всего, сложившимися в конкретных природных условиях количественными соотношениями компонентов биогеоценозов.

Типы и эволюция болот

По характеру водно-минерального питания, строения залежи и составу растительного покрова различают два основных типа болот: низинный (евтрофный) и верховой (олиготрофный).

¹ Оглеение — биохимический процесс восстановления окисных почвенных соединений, главным образом железа, в закисные; вызывается анаэробными бактериями.

¹ Сб. «Проблемы лесоведения», Красноярск, 1970, вып. 1.

¹ В. Н. Сукачев. Основные понятия о биогеоценозах и общее направление их изучения. В кн.: «Программа и методика биогеоценологических исследований», М., 1966.

² Е. М. Лавренко. Краткая общая программа по изучению биогеоценозов. «Ботанич. журн.», т. 53, 1968, № 12.

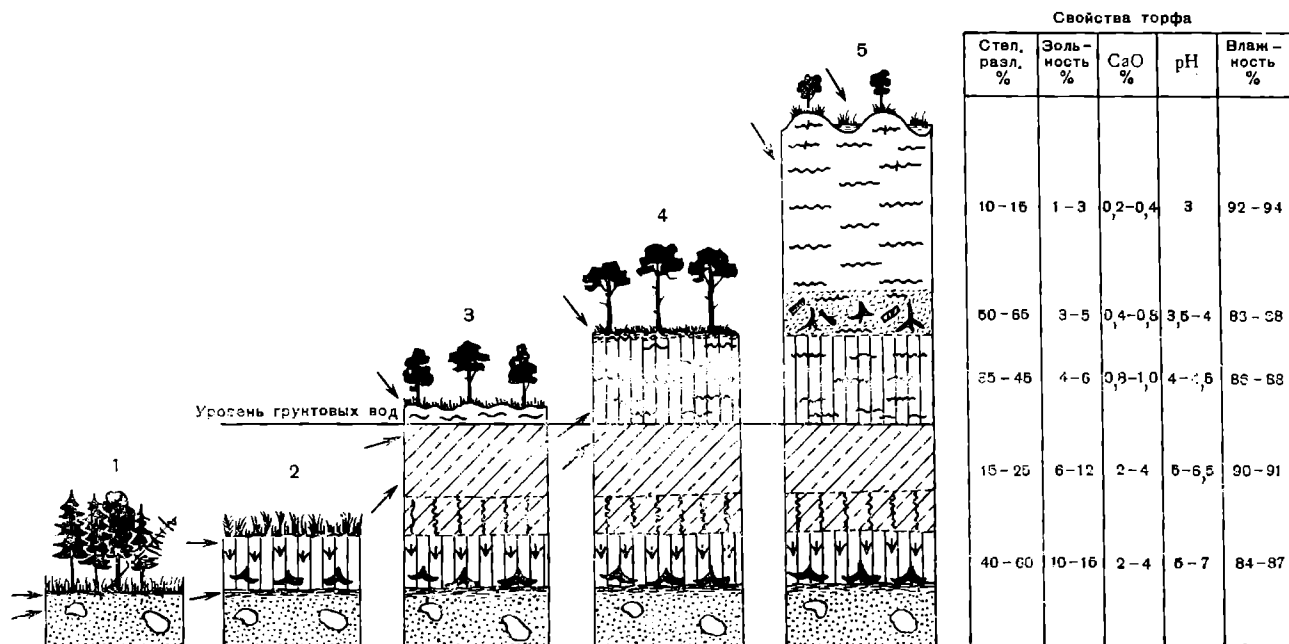


Рис. 1. Схема динамики болотных биогеоценозов во времени и в пространстве. Стадии: 1 — заболачивания леса на суходоле, 2 — евтрофного травяно-мохового болота грунтового питания, 3 — древесно-сфагнового мезотрофного болота атмосферно-грунтового питания,

4 — лесная атмосферного питания и формирования пограничного горизонта, 5 — олиготрофного сфагнового болота атмосферного питания. Стрелки снизу вверх — грунтовое водное питание, сверху вниз — атмосферное питание.

Изучение строения, ботанического состава и химизма торфяных залежей показывает, что в огромном большинстве случаев образование болот в ранний период послеледникового времени, около 8—10 тыс. лет назад, начиналось с евтрофной стадии, т. е. шло в условиях богатого минерального питания. Это было связано с малой еще выщелоченностью в ту пору грунтов и со значительным содержанием в поверхностных водах карбонатов кальция и других минеральных соединений. Такие условия благоприятствовали возникновению требовательных к минеральному питанию фитоценозов из осок, тростника, хвоща, вахты, зеленых мхов и ряда других растений.

Если заболачиванию подвергался лес, вытеснение древесной растительности, естественно, происходило не сразу, а в течение более или менее длительного времени. Об этом свидетельствуют не только скопления древесных остатков, но и довольно мощные слои древесного или травяно-древесного торфа в основании многих торфяников (рис. 1).

Накопление отложений торфа повлекло за собой увеличение обводненности болот как следствие большой влагоемкости и водоудерживающей способности торфяных залежей. Это привело к соответствующим изменениям и в других компонентах болотных биогеоценозов.

Усиливается влажность — еще более ухудшается аэрация почвы. Это тормозит окислительные процессы, угнетает жизнедеятельность почвенных беспозвоночных, бактерий и грибов, подавляет процессы разложения (гумификации) растительных остатков, затрудняет дыхание корней и обмен веществ у мезофильных растений. В результате падает прирост и отмирают в первую очередь растения древесного яруса; в дальнейшем лесные и травяно-лесные фитоценозы сменяются травяно-моховыми сообществами открытого низинного болота, а скорость накопления малоразложившегося осоково-гипнового или осоково-тростникового торфа возрастает. В этих условиях растущий торфяник сам становится резервуаром воды; ее содержание составляет в

нем около 90% по весу, а взвешенного в воде сухого вещества торфа — только 10%. Поэтому в данной стадии низинные болота служат биотопами ряда водных беспозвоночных животных (моллюсков, ракообразных, коловраток, олигохет, насекомых и др.), а также некоторых позвоночных, связанных в своем распространении с водоемами: земноводные, рептилии, водоплавающие птицы.

По мере накопления торфа поверхность болота все более повышается и постепенно выходит из сферы увлажнения минерализованными грунтовыми и поверхностно-сточными водами. В питании болотной растительности основная роль переходит к бедной карбонатами кальция и другими элементами воде атмосферных осадков. Это проявляется в изменении режима влажности верхнего почвенного слоя — переувлажнении весной и отчасти осенью, подсыхании летом.

Под влиянием летнего понижения водного уровня усиливается аэрация почвы и интенсифицируются в ней

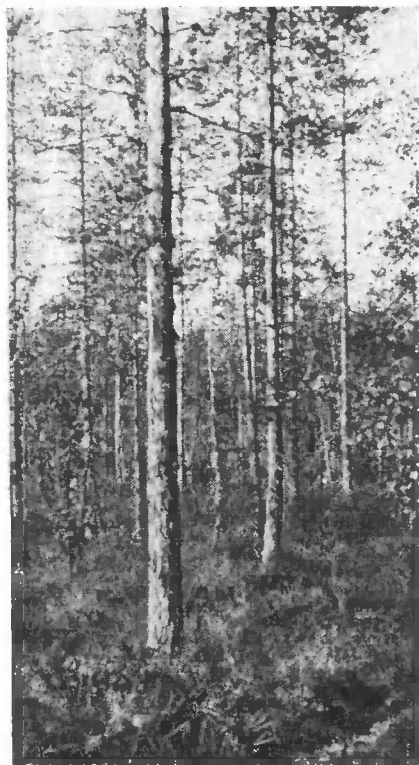


Рис. 2. Лесная стадия верхового болота. На окраинах или на естественно дренированных участках лес берет верх над болотом. На снимке: сосняк кустарничково-сфагновый. Фото автора.



Рис. 3. Развитие заболачивания леса в результате пожара. Карелия.



Рис. 4. Грядово-мочажинное верховое болото. Современная стадия развития олиготрофных болот. На переднем плане — мочажина, на заднем — гряда. Карелия.

биологические и биохимические процессы, возрастает гумификация торфа. Таким образом, вновь создаются условия для появления и развития древесной растительности. Но обеднение торфяной почвы кальцием и увеличение ее кислотности обуславливает появление и распространение в лесном фитоценозе сфагновых мхов, сначала мезо-евтрофной экологии, а затем все более олиготрофной. И опять изменение количества влаги и степени ее минерализации вызывают адекватные изменения в других компонентах биогеоценозов, что приводит к качественному изменению — смене мокрого травяно-мохового болота более сухим лесным болотом (рис. 2).

Лесное болото с древесным ярусом из сосны и березы и осоково-сфагновым напочвенным покровом знаменует собой переходную стадию от евтрофного (низинного) болота к олиготрофному (верховому), в связи с чем оно и получило название переходного, или мезотрофного.

Продолжительность лесной стадии также зависит от условий водоснабжения, определяемых влажностью климата — атмосферным компонентом биогеоценоза. Умеренное питание атмосферной водой, при прочих равных условиях, способствует развитию лесной растительности и удлиняет продолжительность ее существования на болоте. И наоборот, обильное водоснабжение приводит к сравнительно быстрой смене болотного леса верховым безлесным болотом. Можно предполагать, что так называемый пограничный горизонт хорошо разложившегося торфа с крупными пнями и стволами сосны, нередко встречающийся в торфяной залежи верховых болот в районах нечерноземного центра Европейской части СССР и в Прибалтике, служит свидетельством лесной переходной стадии, которую пережили в прошлом многие наши болота.

С образованием сплошного покрова олиготрофных сфагновых мхов и сопутствующих им растений — пушицы, шейхцерии, багульника, кассандры, вереска, клюквы, морозники и др. — начинается олиготрофная стадия развития болотных биогеоценозов (рис. 3). Степень обводненности

болота в этой стадии снова возрастает благодаря способности сфагновых мхов поглощать и удерживать огромное количество воды (в 15—20 раз больше собственного веса). Вследствие сильной бедности торфа зольными элементами, в частности карбонатом кальция, большой его кислотности и резко выраженного анаэробно-жизнедеятельности немногочисленных почвенных беспозвоночных животных и микробов сосредоточена в самом верхнем, иногда несколько подсыхающем слое торфа мощностью 5—10 см, в котором размещаются сосущие окончания корней угнетенной сосны и кустарничков. В этих условиях процессы разложения органического вещества сильно подавлены, в связи с чем скорость накопления неразложившегося сфагнового торфа возрастает. В середине болота торфяная толща растет вверх быстрее, чем на периферии, где торфяник разрастается одновременно и в стороны. Поэтому поверхность олиготрофных болот приобретает выпуклую форму. Вместе с этим формируется внутризалежный сток избытка воды от центра болота к периферии. Под влиянием этого поверхность болота расчленяется на возвышенные элементы — гряды и пониженные — мочажины и озерки (рис. 4). Длинная ось гряд и мочажин располагается перпендикулярно направлению стока. Закономерные сочетания названных элементов на болотах называют грядомочажинными комплексами.

В этих комплексах наиболее отчетливо выражены в общем два типа биогеоценозов, различающихся по своей экологии, составу растительности и характеру торфяных отложений: биогеоценозы гряд и биогеоценозы мочажин.

Поверхность гряд возвышается над уровнем мочажин на 30—60 см, иногда несколько выше, вследствие чего она довольно сухая. В растительном покрове гряд господствуют мох *Sphagnum fuscum*, образующий плотный покров, заросли вересковых кустарничков и карликовой березы. Обычно на грядах поселяется сосна в виде единичных экземпляров или небольших групп. Довольно хороший дренаж верхнего слоя торфяной поч-

вы задерживает рост сфагновых мхов и благоприятствует внедрению лишайников в грядовые фитоценозы.

Насыщенность мочажин водой весной и в первой половине лета благоприятствует распространению в них ряда пресноводных беспозвоночных животных, водорослей и микроорганизмов. В зависимости от особенностей водного режима в мочажинах формируются шейхцериево-сфагновые, пушицево-сфагновые и мочажинные сфагновые фитоценозы. Иногда, под влиянием биохимических процессов, происходит обильное выделение из залежи сероводорода и метана, вследствие чего сфагновый покров в мочажинах местами отмирает и разрушается.

Экологические различия обуславливают разницу и в характере накопления торфа на грядах и в мочажинах: мочажинный торф отличается от грядового иным составом растений-торфообразователей, более высокой степенью разложения и др.

Биогеоценозы гряд и мочажин постоянно взаимодействуют между собой. Это проявляется в обильном увлажнении склонов гряд со стороны мочажин и в развитии на них растительных сообществ, переходных по экологии от гряд к мочажинам. Установлено, что в процессе развития болот грядовые биогеоценозы могут сменяться мочажинными, и наоборот.

Все сказанное ранее касается взаимосвязей и взаимодействия в самих биогеоценозах болот, что и является движущей силой их развития. Не менее сложны взаимоотношения болотных и граничащих с ними неболотных биогеоценозов. Примером такого влияния может служить распространенное в северных областях с прохладным и влажным климатом явление заболачивания лесов вследствие разрастания сфагновых болот в стороны. «В таких случаях можно видеть», — писал В. Н. Сукачев, — как по периферии болота сфагнум насильственно внедряется в еще живой лес. Крупные деревья при этом скоро отмирают, подгнивают и, обваливаясь, образуют целые груды валежника¹. В этом процессе, как и во

всех других случаях заболачивания, ведущая роль принадлежит фактору влажности. Растущее в стороны сфагновое болото все более увлажняет почву и грунт прилегающего леса. Это приводит к их оглеению и другим изменениям в лесных биогеоценозах, характерным для заболачивания суши. По мере развития заболачивания происходит последовательная смена более сухих типов леса более влажными, а в конечном счете — безлесным олиготрофным болотом. Каждая стадия смен — это постепенное накопление количественных изменений в компонентах биогеоценозов. Возникновение же нового типа леса или болота есть качественный скачок в становлении болотных биогеоценозов.

На рубеже «болото — лес»

Что касается влияния лесных биогеоценозов на болотные (в начальной стадии заболачивания), то это сказывается, во-первых, в повышении минерализации воды, насыщающей почву и материнский грунт под лесом, что благоприятствует развитию болотообразования евтрофного типа. Во-вторых, сама древесная растительность оказывает тормозящее воздействие на заболачивание, препятствуя распространению светолюбивых сфагновых мхов и перекачивая в атмосферу путем транспирации и испарения с поверхности крон около 400—450 мм влаги за вегетационный период¹. В-третьих, слой лесной подстилки, древесный опад, валежник, а в дальнейшем и весь древостой участвуют в формировании торфяной залежи древесного состава.

Естественно, воздействие болотных биогеоценозов на прилегающие к ним неболотные может усиливаться или ослабляться внешними факторами, главным образом климатическими.

В северных районах Европейской равнины, например в условиях переувлажнения, болота теснят лес, занимая до 10—20% территории. В ле-

¹ В. Н. Сукачев. Болота, их образование, развитие и свойства, 1926, стр. 46.

¹ А. Л. Кошечев. Заболачивание вырубок и меры борьбы с ним. М., Изд-во АН СССР, 1955.

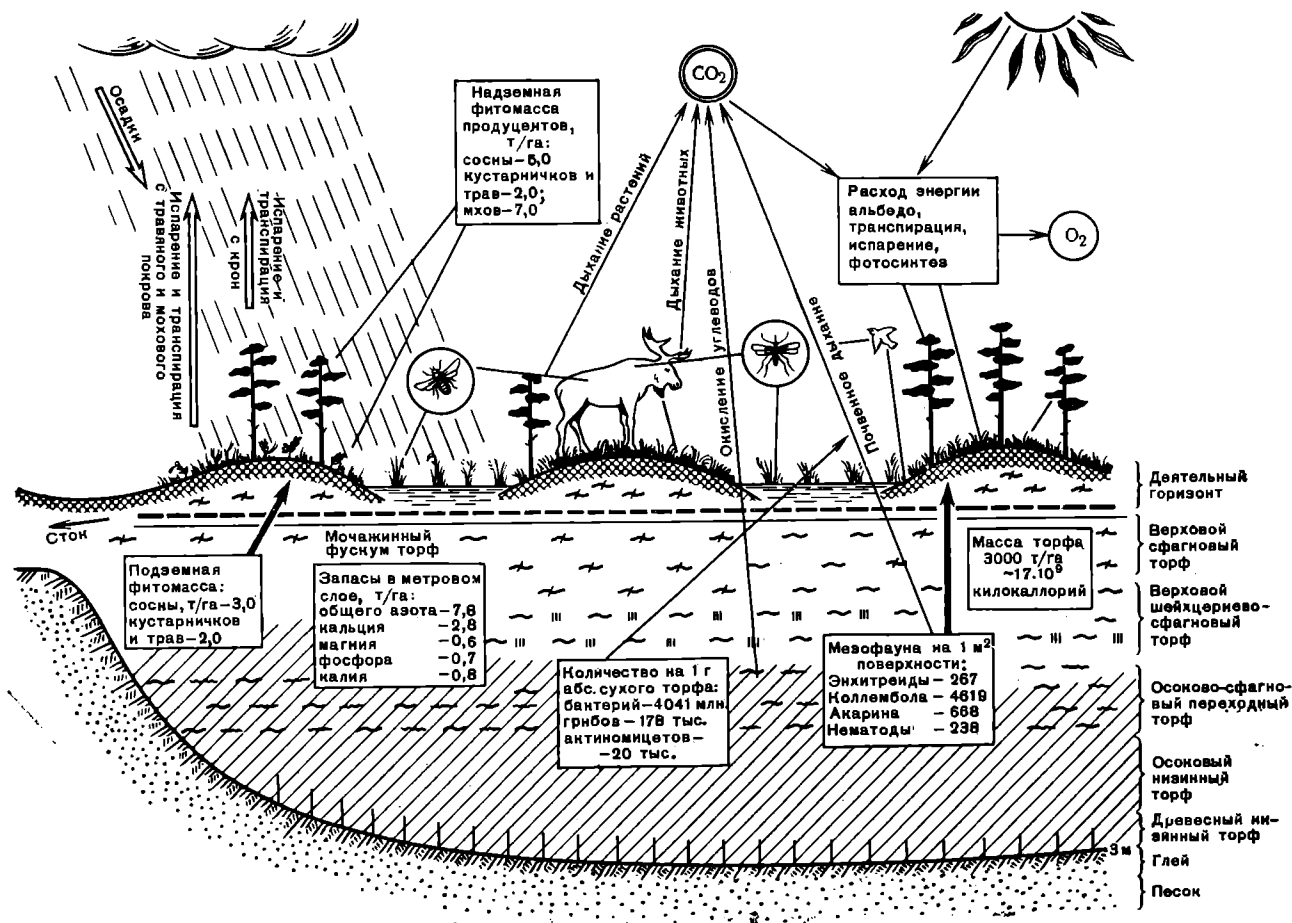


Рис. 5. Схема взаимоотношений компонентов болотного биогеоценоза (участок выпуклого верхового грядово-мочажинного болота).

состепной зоне — напротив: к югу от Брянска, например, наблюдается естественный процесс «разболачивания», вызванный потеплением климата. Заболоченность здесь не превышает 1%, и поэтому нет нужды в осушении земель лесного фонда.

Эволюция биогеоценозов определяется совокупностью внешних и внутренних факторов.

Рассмотрим схему взаимного влияния основных компонентов болотного биогеоценоза на примере грядово-мочажинного участка современно-го олиготрофного болота (рис. 5).

Атмосфера дает солнечную энергию и воду, необходимые для жизнедеятельности растений, животных и микроорганизмов, для совершающихся геологических, геохимических и почвообразовательных про-

цессов. Из атмосферного воздуха поступает кислород для дыхания всего живого, углекислый газ и свет для синтеза органического вещества зелеными растениями. Содержащийся в атмосфере водяной пар умеряет днем температуру солнечных лучей, а в ночное время предохраняет почву и растительный покров от чрезмерного излучения тепла.

Растения олиготрофного болотного фитоценоза (продуценты), получая CO_2 и свет из атмосферы, воду, зольные вещества и азот через корни из почвы, синтезируют органическое вещество в своих зеленых органах. Ежегодный прирост сухой надземной и подземной фитомассы в болотных фитоценозах составляет в среднем около 3—4 т/га. В этом приросте органической массы связыва-

ется углерода из атмосферы около 48—50%, кислорода 40—42%, водорода 6—6,5%, азота 1—1,5%, зольных веществ 2—5%. В процессе фотосинтеза автотрофные растения высвобождают в атмосферу большое количество кислорода, а путем транспирации и физического испарения выбрасывают в нее за вегетационный период еще 3000—4000 т воды с каждого гектара.

Животные потребляют для дыхания кислород из атмосферы и отдают в нее углекислый газ. На построение своего тела они используют растительную или животную пищу и воду. Отмирающие части растений, экскременты и трупы животных разлагаются на поверхности и в верхнем горизонте почвы гетеротрофными организмами — редуцентами. Вслед-

ствие высокой влажности и недостаточной аэрации это разложение происходит лишь частично, а неразложившаяся масса органического вещества накапливается с течением времени в виде торфяных залежей.

Установлено, что накопление торфяного слоя торфа на верхнем болоте происходит в среднем за 1000 лет. Вес такого слоя в сухом состоянии на площади в 1 га составляет около 700 т. Вес же сухой массы растений, выросших на болоте за 1000 лет, считая по 3,5 т/га в год, составит 3500 т. Следовательно, в торф переходит только 20% продуцируемого биогеоценозом органического вещества, остальные же 80% подвергаются главным образом биохимическому распаду и полной минерализации. Некоторая часть органического материала в виде водных растворов гуминовых кислот и других веществ вымывается в почву и выносятся поверхностным и внутрипочвенным стоком в реки и озера.

Аккумулированная растениями солнечная энергия в большей своей части также расходуется на физиологические и биохимические процессы при разложении фитомассы и образовании торфа, однако по содержанию тепловой энергии торф богаче растительной массы и тем больше, чем выше степень его разложения. Так, по данным И. Д. Соколова, неразложившийся верховой торф дает при сгорании 4600 кал, торф того же типа со степенью разложения 30% дает уже 5300 кал, а со степенью разложения 50% — 5500 кал¹. Это связано с накоплением битумов при разложении растений-торфообразователей верхового болота. Каждый гектар болота при мощности торфяной залежи 3 м содержит 2100 т сухого торфа с огромным запасом тепловой энергии, равным $12 \cdot 10^9$ кал.

Таким образом, болотные биогеоценозы являются в современных природных условиях важнейшими аккумуляторами и хранителями колоссальных запасов связанной воды, органического вещества и потенциальной солнечной энергии. В связи с этим их следует относить к особому



Рис. 6. Осушительный канал. Киндосовский болотный стационар Карельского филиала АН СССР.

му типу аккумулирующих систем биосферы с декомпенсированным обменом веществ и энергии, в котором аккумуляция органического вещества превалирует над его распадом.

Народнохозяйственное значение изучения болот

Общая площадь заболоченных земель в СССР достигает 200—250 млн га, а запасы воздушно-сухого торфа 158 млрд т, что составляет свыше 60% мировых запасов.

Важная роль торфа как топлива общеизвестна. Ряд крупных электростанций нашей страны работает на торфяном топливе.

Торф как топливо широко используется в текстильной промышленности, для коммунальных нужд и бы-

товых потребностей населения. Все большее значение приобретает торф как сырье для химического гидролиза и синтеза, производства торфоизоляционных плит и других материалов. Возрастает использование его в качестве подстилки для скота и органического удобрения. Особенно важное значение имеет освоение болот и заболоченных земель с целью создания в лесной зоне животноводческих совхозов и подсобных сельскохозяйственных предприятий молочно-овощного направления. Директивами XXIV съезда КПСС предусмотрено провести осушительные мелиорации на площади 5 млн га в зонах избыточного увлажнения, обращено внимание на строительство «осушительных систем, обеспечивающих создание оптимального биологического режима почвы». Значительно возрастут и объемы мелиорации лесных земель как верного средства повышения продуктивности северных лесов (см. табл.). По данным Союзгипролесхоза, прирост древесины в избыточно увлажненных лесах составляет всего 0,5—0,8 м³/га в год, а там, где была проведена осушительная мелиорация, он возрастет до 2,6—7,5 м³/га в год.

Правильное планирование, технические и биологически грамотное выполнение всего комплекса мероприятий, составляющих сущность мелиорации, требует проведения на высоком уровне стационарных научно-исследовательских работ по комплексному изучению болот как природных единств — биогеоценозов. Разумеется, такие исследования нужно организовывать не на каждом болотном массиве, а на крупных объектах — ключах, типичных для данной подзоны, округа или района. Весь комплекс биогеоценологических исследований необходимо проводить сопряженно, силами специалистов различного профиля, в пределах одних и тех же пробных площадей или опытных участков, в установленных заранее пунктах и в определенные сроки. Очень важно начинать исследования на болотах еще до осушения и продолжать их в течение ряда лет после мелиорации. Это даст возможность получить ценные данные об изменениях в компонентах

¹ С. Н. Тюрменов. Торфяные месторождения и их разведка. М.—Л., 1949.

Таблица

Предполагаемый гидролесомелиоративный фонд СССР (без тундры), по данным Е. Д. Сабо (1966)

Географические районы	Площадь в тыс. га		
	заболоченных лесов	болот в гослесфонде	всего
Европейская часть СССР	43 117,4	21 575,9	64 693,3
Урал и Западная Сибирь	45 164,5	37 336,5	82 501,0
Восточная Сибирь и Дальний Восток	88 042,3	73 368,4	161 410,7
Всего	176 324,2	132 280,2	308 605,0

биогеоценозов, вызываемых осушением и агротехническим воздействием.

Комплексное изучение болот дает научную основу для разработки целой системы мероприятий, органически входящих в понятие «мелиорация». В практике лесосушения термин «гидролесомелиорация» употребляется порой как синоним термина «осушение». Перечень работ, выполняемых мелиоративными станциями, включает только устройство осушительной сети и строительство дорог. В итоге болото или заболоченный лес покрывается осушительной сетью, а осушенные объекты порой оставляются на произвол судьбы. Казалось бы, достигнутая цель — коренное уменьшение одного из важнейших компонентов биогеоценоза, влажности, — должна бы вызвать естественную перестройку и иных компонентов болота в желаемую нам сторону. В идеальных или благоприятных условиях так и случается. Но иногда осушаются заболоченные территории с разновозрастными древостоями. В этом случае спелые и перестойные деревья не реагируют или слабо реагируют на осушение. Если они составляют большой процент леса, то еще десятилетия они будут угнетать молодняк, затрудняя возобновление леса и служат рассадником вредных насекомых и болезней. Когда эти деревья отпадут, осушительная сеть выйдет из строя. Такие примеры есть и в Европейской части РСФСР,

и в Западной Сибири¹. Подобные изменения совершаются не только под влиянием антропогенного воздействия — в болотных биогеоценозах они идут, хотя и более медленным темпом, и в естественных условиях. Вот почему осушение болот должно сопровождаться целым комплексом мелиораций: удалением спелых и перестойных деревьев, уходом за подростом, удобрением молодых лесов в соответствии с потребностью фитоценозов в тех или иных химических элементах и т. д., т. е. комплексным воздействием на взаимосвязанные компоненты лесоболотного биогеоценоза.

Программа и методика биогеоценологических исследований впервые разработана большим коллективом ученых и опубликована под редакцией В. Н. Сукачева и Н. В. Дылиса в 1966 г.

К основным направлениям комплексного биогеоценологического изучения болот относятся:

1) изучение атмосферного компонента, главным образом термического режима воздуха, его влажности, осадков, количества и химического состава выпадающей с ними атмосферной пыли, которая в современных условиях является уже важным источником азотного и зольного питания растений;

2) изучение растительного покрова, его состава, строения, физиоло-

гических процессов, биологической продуктивности, взаимоотношений между растениями в фитоценозе, взаимодействия их с почвой и др.;

3) изучение наземной фауны, ее состава, численности, пищевых связей, динамики, взаимоотношений с фитоценозом, почвой и другими факторами среды;

4) изучение почвенных беспозвоночных животных и микроорганизмов (бактерий, грибов) как факторов разложения и превращения в торф отмирающей фитомассы и животных остатков, а также накопления в почве доступных растениям азота и важнейших зольных элементов;

5) изучение водного, воздушного и теплового режима торфяной почвы, ее кислотности, поглощающего комплекса, динамики почвенного азота и важнейших элементов зольного питания растений;

6) изучение процессов обмена веществ и энергии в биогеоценозах.

Переход в изучении болот и заболоченных земель на новый, биогеоценологический уровень, требующий объединения усилий нескольких наук, — лесоведения, почвоведения, гидрологии, климатологии, химической экологии, математики и др. — соответствует современным требованиям научного прогресса. Организация комплексного, биогеоценологического исследования болот в зональном разрезе даст возможность в сравнительно короткий срок получить наиболее достоверную информацию о природных особенностях болотообразовательного процесса, разработать более совершенную классификацию болот и заболоченных земель, дать научно обоснованную, дифференцированную по географическим районам оценку болот и заболоченных земель как природных комплексов и объектов мелиорации и эффективного использования в сельском и лесном хозяйстве нашей страны.

УДК 551.481.2
631.615

¹ Н. И. Пьявченко. «Лесоведение», 1970, № 2.

Что такое «понимание» в теоретической физике?

Профессор В. Гейзенберг



Вернер Карл Гейзенберг родился 15 декабря 1901 г. в семье учителя (впоследствии — профессора греческой истории). Изучал физику в Мюнхенском, а затем Геттингенском университетах, где в то время преподавали А. Зоммерфельд, М. Борн, Дж. Франк, Д. Гильберт. В Копенгагене он становится ближайшим сотрудником Н. Бора и принимает участие в организации знаменитой копенгагенской школы. За создание квантовой механики В. Гейзенбергу присуждена в 1933 г. Нобелевская премия. В последние годы руководит Институтом физики им. М. Планка в Мюнхене. Наиболее известные его книги «Физические принципы квантовой теории» и «Ядерная физика» переведены на русский язык. В. Гейзенберг — активный борец за мир и разоружение.

Один из создателей квантовой теории, В. Гейзенберг в последние годы пытается создать единую теорию поля, которая должна объяснить все многообразие элементарных частиц и объединить все виды взаимодействий. Наряду с чисто физическими исследованиями В. Гейзенберг с большим интересом занимается и философскими проблемами естествознания. Известны его книги: «Философские проблемы атомной физики», «Физика и философия» и многие другие. В публикуемой статье изложены взгляды В. Гейзенберга по одному из актуальных вопросов методологии физики.

Лет сорок назад на нашем лейпцигском семинаре часто возникал следующий вопрос: действительно ли мы понимаем, как ведет себя природа в данной совокупности явлений? Участники семинара любили философские споры, и поиски ответа на указанный вопрос зачастую выливались в обсуждение самого смысла слова «понимание» с точки зрения теоретической физики.

Возникающие при рассмотрении этой проблемы трудности можно проиллюстрировать историческими примерами. Достаточно немногих примеров. В античной астрономии Птолемея, игнорируя идеи Гиппарха и Аристарха, сформулировал собственную теорию движения планет и звезд, описывая их орбиты как суперпозиции циклов и эпициклов. «Предсказательная ценность» его теории была очень высока — астрономы могли по этой теории весьма

точно предсказывать затмения Солнца и Луны. Но можно ли утверждать, что тем самым астрономы достигли «понимания» движения планет? Пятнадцать столетий спустя Ньютон разработал свою теорию движения планет — на основе открытого им же закона тяготения. Большинство физиков согласятся, что лишь после Ньютона удалось добиться «реального понимания» динамики движения планет.

Когда в XVIII в. были проведены первые важнейшие эксперименты с электрическими явлениями, внимание физиков сосредоточилось на силах взаимодействия между заряженными телами. С тех пор на эту тему были поставлены и решены на высоком математическом уровне самые разнообразные задачи. Однако именно Фарадею удалось несколько по-иному взглянуть на эти вещи, поставив вопрос о силовом «поле». Фарадей сумел придать определенную реальность силе, считая ее зависимой не от тел — источников, а функций

Статья из сб. «Properties of matter under unusual conditions», Interscience, N. Y.—L., 1969, pp. 7—10.

пространства и времени. Именно это изменение концепций позволило Максвеллу сформулировать свои знаменитые уравнения. Еще неизвестно, кому больше — Фарадею или Максвеллу — обязаны мы самым существенным шагом вперед в понимании электромагнетизма.

Окончательная математическая формулировка закона природы не всегда совпадает с пониманием этого закона. Навье — Стоксовы уравнения гидродинамики были сформулированы еще в середине XIX столетия. Но и сто лет спустя оставалось непонятным турбулентное движение жидкости, пока, наконец, Колмогоров, Онзагер и Вайцеккер не разработали статистическую интерпретацию спектра изотропной турбулентности.

Несмотря на уже готовую математическую схему квантовой механики, явление сверхпроводимости так и оставалось непонятым, пока не были сформулированы и проанализированы такие концепции, как «коллективное движение» и «вырожденность основного состояния».

Прежде чем приняться за разбор самого смысла слова «понимание» для перечисленных выше примеров, стоит описать тот общий подход, который, по всей видимости, приводит к «пониманию» явлений в новых областях физики. Первым шагом всегда будет собирание новых экспериментальных данных. Даже на этой стадии физики будут пытаться как-то сопоставлять различные эксперименты, интерполировать или экстраполировать их результаты с целью предсказания результатов последующих экспериментов. При этом физики будут стараться как-то упорядочивать экспериментальный материал при помощи традиционных понятий и идей. Раньше такое упорядочение делалось на основе законов механики Ньютона, а в наши дни — приписыванием квантовых чисел энергетическим уровням различных спектров. Однако, как правило, такого упорядочения недостаточно для понимания явлений — даже в том случае, когда фундаментальные законы природы уже известны. Ибо зачастую оказывается, что традиционные концепции, или по крайней мере некоторые из них, в действительности перестают

работать и не позволяют ухватить суть явлений, не поддающихся описанию на их языке. Возникающие при этом трудности означают, что экспериментальный материал так или иначе потребует введения новых концепций. Время от времени значительный прогресс в «понимании» достигается уже на этой стадии выполнением «критического эксперимента», т. е. эксперимента, в котором подвергаются испытанию и отбору именно спорные, конкурирующие представления, концепции. Историческим примером такого рода эксперимента является регистрация совпадений гамма-лучей и электронов при комптон-эффекте. Этим экспериментом Боте и Гейгер продемонстрировали сохранение энергии и импульса в элементарном, одиночном событии. Однако, как правило, даже получение такого результата недостаточно для достижения того, что мы называем «пониманием». Реальный ход событий может быть, по-видимому, описан следующим образом: знание всей совокупности экспериментов в новой области — а не только некоторых специфических экспериментальных результатов — вызывает в умах физиков постепенное изменение языка и мышления. Физики постепенно приспосабливаются к этой новой области — годами и даже десятилетиями. Наконец, новый образ мышления приведет к тому, что кто-нибудь разработает и сформулирует новые концепции. Для того чтобы порвать со старыми концепциями, требуются невероятно большие усилия, и обычно бывает гораздо проще найти новые концепции, чем отделаться от старых. Заключительной стадией будет либо непосредственное применение новых концепций, либо развитие на их основе математического аппарата теоретической физики. Если найденные концепции оказались корректными, это приведет к убеждению, что «теперь-то достигнуто понимание» исследуемых явлений. «Понимание» иногда считается достигнутым даже в тех случаях, когда математические трудности мешают получению количественного описания явлений, как это случилось, например, с квантовой химией.

Но что же тогда является крите-

рием «понимания»? Хорошо известно следующее утверждение: «Когда мы в состоянии предвидеть результат любого не слишком сложного эксперимента в данной области, это значит, что мы достигли понимания»¹. Это заведомо неверное утверждение. Оно ошибочно в двух отношениях. Существуют области, в которых явления по существу понятны, но мы еще не в состоянии предвидеть результаты даже простейших экспериментов (примером может послужить опять-таки квантовая химия). Имелись и такие области, в которых оказывались возможными точные предсказания, но при этом оставались, однако, ненайденными существеннейшие черты явлений. Именно так было с птолемеевой астрономией. В качестве менее яркого примера можно привести теорию аномального эффекта Зеемана, предложенную в свое время Фойгтом. Гораздо более приемлемым определением «понимания» нам кажется такое: «Мы поняли некоторую группу явлений, если мы нашли корректные концепции для описания этих явлений». Для этого определения недостаёт, однако, критерия корректности описательных концепций. Откуда нам может быть известно, что найденная концепция истинна, а не ошибочна? В некоторых случаях сама математическая формулировка физической идеи, концепции может придать математическому аппарату теории такую ясность, такую фундаментальную простоту, которая убеждает уже своей эстетической ценностью, красотой. Именно такова специальная теория относительности. В подобных случаях результаты применения математической схемы можно легко и по пунктам сравнивать с экспериментом. Тогда корректность концепции демонстрируется согласием опытных результатов с теоретическими. В других случаях математическую формулировку физических концепций отнюдь нельзя назвать простой. И все же в корректности таких концепций, т. е. в том, что мы и здесь достигли «понимания» явлений, может нас

¹ См., например, П. А. М. Дирак. Принципы квантовой механики. М., «Наука», 1965, § 4. (Прим. перев.)

убедить построение упрощенных моделей, которые обнаруживают характерные особенности наблюдаемых явлений — как в случае теории сверхпроводимости. Однако, в конечном итоге, меня лично в корректности физических концепций убеждает простота этой концепции на фоне богатейшего разнообразия запутанного экспериментального материала. В любой новой области проводятся, как правило, самые разнообразные эксперименты, и вот если все эти эксперименты поддаются описанию едиными новыми концепциями, то именно эти концепции в конце концов считаются корректными. Все еще может считаться лучшим критерием корректности новых концепций старая латинская поговорка: «*Simplex sigillum veri*» (простота это признак истинности), которая была выведена большими буквами в аудитории Геттингенского университета, где Поль читал лекции. Снова следует подчеркнуть, что обычно гораздо легче принять новую концепцию, чем отвергнуть старую, хотя вполне ясно, что нельзя избежать отбрасывания старых концепций. Трудности понимания специальной теории относительности, например, происходили почти исключительно из необходимости отвергать старую концепцию одновременности. Трудность в понимании физики элементарных частиц может быть объяснена именно необходимостью отрицания старой концепции «истинно фундаментальной» частицы¹.

Если, таким образом, принимать простоту в качестве одного из наиболее решающих критериев корректности концепций, будет вполне уместным сослаться на тот факт, что понимание обычно достигается тогда, когда мы можем сказать: «да ведь это то же самое, что и...». Т. е. мы устанавливаем связь рассматриваемой проблемы с другими проблемами, и если данная концепция настолько хороша, что позволяет комбинировать множество самых различных явлений, которые в каком-то аспекте выглядят «теми же самыми» или тесно связанными, эта концепция

будет принята просто из-за этой ее объединяющей мощи.

В таком случае «понимание» означает адаптацию нашего концептуального мышления к совокупности новых явлений. Можно еще сказать, что «понимание» означает открытие неких структур, лежащих в основе богатого разнообразия явлений, причем структур таких, которые соответствуют фундаментальным структурам, присущим нашему концептуальному багажу, и которые, таким образом, позволяют формировать новые концепции.

Из всей этой аргументации ясно, что узкая специализация представляет собой существенную помеху достижению понимания. И только умение взглянуть на всю в целом область новых явлений может позволить найти корректные концепции. Даже в самых специальных задачах «понимание» может быть зачастую достигнуто ссылкой на аналогичную задачу и ее решение в другой области физики. Математический анализ может оказать важную помощь после того, как найдены корректные концепции, поскольку математика может предоставить возможность сделать точные выводы и сравнивать их с наблюдательными фактами. Однако математический анализ не слишком полезен, пока не найдены корректные концепции. Иначе математика может лишь помочь установить точную связь между предположениями, выраженными в виде старых концепций, а также — между следствиями из таких предположений. Однако эти предположения окажутся, вероятнее всего, некорректными, а следствия, выводимые из них, в силу этого недостатка вряд ли отобразят реальные явления. Поэтому математический анализ обычно не дает прямого пути к пониманию. Именно поэтому математическая физика и теоретическая физика являются науками весьма и весьма различными.

Перевод с английского
В. А. Белокопья.

УДК 530.1
139

Новые книги

ИСТОРИЯ МАТЕМАТИКИ С ДРЕВНЕЙШИХ ВРЕМЕН ДО НАЧАЛА XIX СТОЛЕТИЯ. В трех томах. Том первый. С древнейших времен до начала нового времени. М., «Наука», 1970, 350 стр., ц. 1 р. 92 к.

Историю математики можно излагать в разных аспектах. Например, можно положить в основу историю задач или идей, творчество отдельных великих людей или научных школ, достижения различных народов и т. п. «В данном труде, — пишет в предисловии проф. А. П. Юшкевич, — на первом плане стоит развитие математики как единого целого. Поэтому главное место занимает история основных понятий, методов и алгоритмов в их внутренних взаимодействиях и последовательном развитии во времени, которое мы подразделяем, как принято обычно в общей истории».

В первом томе представлена математика Древнего Египта и Вавилона, Греции и эллинских стран, средневековая математика и математика эпохи Возрождения, вплоть до конца XVI в. Большое место отведено описанию развития математики в странах средневекового Востока. Издание рассчитано на студентов, преподавателей математики и физики, а также на широкие круги любителей математики и ее истории.

¹ См. по этому поводу также: В. Гейзенберг. Физика и философия. М., 1963. (Прим. перев.)

Сосуществовал ли австралопитек с *Homo sapiens*?

В трех номерах «Nature» за прошлый год¹ появились сообщения о сенсационных раскопках в Южной Африке. В одних и тех же слоях найдены остатки австралопитеков и представителей рода *Homo*. Мы публикуем краткое изложение этих публикаций и комментариев советского антрополога.

Находки в Сварткрансе

В ходе раскопок в гроте Сварткранс (ЮАР), проведенных в 1948—1949 гг. Р. Брумом и Д. Робинсоном (США), было обнаружено 3 тыс. фрагментов 60 австралопитеков. Они были представлены в основном родом *Paranthropus* — мощной формой, по-видимому, приспособившейся к вегетарианскому образу жизни. Однако некоторые из полученных фрагментов позволили Бруму и Робинсону предположить существование другого человекоподобного существа (гоминиды) — более развитого и получившего название сначала *Telanthropus capensis*, а затем *Homo erectus*.

Новые раскопки С. Брейна в 1965 г. показали, что захоронение было образовано скоплением в подземном гроте обломков, которые упали из узкой расселины в скале.

Удалось собрать 11 тыс. обломков;

среди них 8 кусочков костей и 9 зубов, которые по определению принадлежали к роду *Paranthropus*. Состояние костей позволило С. Брейну предположить, что на месте раскопок была лежка хищных животных. Автор объясняет, в частности, наличие двух симметричных дырок на теменной части неполного черепа молодого парантропа укусом леопарда. Среди кусочков, собранных в ходе новых раскопок, были найдены два позвонка: последний грудной и последний поясничный, которые, по-видимому, принадлежали одному парантропу. Эти позвонки отличаются от соответствующих позвонков австралопитека, а также от позвонков животных и от позвонков современного человека.

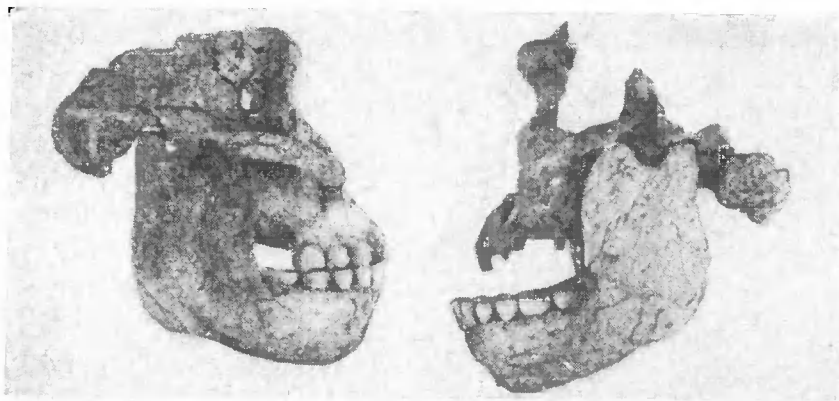
Р. Кларк и Ф. К. Хауэлл (США) изучили фрагменты, найденные при раскопках в Сварткрансе, и доказали, что важнейшие части черепов, относившиеся до последнего времени к парантропам, принадлежат одному из рода *Telanthropus*. Это сенсационное открытие, сделанное в музее, дает возможность более пол-

но воссоздать загадочного *Homo erectus* (он же *Telanthropus capensis*), который, по-видимому, и создал древние орудия, также найденные в гроте Сварткранс.

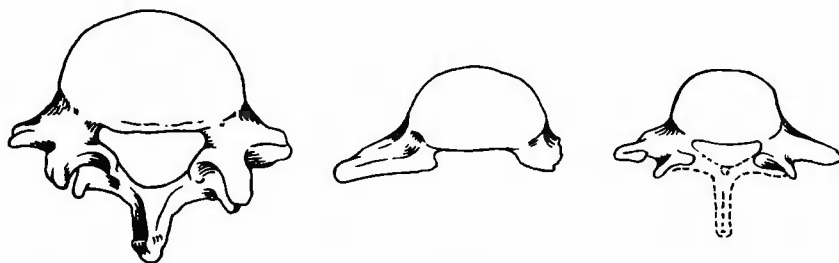
В работах Р. Кларка, Ф. К. Хауэлла и С. Брейна установлено, что телантроп сильно отличается от парантропа и от других австралопитеков и должен быть отнесен к роду *Homo* (до некоторого времени без видового названия).

Каменные орудия Сварткранса, изученные английским антропологом Л. Лики, сходны с найденными в Стеркфонтейне (ЮАР) и отличаются от предметов, найденных в Олдове (Танзания). Они гораздо больше по размеру и имеют другие пропорции. Несмотря на эти различия и состояние, разделяющее места находок, основные типы орудий можно сравнивать. Во время раскопок Л. Лики в Кении были извлечены останки пяти человекоподобных существ. Четверо из них относились к *Australopithecus*, пятый, более тонкий, по некоторым анатомическим деталям височной, затылочной и ушной областей черепных фрагментов может быть отнесен к роду *Homo*. Существование австралопитеков и представителей рода *Homo* (эти последние, вне сомнения, создали найденные орудия) хорошо подтверждено как для Южной, так и для Восточной Африки (Олдовой, Кооби-фора). Вместе с костными останками повсеместно найдены древние орудия, возраст которых $\sim 2,61 \pm 0,62$ млн лет. Это наиболее древние орудия, открытые на сегодняшний день.

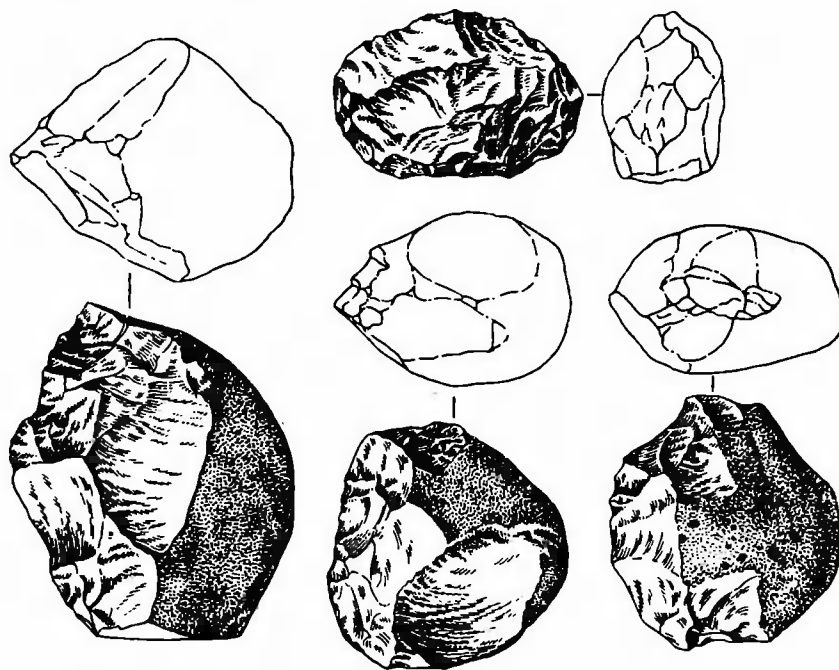
¹ «Nature», v. 225, 1970, № 5238, p. 1112; v. 225, 1970, № 5239, p. 1217; v. 226, 1970, № 5242, p. 223.



Вид сбоку: гигантского черепа (слева) и нижней челюсти (справа) австралопитека из Сварткранса.



Последние поясничные позвонки (слева направо): австралопитека, парантропа, *Homo sapiens*.



Орудия из Сварткранса.

Наш комментарий

Африка постоянно предоставляет нам все более интересные данные об ископаемом человеке и в первую очередь — о древнейших этапах его истории. Новые открытия поднимают два кардинальных теоретических вопроса: а) о возможности одновременного существования представителей ранних гоминид и предшествующих им форм; б) о возможности изготовления грубых примитивных орудий австралопитеками или близкими к ним формами. Положительное решение этих вопросов все шире распространяется среди специалистов. Еще существующий в этом отношении скептицизм — скорее дань традиции. Что касается изготовления австралопитеками в широком смысле слова зачаточных орудий, то проблема решена, как мне кажется, находками Л. Лики в Восточной Африке. Сосуществование двух родов ископаемых форм — дочернего и материнского, рода *Номо* и рода его предшественников, возможно, в свете эволюционно-теоретических представлений и подтверждается многими примерами по другим группам животных. Однако новые находки описаны пока слишком бегло, чтобы можно было судить о них достаточно определенным образом. Ожидает подтверждения и чрезвычайно древний их возраст, удлиняющий уже известную нам родословную человека почти на 1 млн лет.

В. П. Алексеев
Доктор исторических наук
Москва

УДК 572

Огненное извержение Келаны

Ф. А. Матанов,
И. С. Атакишиев

Кандидаты геолого-минералогических наук
Институт геологии АН АзербССР

Неоценимую услугу геологам-нефтяникам оказывают грязевые вулканы: в период извержения они выбрасывают из глубин на поверхность огромную массу обломков пород, столь необходимых для изучения геологического строения нефтегазоносных районов. Особенно велика роль грязевых вулканов при оценке перспектив нефтегазоносности глубоководных горизонтов, так как извергаемые вулканом различные по геологическому возрасту породы часто бывают связаны с отложениями, которые пока не могут быть вскрыты и изучены разведочным бурением. Недаром грязевые вулканы называют естественными сверхглубокими разведочными скважинами и каждое новое сообщение о действии грязе-

вого вулкана вызывает большой интерес геологов.

12 декабря 1969 г. в 20 час. 40 мин. по бакинскому времени жители сел. Даг-Келаны, расположенного в 32 км южнее древней столицы Азербайджана — г. Шемаха, были встревожены каким-то непонятным все нарастающим подземным гулом, перешедшим затем в грохот. Вдруг раздался огромной силы взрыв, и в 1200 м от селения люди увидели взметнувшийся в темное небо огромный столб пламени высотой 350—400 м, осветивший окружающую местность: это после 7-летней «спячки» началось огненное извержение грязевого вулкана Келаны. Из жерла его, подхватываемые столбом огня, высоко в небо летели облом-

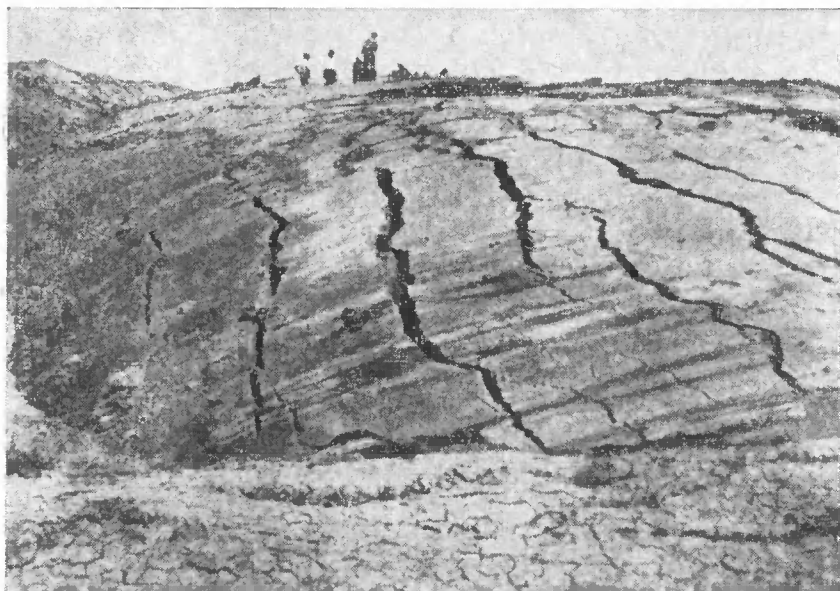
ки пород с густой грязью и затем в виде «горячего дождя» падали на землю. Так продолжалось до полуночи. Постепенно пламя ослабевало, и к утру над кратером вулкана уже виднелось только несколько очагов горящих газов 8—10-метровой высоты.

Через 3 дня после извержения Келаны в составе небольшой группы геологов-нефтяников мы уже были на месте. Нашему взору открылось огромное поле сопочной брекчии, выброшенной во время извержения. Этой брекчией, поверхность которой уже успела затвердеть, был покрыт весь кратер вулкана. Серого цвета, с бесчисленным множеством воронкообразных лунок, поле сверху напоминало лунную поверхность. Некоторые лунки, образовавшиеся в результате падения крупных обломков пород, имели диаметр 2—3 м и достигали глубины 2 м.

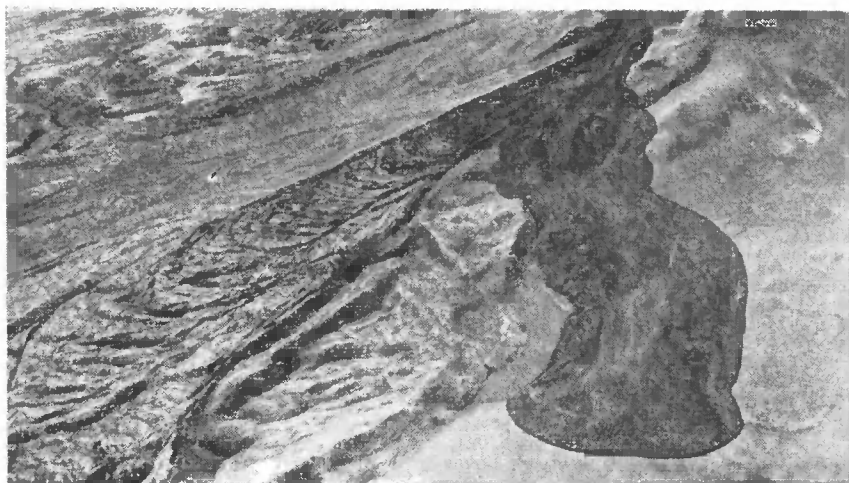
Сопочное поле вулкана имело овальную форму размером 350 × 500 м и было покрыто густой сетью концентрических и радиальных трещин; некоторые из последних выходили за пределы вулкана и простирались на местности на расстояние 3—5 км.

При подходе к вулкану с наветренной стороны чувствовался запах углеводородных газов, особенно он ощущался вблизи трещин на сопочном поле (из некоторых газ выделялся с еле заметным шипением и при поджигании легко воспламенялся и горел бледно-желтым пламенем). Запах горючего газа источали и многочисленные куски рыхлых и трещиноватых пород, а некоторые из них были густо пропитаны нефтью.

В кратерной части вулкана (в шести местах) участки сопочного поля размером 10 × 25 м были обуглены и приняли кирпично-красный цвет; в одном месте мы обнаружили небольшое, высотой 0,5 м пламя горящих газов, пробивающихся на раскаленную до желто-красного цвета сопочной брекчии. Твердые обломки пород были переданы в лабораторию для проведения микропалеонтологических, петрографических и других исследований. Результаты пока еще не получены.



Часть глиняного купола в кратере грязевого вулкана Чейлдаг, образовавшегося в период его извержения.



Котурдаг, один из интереснейших грязевых вулканов. На переднем плане — поток излившейся сопочной брекчии.

Характерный грязевой грифон на кратере вулкана.

Часть кратерного поля грязевого вулкана Календарахтарма с действующими грязевыми грифонами.



При повторном посещении вулкана через 8 дней выход газа уже прекратился. Вулкан снова на какое-то время замер.

А совсем недавно произошло еще одно извержение вулкана, на этот раз — в Южном Кобыстане. После 100-летнего затишья 4 июня 1970 г. проснулся вулкан Чеилдаг (в 70 км западнее Баку). Мы приехали на место спустя неделю после извержения. Поднявшись на вершину вулкана, мы не обнаружили в кратере излившуюся сопочную брекчию, которая обычно выбрасывается на поверхность в период извержения. Лишь вследствие тектонического выдавливании полусухой глинистой массы из жерла вулкана в центральной части кратера образовался глиняный купол высотой 5—6 м и диаметром основания 50—60 м. Вершина его оказалась разбитой радиальными трещинами, из которых в десяти местах на высоту 3 и более метров с шумом вырывались горящие газы. У некоторых трещин время от времени можно было слышать звуки, напоминающие выстрелы — это очевидно были вспышки горючих газов в трещинах. В кратере вулкана чувствовался запах сернистого газа. В течение июня мы были на Чеилдаге несколько раз, и все еще были видны над вулканом пылающие костры. Жерло вулкана так и не заполнилось жидкой брекчией, и это давало возможность газам беспрепятственно выходить на поверхность.

Азербайджан богат грязевыми вулканами, это своеобразный «музей природы», который ни по числу грязевых вулканов, ни по количеству извержений, ни по объему углеводородного газа и сопочной брекчии, выбрасываемых во время пароксизма, не имеет себе равных в мире. Здесь насчитывается около 220 грязевых вулканов — более половины всех грязевых вулканов земного шара!

Извержения грязевых вулканов в Азербайджане происходят довольно часто, но за последние 10—15 лет они особенно участились. Не проходит года, чтобы в том или ином районе не «заговорил» грязевой вулкан, в большинстве случаев с воспламенением вырывающихся из земных глубин углеводородных газов.

Обычно такие извержения сопровождаются выбросом серого цвета сопочной брекчии — полужидкой смеси глинистой массы с обломками твердых пород. Заполнив кратер вулкана, она устремляется затем веерообразными или языкообразными потоками в пониженные части рельефа — овраги и долины.

В промежутках между извержениями кратер вулкана обычно покрывается многочисленными сопками, сальзами, грифонами, через которые на поверхность выносятся мутная вода, сопочная грязь, иногда с пленкой нефти; во всех случаях наблюдается постоянное или периодическое выделение углеводородных газов.

Основная грязевулканическая масса выбрасывается вулканом во время бурных извержений. В этом отношении составлял исключение лишь Котурдаг. В начале 60-х годов прошлого столетия необычным характером своей деятельности он привлек внимание крупного исследователя грязевых вулканов Азербайджана Г. В. Абиха. В отличие от других грязевых вулканов Азербайджана на Котурдаге извержение в обычном его виде не наблюдалось. Но зато из кратерной щели длиной 50 м и шириной 15 м непрерывно выпира-

лась, «как паста из тюбика», твердая сопочная брекчия, которая лентой круто вздымалась кверху, а затем надламывалась и наподобие ледникового языка сползала вниз по склону вулкана. Этот поток медленно извергаемой сопочной массы на протяжении 1500 м прорыл глубокое русло, ограниченное с боков отвесными стенками. Скорость движения потока по подсчетам С. А. Ковалевского составляла в 1926—1927 гг. около 42 м в год, в 1937 г. — 9,6 м в год; по А. Б. Ронову в 1949 г. и Б. И. Кошечкину в 1955 г. — 10 м в год, а по определениям С. Г. Салаева и М. М. Зейналова в 1959 г. — 18 м в год.

В механизме деятельности этого вулкана, очевидно, наряду с тектоническими силами главную роль играли углеводородные газы, заключенные в недрах вулкана. Твердая грязевулканическая масса, поднимавшаяся под напором этих газов вверх по жерлу вулкана, снизу подпиралась сопочной брекчией более жидкой консистенции. Когда верхняя граница жидкой брекчии достигла поверхности вулкана, произошло бурное извержение. Так в октябре 1966 г. закончилось «непрерывное извержение» грязевого вулкана Котурдаг — этого редчайшего явления

на Земле. Излившаяся в результате пароксизма сопочная брекчия заняла часть кратера и разлилась по склону вулкана в виде «языка» на расстояние 480 м при ширине 110—150 м. В настоящее время этот вулкан находится в состоянии временного покоя и его деятельность проявляется лишь в слабом излиянии мутной воды и грязи с редкими пузырьками газа из трех грифонов двухметровой высоты, расположенных в центральной части кратера.

Грязевой вулканизм — одно из интереснейших, но в то же время еще слабо изученных явлений природы. Достаточно сказать, что среди исследователей до сих пор нет единого мнения о происхождении грязевых вулканов. Многие, например, все еще считают, что деятельность грязевых вулканов связана с магматическими процессами, происходящими в недрах Земли. Более правильными нам кажутся представления о зарождении грязевых вулканов в толще осадочных пород, а также о связи их с газонефтяными месторождениями. Поэтому, естественно, геологам важно собрать как можно больше фактического материала, чтобы решить, наконец, этот вопрос окончательно.

УДК 551.311.8

Брачный «танец» сибирского углозуба

О. В. Григорьев
Биологический институт СО АН СССР

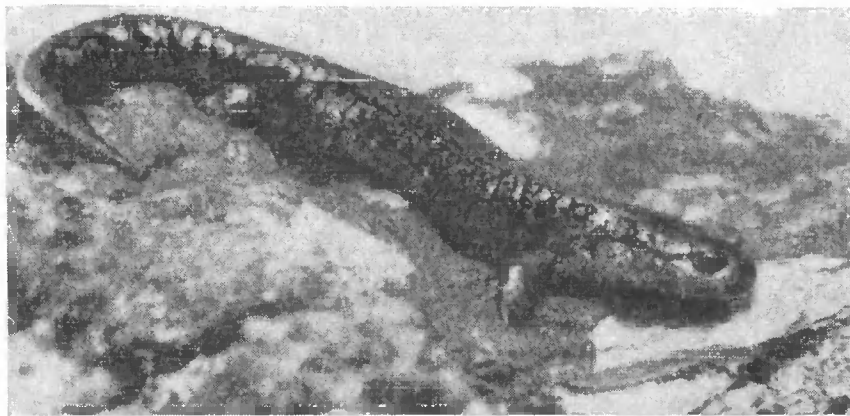
Сибирский углозуб (*Hynobius keyserlingi*) — хвостатое земноводное, живущее в основном на суше и обитающее в воде только во время икрометания. Это небольшое животное (длина тела без хвоста составляет до 7 см) серовато-коричневой окраски, с мелкими темными пятнами на боках и светлой полосой вдоль всей спины. Распространен углозуб от Камчатки (где он является единственным представителем

земноводных) и Курильских островов до Горьковской области.

В весенний период углозубы совершают брачные игры, или «танцы», во время которых самка, зацепившись за подводное растение, совершает волнообразные движения телом, как бы танцуя на одном месте. Мы провели интересные наблюдения, позволяющие раскрыть смысл такого брачного «танца».

Наблюдения проводились в апре-

ле 1970 г. под Новосибирском, в небольшом водоеме, расположенном в заболоченном березовом леске. «Танцующая» самка углозуба находилась в воде на стебле осоки, на глубине 6 см в своеобразной позе: туловище согнуто в крестце, хвост опущен вертикально вниз, голова чуть приподнята; при этом самка непрерывно совершала движения телом в плоскости, перпендикулярной к продольной оси ее тела. По внешним очертаниям она в это время несколько напоминала сидящую на ветке белку. Изредка она изгибала хвост под углом в 90° (т. е. подгибала его «под себя»). На стебле самка удерживалась согнутыми в виде «крюков» конечностями: при колебаниях ее тела («танце») стебель перемещался иногда из правой передней конечности в ле-



Сибирский углозуб (*Hynobius keyserlingi*).

Фото автора

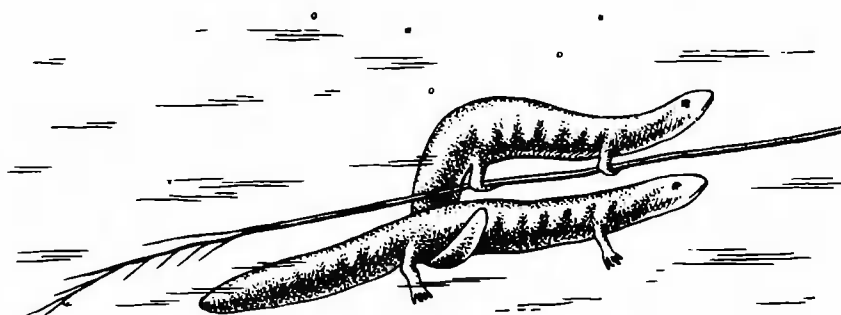
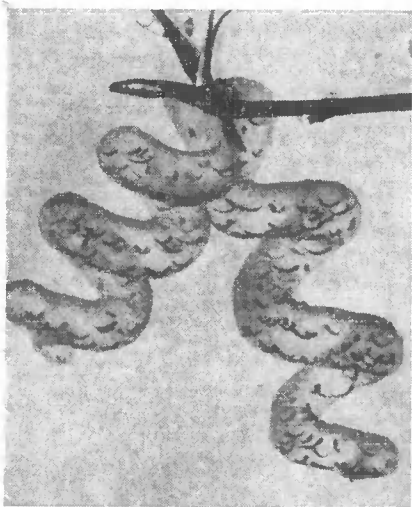


Схема положения самки и самца при брачном «танце». Самка удерживает самца снизу, обвивая его хвостом.

Рисунок автора.



Закрученные спирально икранные мешки после откладки остаются висеть на ветке.

Фото автора.

вую. Интересно отметить, что во время «танца» самка продолжала кормиться, схватывая проплывающих мимо мелких беспозвоночных, вроде циклопов и др. В течение 1 час. 40 мин. она продолжала непрерывно «танцевать» и лишь один раз сменила место, переплыв на соседний стебель, расположенный на расстоянии 20 см от прежнего.

Нижне самки, на глубине примерно 20 см, были замечены два самца, «лежавшие» в спокойной позе на стеблях подводных растений. Периодически они подплывали к самке, тыкались в нее головами и вновь уплывали вниз, иногда скрываясь из поля зрения.

Известно, что оплодотворение у этих животных наружное: самка выметывает студенистые колбасовидные икранные мешки (содержащие

каждый от 40 до 125 икринок), а самец — сперматофоры, оплодотворяющие эту икру. Но каким образом происходит этот процесс оплодотворения, до сих пор выяснить не удалось.

Не спуская глаз с самки, мы заметили, что одного из подплывших к ней самцов она внезапно обвила хвостом поперек туловища впереди задних конечностей. Самец при этом не двигался и как бы «висел» в воде, поддерживаемый хвостом самки, которая совершала те же волнообразные движения телом. В таком положении самец и самка пробыли около 2 мин., после чего самка разжала хвост и самец отплыл вниз на подводные растения. Описанное поведение самца и самки повторилось через 15 мин. и продолжалось на этот раз примерно около минуты. Оба раза самка удерживала одного и того же самца, более крупного по размерам.

Прежде чем делать выводы из наших наблюдений, следует вспомнить о характере и форме икры, откладываемой углозубами. Она, как известно, заключена в прозрачные колбасовидные парные мешки, закрученные спирально. Характерно, что одна из спиралей закручена по часовой стрелке, а другая — против. Этот факт в сочетании с наблюдаемым положением самки и самца в брачном «танце» позволяет предположить, что во время оплодотворения самец не прикрепляет к отложенной икре расплывающийся пакет сперматозоидов, а все происходит совсем иначе.

Икранные мешки по выходе из клоаки самки за счет движений ее тела («танца») оказываются по разные стороны стебля растения и далее, обтекая по спиральям клоаку самца, оплодотворяются выделяемыми им сперматозоидами. После окончания кладки икранные мешки остаются висеть на стебле (наподобие «переметных сум»).

Таким образом, оплодотворение икры у сибирского углозуба хотя и наружное, но происходит своеобразно и является по существу новым, не известным до сих пор, способом оплодотворения у земноводных.

УДК 597.6.9

Геохимические парадоксы экваториальной Африки

Профессор В. В. Добровольский



Всеволод Всеволодович Добровольский, доктор географических наук, заведует кафедрой геологии и геохимии ландшафтов в Государственном педагогическом институте им. В. И. Ленина; в Московском государственном университете им. М. В. Ломоносова читает курс лекций «Кора выветривания». Автор большого числа научных статей и книг — «Гипергенез четвертичного периода», «География почв», «География и палеогеография коры выветривания СССР» и др. Последние два года изучает коры выветривания и почвы экваториальных стран Африки.

Для любого жителя высоких широт Африка до сих пор остается загадочным и манящим континентом. Особенно притягателен он для натуралиста. Удивительный животный и растительный мир давно привлекает внимание зоологов и ботаников. Не менее интересна природа Африки для ученых, работающих в области наук о Земле. Здесь на поверхности обнажаются древнейшие горные породы, а земная кора разбита глубинными расколами—знаменитыми рифтами Восточной Африки. Следы вулканической деятельности поражают воображение своими масштабами: заоблачные кратеры величественных вулканических конусов несут шапки вечных снегов, мощные покровы черной лавы распространены на тысячи квадратных километров. Широко распространена редкая у нас карбонатитовая лава, и для изготовления цемента разрабатывают вулканические «известняки».

Африка — колоссальный геологический заповедник. Ее отдельные области являются сушей более полутора миллиардов лет. Здесь сохранились ландшафты, некогда широко распространенные в странах умеренного пояса, а в настоящее время давно исчезнувшие. Поэтому изучение почв, кор выветривания, геохимии ландшафтов Африки представляет исключительный интерес для специалистов Советского Союза. Естественно поэтому, что я с энтузиазмом принял предложение принять участие в работе Советской восточноафриканской экспедиции.

Благодаря превосходной организации экспедиции, которую возглавляли члены-корреспонденты АН СССР В. В. Белоусов и А. П. Капица, я по-

лучил возможность обследовать значительную территорию от бассейна Конго на западе до Индийского океана на востоке между 3° с. ш. и 9° ю. ш. Пересечение этой территории серией автомобильных маршрутов общей протяженностью около 10 тыс. км, изучение естественных обнажений и многочисленных почвенных шурфов, осмотр горных выработок позволили мне не только основательно познакомиться с почвами и корой выветривания многообразных экваториальных ландшафтов, но и обнаружить новые интересные факты.

Знакомство с Восточной Африкой обычно начинается с одной из столиц: Найроби, столицы Кении, Дар-эс-Салама, столицы Танзании, или Кампалы, столицы Уганды. Каждая из них по-своему хороша. Найроби — самый крупный и самый богатый город Восточной Африки, Дар-эс-Салам, стоящий на берегу Индийского океана, очень романтичен. Но наиболее живописна раскинувшаяся на красных холмах, утопающая в зелени Кампала.

Не так давно существовал единый Восточно-Африканский университет, объединявший университетские колледжи Найроби, Дар-эс-Салама и Кампалы. Сейчас в каждом из государств есть свой университет. Очень красив и оригинален компактный комплекс зданий университета в Найроби. Невысокие здания университета Макерере в Кампале свободно размещены на большой территории. В Дар-эс-Саламе у западного въезда в город создан современный университетский городок.

Но как ни примечательны столицы Восточной Африки, наши интересы лежали за их пределами. Хочется

скорее увидеть саванны и леса, о которых мы впервые читали в романах Жюль Верна, а потом в многочисленных трудах от дневников Ливингстона, Стэнли и Юнкера до статей в специальных журналах.

Природа Африки сразу же поражает своими неожиданностями. Много оказывается не совсем таким, как мы считали, а некоторые наши представления просто не соответствуют действительности. Особенно это относится к представлениям о почвах и геохимии экваториальных ландшафтов.

На Килиманджаро

Килиманджаро — высочайший горный массив Африки. Его основная вершина Кибо достигает высоты 5895 м над уровнем моря. Массив представляет собой гигантский сложно построенный вулканический конус. Три его вершины — Кибо, Мавензи и Ши́ра — являются древними кратерами. Особенно хорошо выражен кратер Кибо, имеющий около 2 км в поперечнике. В 30 км к западу от Килиманджаро расположен второй огромный потухший вулкан Меру, а далее к западу и северо-западу — целая серия менее крупных вулканов. В результате вулканической деятельности, максимум которой приходится на плейстоцен и голоцен, территория площадью около 50 тыс. км² покрыта мощным покровом лав и вулканических выбросов основного и щелочного состава.

Большой интерес представляют геохимические особенности почв и ландшафтов этого массива. И вот я со своими спутниками лечу на небольшом турбовинтовом самолете Восточно-Африканской авиакомпании из Найроби в Моши — городок, расположенный у подножия Килиманджаро.

Самолет держит курс почти по меридиану на юг. Внизу проплывает равнина, кое-где покрытая жухлой травянистой растительностью и зарослями кустарников. Две стюардессы (одна африканка, другая индийка) разносят завтрак, всем лучезарно улыбаясь. Самолет качает, трясет, стюардессы балансируют и улыбаются,



В этом «лендровере» мы совершали свои маршруты, в нем же помещались экспедиционное оборудование и собранные образцы почв.

ся, хватаясь за поручни. Вдруг на горизонте как-то сразу вырастает гигантский вулканический конус. Вначале он синее как туча, но через десять-пятнадцать минут уже видны детали его строения. Это Килиманджаро. Я досаую, что верхняя его часть покрыта тучами, и еще не знаю, что мне придется не раз с самолета любоваться этим замечательным явлением природы, облетать вокруг массива, подробно рассмотреть его сверкающую снеговую шапку и покрытый ледяной броней кратер Кибо. Пока же рассматриваю неровности застывших лавовых потоков и их пересекающие ущелья — барранкосы.

Самолет, круто наклонившись на левое крыло, огибает с запада вулканический массив, постепенно снижается и через несколько минут приземляется на небольшом аэродроме в Моши. Аэровокзал размещается в маленьком здании, напоминающем железнодорожные станции где-нибудь в курортных местах Северного Кавказа или Крыма. Вскоре шофер такси с мальчиком-носивильщиком подхватывают наши вещи из тележки авиаслужбы и закрепляют на верху автомобиля. Мелькают невысокие

дома Моши, мечеть с минаретом; белый индийский храм, напоминающий пагоду, массивная католическая церковь с большим крестом, и очень скоро мы оказываемся в нескольких милях от города, где стоит арендованный для экспедиции дом. Он окружен цветущими деревьями, вокруг — плантации кофе. Небо освобождается от густых облаков, и над нами нависает громада Килиманджаро, увенчанная розовеющими в лучах заходящего солнца снежниками. Вот они, долгожданные снега Килиманджаро! Кстати, на местном диалекте «кили» — означает гора, «джаро», или «манджаро», — снег.

На протяжении нескольких последующих дней я совершил ряд автомобильных маршрутов у подножия горного массива, объехал вокруг него, останавливаясь для рывья шурфов и изучения строения почвы. Основная масса атмосферных осадков, выпадающих над Восточной Африкой, поступает с Индийского океана с юго-восточным пассатом. Поэтому горные склоны южной и восточной экспозиции получают влаги значительно больше, чем северные и западные склоны. У подножия юго-западных, южных и восточных склонов



Заросли папируса на оз. Альберта. Лодки, выдолбленные из стволов крупных деревьев, неуклюжи и наречность неустойчивы.

Килиманджаро развиты достаточно хорошо увлажняемые ландшафты. Например, в Моши выпадает около 830 мм осадков в год, из них больше половины — осенью, т. е. в марте, апреле и мае. Некогда здесь существовали ландшафты типа парковой саванны, но естественная растительность уничтожена и заменена плантациями кукурузы, сизаля, кофе, а также участками фруктовых деревьев и огородных культур вокруг многочисленных поселков. На плантациях кофе и бананов широко применяют искусственное орошение за счет многочисленных рек, стекающих по южным склонам Килиманджаро.

Почвоведы из стран Восточной Африки дешшие почвы называют красными, или ожелезненными. Удалось обнаружить интересные геохимические особенности этих почв. Несмотря на значительное количество атмосферных осадков, эти почвы слабо выщелочены и обладают слабощелочной реакцией. В них содержатся

многие подвижные химические элементы (в том числе кальций и даже натрий), чему способствует большое количество их в местных вулканических породах. Железо в этих почвах очень слабо подвижно, поэтому термин «ожелезненные» вряд ли можно считать удачным. Красный цвет этих почв, так же как и во многих других районах Африки, обусловлен окраской переотложенных продуктов выветривания, на которых почвы образованы. Вот в этой рыхлой глинистой массе, обладающей кислой реакцией, действительно имеются подвижные формы железа. Под микроскопом видны пленки гидроокислов железа и гипергенных железистых силикатов. По-видимому, красные глины образовались в условиях более влажных ландшафтов и под воздействием более кислых почв, чем современные.

Для интенсивного выноса химических элементов из экваториальных почв требуется значительно больше атмосферных осадков, чем в наших краях. У основания северо-западно-

На вклейке.

Вверху: Самая живописная из столиц Восточной Африки — Кампала. На переднем плане видны ярко-красные продукты выветривания. Столь характерные для Африки, они возникли в результате длительного процесса выветривания, когда формировалось Восточно-Африканское сводовое поднятие и из разломов Восточного Рифта изливались лавы.

Внизу: Типичный экваториальный лес. Постоянная дымка насыщенного влагой воздуха и кроны огромных деревьев закрывают небо. В таких ландшафтах при условии их длительного сохранения (десятки миллионов лет) формируются мощные коры выветривания с хорошо дифференцированным профилем.



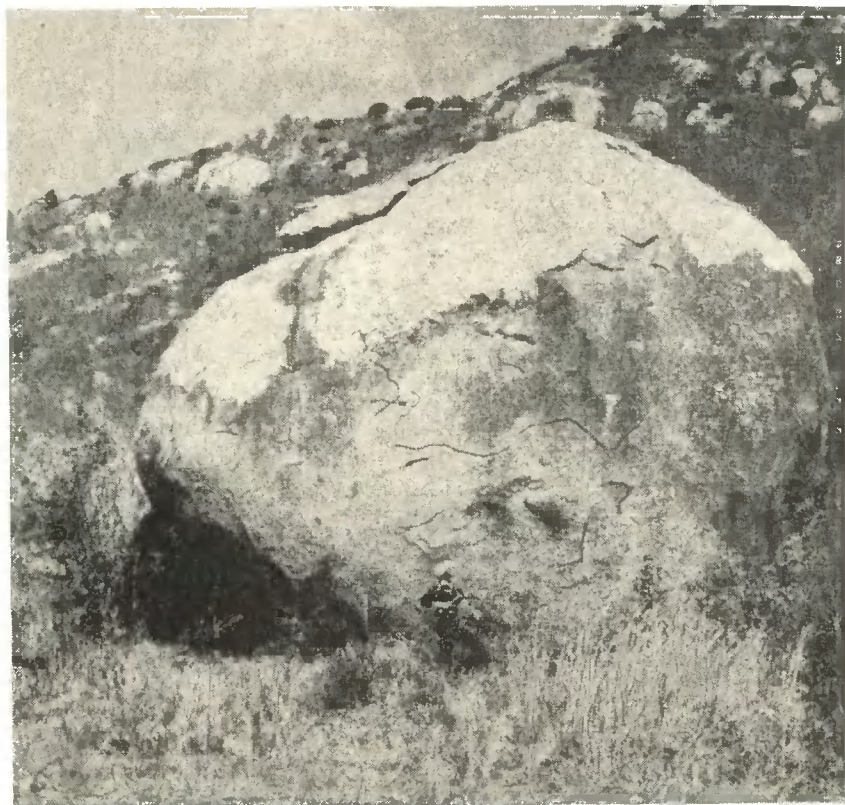
«Природа» № 4



На вклейке.

Вверху: Громада Килиманджаро нависает над окрестностями. Воздушные массы, несущие с пассатами влагу Индийского океана, задерживаются массивом. В то время как с севера засушливые ландшафты поднимаются высоко по склонам Килиманджаро, на склонах южной экспозиции муссонные леса спускаются почти до подгорного плато. В этих влажных лесах развиты почвы с мощным гумусовым горизонтом.

Внизу: Система разломов, разбивающих Восточно-Африканский свод, проявляется на поверхности в виде многочисленных водопадов, высотой до сотни и более метров (Кения).



Огромные каменные шары — типичные формы разрушения гранитов в аридных ландшафтах Южной Танганьики.

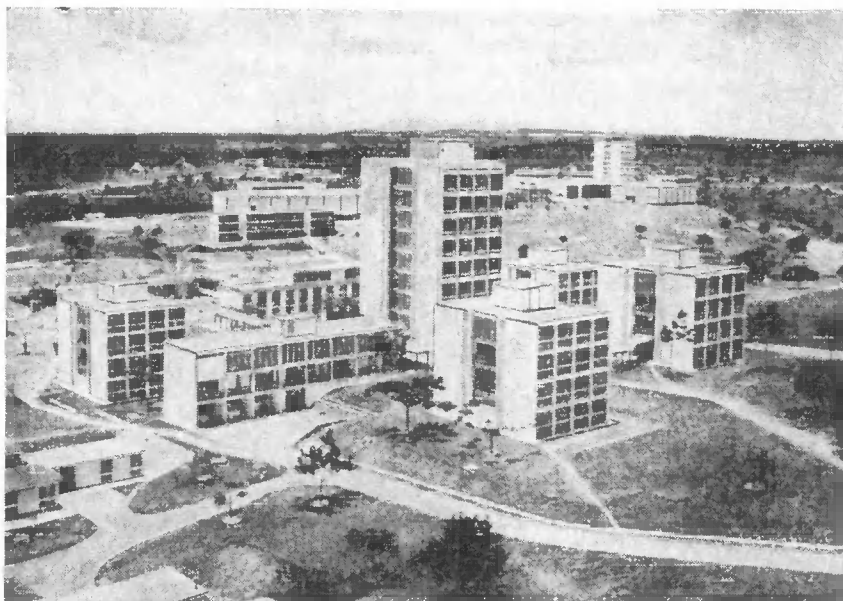
го склона Килиманджаро выпадает осадков около 600 мм в год, примерно столько же, сколько под Москвой. Но здешние почвы, насыщенные легкоподвижными химическими элементами, конечно, ничем не напоминают интенсивно выщелоченные почвы Подмосковья.

Главная цель экспедиции заключалась в обследовании высоких поясов Килиманджаро. Предварительно я тщательно ознакомился со всеми имеющимися картами — геологическими, топографическими, туристскими, чтобы наметить наиболее интересные и наименее трудные маршруты. С учетом неравномерного распределения осадков решено было провести два восхождения: по юго-восточному склону массива к вершине Мавензи и по северо-западному склону к вершине Шира.

Ранним утром наш маленький отряд выехал с базы. Мой ближайший помощник — коллектор Питер Синда, молодой кениец. Он заканчивает гео-

графический факультет Московского педагогического института им. В. И. Ленина и собирает материал к дипломной работе. Шофер Муса Абдалла, невысокий веселый танзаниец из Дар-эс-Садама, великолепный водитель.

«Лендровер» мчит по шоссе со скоростью более 60 миль в час. Слева темнеет громада Килиманджаро, в прозрачной дали вырисовывается туманная гряда гор Паре. Доезжаем до поселка Химо и сворачиваем на дорогу, ведущую к горному массиву через плантации сизаля. Короткий ствол этого растения напоминает огромный ананас, из которого высоко поднимается тонкий стебель. У небольшого населенного пункта Марангу кончается хорошая дорога. Здесь уже полоса горных лесов. В нижней части склонов леса вырублены и разбиты плантации кофе и бананов. Люди продвигаются все выше, настойчиво осваивая землю, выбирают камни, террасируют склоны.



Университетский городок Дар-эс-Салама.

Вскоре окультуренные участки остаются далеко внизу, и мы едем по неровной тропе среди леса. Тропа проходит по сухому руслу маленькой речки, одной из великого множества, сбегаящих с Килиманджаро. «Лендровер», подчиняясь воле Мусы, карабкается по камням, проваливается в выбоины. Дальше машине пробираться опасно, и взяв все необходимое, я и Питер двигаемся вверх по промоине пешком.

Вокруг — дождевой экваториальный лес. Огромные деревья, опутанные лианами, со свисающими, наподобие бород, эпифитами. Плотность зарослей такова, что если с размаху опрокинуться на них, то на землю не упадешь: задержит густое переплетение ветвей и лиан. Идти можно только по сухому руслу, а путь в сторону приходится прорубать. Проходит первый час подъема. Путь неровен и каменист, в оранжевой глине струи воды выбили глубокие ямы. Моросит мелкий дождик. Дышится очень тяжело. Лишь после четырехчасового подъема лес начинает светлеть. Еще сорок минут — и мы выходим на простор. Перед нами пышные высокогорные луга, с отдельными невысокими деревьями, похожими на тую, и глыбами базальта, по-

крытыми налипшими лишайниками. Поднимаемся к строению, которое на картах называется хижинкой Бисмарка (видимо, это отзвук тех далеких лет, когда Танганьика принадлежала кайзеровской Германии). Скалистая вершина Мавензи совсем близко. Внизу виднеются синеватые дождевые леса, далеко на западе — конуса потухших вулканов. Мы на высоте более 3000 м.

Роем шурф, измеряем мощность отдельных горизонтов, описываем строение почвенного профиля, отбираем образцы для последующих анализов. Картина такая, какую я ожидал увидеть. Почва очень похожа на наши горно-луговые. В них энергично мигрирует железо. Поэтому в нижней части профиля видим обильные новообразования гидроокислов железа.

Но уже третий час! Ведь такую же работу нужно проделать в поясе лесов. Собираемся и начинаем быстро спускаться. Через час мы уже у просеки, замеченной нами еще при подъеме. Входим под сень экваториального леса. Для меня было необычным, что под плотным лесом с подлеском развит густой травяной покров. Еще более неожиданным было обнаружить мощный темный гу-

мусовый горизонт. Цвет горизонта интенсивно черный, совсем как у русского чернозема! В чем тут дело?

Согласно распространенным представлениям, под дождевыми экваториальными лесами образуются кислые сильно выщелоченные почвы со светлым и маломощным верхним горизонтом, содержащим немного гумуса. На почвенной карте Танзании, составленной в 1967 г., здесь даже показаны подзолистые почвы. А в нашем шурфе темная часть почвы имеет мощность в полметра! Определяю реакцию почвы — не кислая, а нейтральная. Содержание гумуса большое, как показали последующие анализы — более 10%. В такой почве вряд ли можно ожидать энергичной миграции железа.

Я не верю своим глазам, и в некотором удалении от первого шурфа мы роем новый. Результат, конечно, тот же. Такие же почвы мы увидели двумя днями позже и в дождевых лесах на северо-западном склоне Килиманджаро во время маршрута на вершину Шира. Проведенные исследования показали, что в ландшафтах дождевых лесов Килиманджаро, где выпадает атмосферных осадков 1000—1500 мм в год, в биологический круговорот вовлекается железа в 10 раз меньше, чем кальция, и в 2 раза меньше, чем калия.

В дальнейшем я сталкивался с еще более удивительными геохимическими неожиданностями. Но к встрече с ними уже теперь я был «психологически» подготовлен результатами работ на Килиманджаро, где под влажным экваториальным лесом оказались мощные черные почвы, а в биологическом круговороте веществ преобладают щелочноземельные и щелочные металлы...

На экваторе темнеет часов в шесть, а наши часы показывают пять. Всего час нам остается для того, чтобы добраться до такой дороги, по которой можно ехать при свете фар. Почти бегом спускаемся к «лендроверу», у которого стоит уже начавший волноваться Муса. Еще за светом выезжаем на асфальт. Как бы прощаясь с нами, над облаками выступила величественная снежная вершина Кибо и простерлась над погружающейся в сумерки равниной.

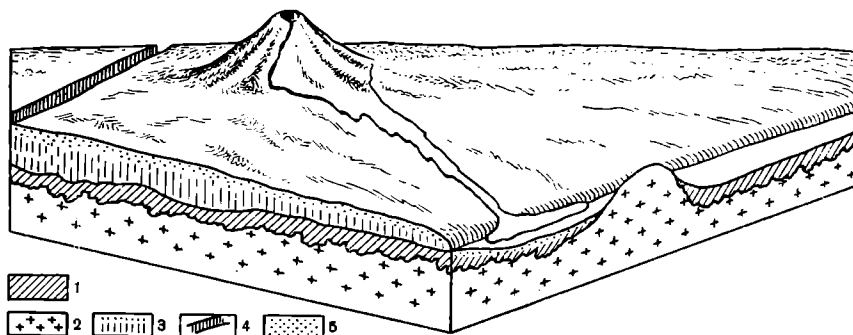
Следы исчезнувших ландшафтов

Разнообразные продукты выветривания в Африке — мощные толщи каолина, красноцветные глины, покрывающие огромные пространства — давно обратили на себя внимание исследователей. Строение африканской коры выветривания рассматривали как своеобразный эталон. При этом кору выветривания считали молодым образованием, соответствующим возрасту почвы и возникшим под влиянием современных условий. Предполагали, что в условиях современного тропического климата, если не за сотни, то за несколько тысяч лет может возникнуть мощная кора выветривания, состоящая из нескольких горизонтов.

Очень скоро я столкнулся с фактами, совершенно не согласующимися с этими, на первый взгляд, вполне логичными рассуждениями.

Каолинит возникает в результате интенсивного выветривания горных пород во влажных и теплых ландшафтах. В сухих районах этот минерал не образуется. Но как же объяснить тот факт, что в поясе дождевых лесов Килиманджаро и вулканических гор Кении, где выпадает атмосферных осадков около 1500 мм в год, отсутствуют каолиновые коры? Ведь они известны в таких местах, где атмосферных осадков в 2—3 раза меньше. Опять парадокс? Чтобы в нем разобраться, необходимо обследовать районы, где по имеющимся сведениям есть каолин. И первый объект — район озер Маньяра и Эяси на севере Танзании.

Едва брезжит рассвет, а мы уже выезжаем с базы. Теперь наш путь лежит на запад от Килиманджаро. Шоссе идет по равнине, сложенной потоками лавы и вулканическими выбросами. Поверхность покрыта злаковой растительностью, изредка видны небольшие группы и единичные деревья, главным образом акации. Это — масайская степь, названная так по одному из своеобразных племен, населяющих Восточную Африку (масай). А вот и представители этого племени: возле дороги стоят трое африканцев, завернутые в темно-красные накидки, с копьями в руках,



Коры выветривания Восточной Кении. Древняя кора выветривания с каолиновым горизонтом (1) развита на породах кристаллического основания Восточно-Африканского свода (2). Образование ее происходило на протяжении длительного отрезка времени (70—80 млн лет) в конце мезозоя — начале палеогена. Кора перекрыта мощными покровами базальтов и фонолитов (3), излияние которых началось в миоцене из разломов Восточного Рифта (4). На поверхности базальтовых покровов в конце миоцена — плиоцене формировались красноцветные продукты выветривания (5), которые перекрыты излияниями лав молодых вулканов. Лавы имеют плейстоценовый возраст, совершенно свежие на вид, не затронуты процессами выветривания.

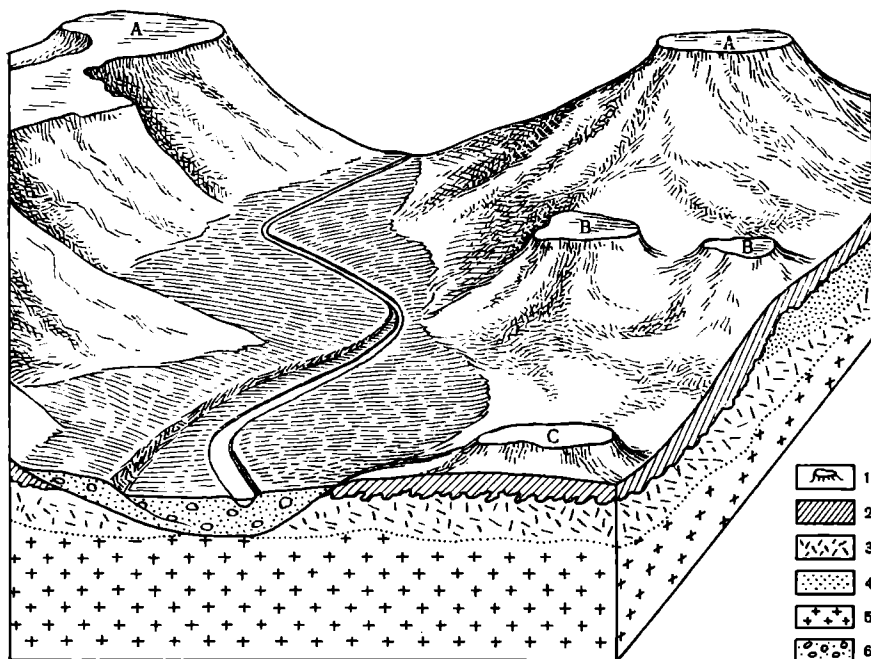
ХАРАКТЕРНЫЕ ГИПЕРГЕННЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ	ЭТАПЫ ГИПЕРГЕНЕЗА	
	Вернемезозойско-ниопалеогеновый ~70—80 млн. лет	Неоген-плейстоценовый ~26 млн. лет
Гидрохлориты Гидрослюда Каолинит Галлуазит Гидрогематит Гидрогетит Гидраргиллит Смешаннослойные минералы Железистые гидрослюда Аллофаноиды Псилометелан-вад Кальцит Сода Опал Гекторит Галит Магниево-соли	Переохлаждение продуктов выветривания в конце мела и в неогене	

Парагенетические ассоциации гипергенных новообразований Восточной Африки. Условия выветривания этой территории на протяжении геологической истории были неодинаковыми. Поэтому так резко отличаются комплексы гипергенных минералов разных этапов выветривания.

головы у них бритые. На шее бусы из бисера, мочки ушей растянuty, в ушах латунные кольца, на руках браслеты...

Сквозь утренний туман справа вырисовывается основание крупного вулканического конуса Меру. Появляются плантации кукурузы, бананов, кофе. Дорога идет то по аллее ба-

нанов, то по аллее деревьев, покрытых красными и желтыми цветами. Мы выезжаем в город Аруша — центр туризма и спортивной охоты Танзании. Здесь несколько отелей, администрация национальных парков, компании, обеспечивающие сафари, многочисленные магазины. Аруша также центр объединения стран Восточной



Расположение латеритных панцирей в рельефе Уганды и Северо-Западной Танзании. Остатки древних поверхностей выравнивания сохранились благодаря их бронированию монолитными плитами латеритных панцирей (1). Ровная поверхность железистого панциря намечает уровень столня древних почвенно-грунтовых вод на низменных заболоченных равнинах. Железо, энергично выносимое из почвы и коры выветривания возвышенных участков, концентрировалось в грунтовых вобат в виде гидроокиси в зоне колебания уровня этих вод. Так постепенно формировались мощные железистые горизонты. Пульсационные вертикальные движения земной коры вызывали подъем местности и энергичную эрозию, которая заканчивалась образованием новой ровной поверхности с близким уровнем почвенных вод. Серия ступеней — уровней латеритных панцирей — свидетельствует о неоднократном прерывистом подъеме Восточно-Африканского свода (А — панцири верхнего, В — среднего, С — нижнего уровней). Латеритные панцири, так же как и красноцветные покровные отложения (2), перекрывают сильно эродированную верхнемезозойскую кору выветривания (3), развитую на докембрийских породах кристаллического основания (5). От этой коры лишь местами сохранился верхний каолиновый горизонт (4). 6 — аллювиальные отложения и речные террасы.

Африки. Здание, где размещается администрация объединения, небольшое, да и президент пока не выбран, но начало объединению положено.

Но вот Аруша позади. Мы едем по превосходному шоссе, которое носит название Великой Северной Дороги. Оно связывает отдаленные юго-западные районы Восточной Африки со столицей Кении Найроби. Слева и справа — вулканические конусы. Кажется, что эту картину я уже где-то видел. На мгновение теряю чувство реальности, и кажется, что я в донецкой степи, а темнеющие на горизонте вулканические конусы

представляются терриконами угольных шахт. Но вид страусов у дороги возвращает к действительности.

Вскоре вулканы исчезают, и перед нами открывается обширная равнина, понижающаяся к оз. Маньяра. На ней появляются баобабы, которые производят странное впечатление: такое могучее дерево и совершенно без листьев. На одном баобабе сидят несколько грифов. Наверное, рядом свежий труп какого-нибудь животного, и грифы готовы выполнить свои санитарные функции. Вдали видна полоска озера, за которым слабо синее почти отвесный обрыв.

Мы сворачиваем с шоссе, по тропе для скота проезжаем несколько миль к озеру и заезжаем на маленькую полянку в густых зарослях низкорослых колючих акаций. Здесь будет наш лагерь, здесь нам предстоит прожить несколько дней.

Для Африканского материка характерны более или менее ровные поверхности, занимающие огромное пространство. Одна из них, особенно широко распространенная к югу от Сахары, получила название «африканской», или главного пенеплена. Она выработана в результате длительной денудации несколько миллионов лет назад. Эта поверхность в пределах Восточной Африки приподнята в виде колоссального пологого свода. В процессе формирования он был рассечен системой глубоких разломов. С этим связано возникновение знаменитых водопадов Африки. Но самое замечательное — это образование уникальной геологической структуры рифта Вэлли, вытянутой к югу от оз. Рудольф на полторы тысячи км.

Рифт Вэлли, или Грегори, или Восточно-Африканский рифт, представляет собой тектоническую долину, ограниченную крутыми эскарпами (уступами). В районе своего южного окончания рифтовая долина расщепляется на несколько отдельных грабенов. Глубокие разломы грабенов озер Маньяра и Эяси ограничивают блок Мбулу, сохранивший древнюю поверхность.

Когда-то по линии обрыва произошло смещение больших участков земной поверхности на несколько тысяч метров. Опушенный участок заполнен озером. Крутой склон эскарпа рассечен множеством ущелий, по которым сбегает горные ручейки и речки. У подножия склона сыро, жарко, душно. По крутому серпантину «лендровер» поднимается вверх по эскарпу. Дорога вырублена в скалах. Но эти скалы не такие уж прочные. На протяжении тысячелетий под действием пышной лесной растительности, интенсивного почвообразования, фильтрующихся вод горные породы потеряли свою монолитность. Массивные гнейсы и кристаллические сланцы под действием процессов выветривания рассыпаются в

песок, который покрывает дорогу, затрудняет движение.

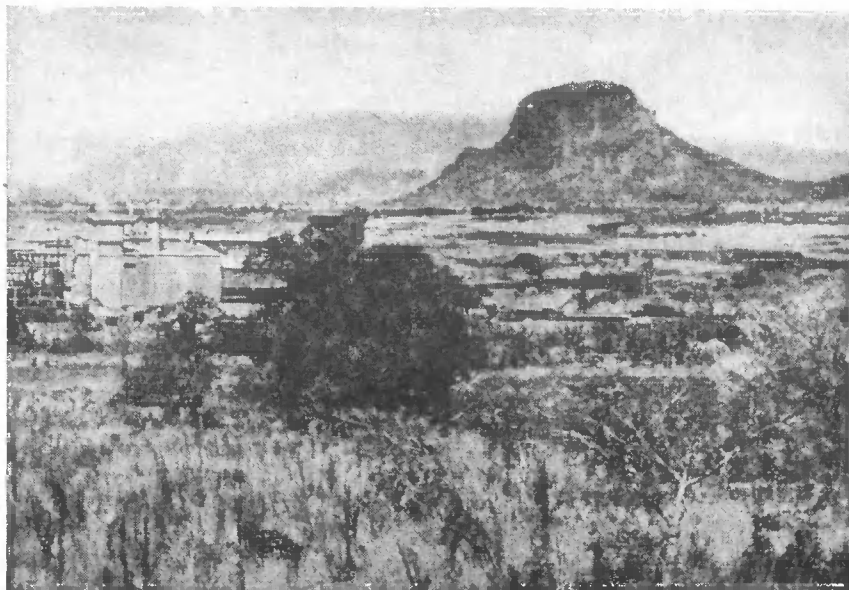
Останавливаем машину на плато, подходим к обрыву. Внизу в легком мареве растилается гладь оз. Маньяра, вдали у его восточного берега тянется густой черный дым — это горит саванна. Впереди холмистая местность напоминает рельеф Центрального Казахстана. В придорожных выемках, в обрывах на склонах сопки под красными покровными глинами обнажаются ярко-белые горизонты каолина.

Постепенно из отдельных наблюдений вырисовывается общая картина. Каолиновая кора — не современное образование, а реликт давно исчезнувших ландшафтов. Она, вероятно, формировалась в конце мезозоя, потом была частично размита и перекрыта красными глинами. Теперь стало понятно, почему ни на высоких горных вулканических плато Кении, ни на Килиманджаро мы не встречали каолиновых кор: эти породы слишком молоды, они образовались значительно позже того, как исчезли ландшафты верхнего мезозоя и закончилось образованием кор с мощным горизонтом каолина.

Позже в горах Южной Танганьики, на высоких плато Уганды, в Центральной Кении я встречал эту каолиновую кору — следы ландшафтов далекого геологического прошлого, запечатленные в камне. Потоки лавы, неудержимо изливавшиеся из разломов формирующегося рифта, перекрыв древнюю кору выветривания, сохранили ее от размыва. А буровые скважины в Западной Кении под мощным покровом лавы вскрыли эту кору.

Итак, парадоксальность размещения каолиновой коры выветривания оказалась мнимой. Эта кора — древняя, и условия ее образования не могут совпадать с современными географическими условиями. Теперь ясен логический дефект взгляда на кору выветривания Африки как на чисто современное образование: игнорирование важнейшего фактора — времени.

Территория Восточной Африки претерпела длительную историю континентального развития. Отдельные районы около полутора миллиардов



Вулканический массив Тороро-хилл (Уганда), сложенный карбонатами.

лет подвергались выветриванию. Условия выветривания, длительность отдельных этапов не были постоянными. Древние ландшафты исчезали, но оставляли после себя следы в виде различных кор выветривания. Нам удалось выделить несколько этапов выветривания, каждому из которых соответствуют свои продукты выветривания, отличающиеся внешним видом, строением и составом.

Установление разного возраста коры выветривания в Африке имеет не только теоретическое, но и важное практическое значение для поисков месторождений руд. В этой связи для меня весьма поучительным было посещение медно-кобальтового рудника Килембе. Он эксплуатирует крупнейшее в Восточной Африке месторождение, по своему геологическому строению и составу руд очень напоминающее известные месторождения Катанги. Рудник принадлежит канадской компании, пользуется большой автономией, имеет 5000 рабочих, железную дорогу для вывоза продукции, свою внутреннюю полицию. Благодаря любезности главного геолога мистера Бёрда я получил возможность подробно ознакомиться с этим месторождением. Югославский геолог С. Петрович, работающий на руднике по трехлетнему

контракту, спустился со мной в шахту и показал все горные выработки.

Месторождение находится в нижней части восточного склона гор Рувензори. Линзообразные рудные тела приурочены к тектоническим нарушениям в своде антиклинальной складки докембрийских кристаллических сланцев. Руды представлены сульфидами (пиритом, халькопиритом, борнитом), которые исключительно легко поддаются выветриванию. Расположено месторождение буквально в нескольких милях от экватора, количество осадков здесь около 1500 мм в год. Несмотря на столь благоприятные условия для выветривания зона окисления выражена очень слабо. Лишь на восточном участке месторождения имеются небольшие скопления гипергенных минералов (малахита, азурита, сульфатов и окислов меди и железа). В то же время на аналогичных месторождениях Катанги залегает мощная, хорошо проработанная кора выветривания, по которой эти месторождения и были обнаружены.

Такое сильное отличие степени выветренности месторождений Катанги и Уганды объясняется разным возрастом их коры выветривания. Месторождения Катанги приурочены к древним поверхностям выравнивания,

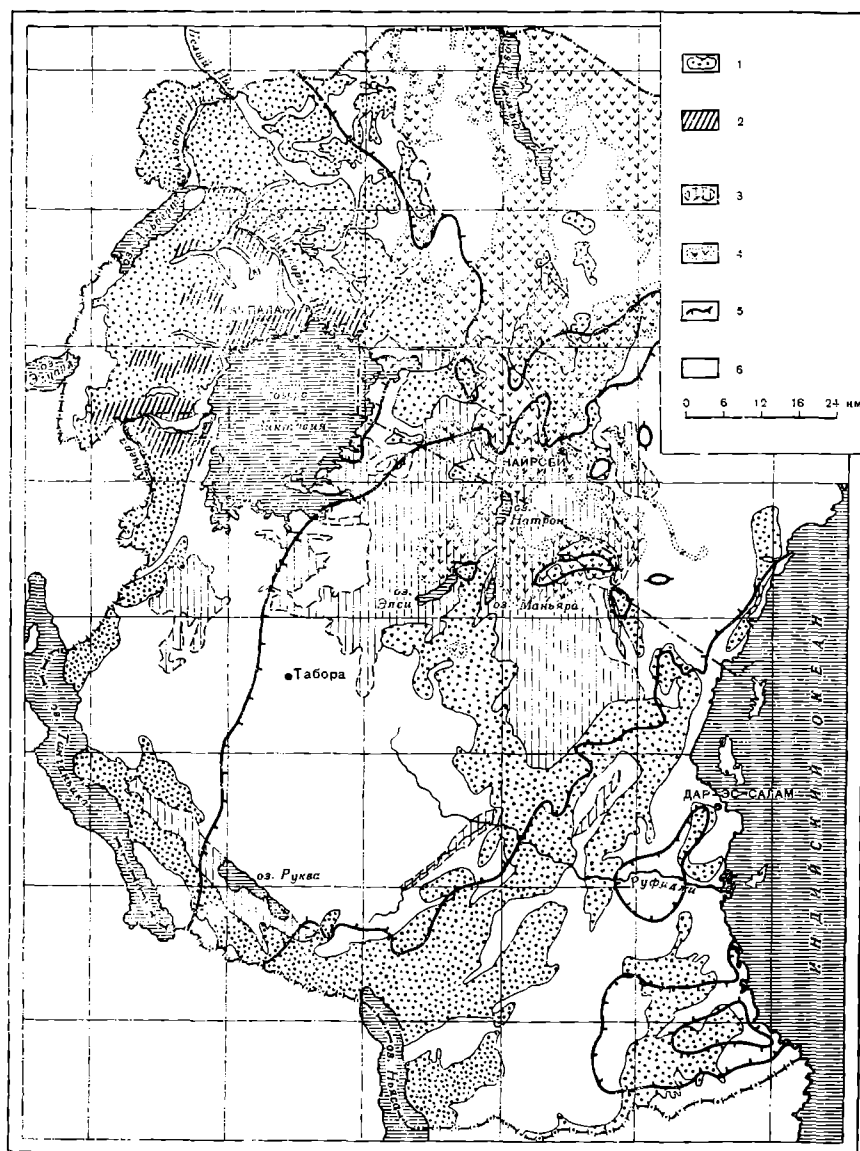


Схема распределения кайнозойских гипергенных образований на территории Восточной Африки. Площади распространения красноцветных покровных образований (1), латеритных панцирей (2), карбонатных кор (3). Особо выделены вулканические породы кайнозоя (4). На остальной территории (6) коренные породы представлены кристаллическими толщами докембрия. На карте видно, как породы красноцветной толщи охватывают кольцом центральную часть Восточно-Африканского свода. Это обусловлено поднятиями отдельных блоков вдоль разломов и вследствие этого — дифференциацией климатических условий. Центральная часть свода постепенно превратилась в гигантскую аридную область, где возникали и испарялись обширные мелкие озера и формировались карбонатные коры. Изолиния (5) 760 мм атмосферных осадков в год дает представление о современном увлажнении (штрихи направлены в сторону уменьшения осадков).

формированию которых предшествовал длительный (в несколько десятков миллионов лет) этап выветривания. Поэтому здесь образовалась хорошо проработанная кора выветривания с зоной окисления и вторичного обогащения. Часто хорошо выражена «железная шляпа». Гипергенные минералы разнообразны и обильны.

Рувензори, в отличие от плато Канганги, очень молодое тектоническое образование. Участок месторождения Килембе сравнительно недавно подвергается процессам выветривания. Даже на экваторе процессы совершаются медленно: залегающие сверху горные породы еще не проработаны, и сульфидные руды почти не затронуты выветриванием.

При поисках месторождений руд необходимо строго учитывать тип коры выветривания. В области развития древних кор выветривания следует обращать пристальное внимание на образования типа «железных шляп». На территориях с молодыми продуктами выветривания необходимо использовать другие поисковые признаки.

Что же такое латериты?

Последние дни вместе с проф. Е. Е. Милановским мы обследовали бассейн р. Кагеры, которую не без основания считают истинным истоком Нила. Вечерело. Мой спутник указал на силуэты усеченных плосковершинных возвышенностей, они четко выделялись в лучах заходящего солнца. Мы оба вспомнили такие же поверхности, неизменно сопровождавшие долину Кагеры в ее нижнем течении. Идеально плоские поверхности невысоких гор и холмов, столь характерные для рельефа Уганды, не случайно уцелели от эрозии: они покрыты мощной железной броней. Это — латеритные панцири.

Трудно найти другой термин, который употребляют в таком разном смысле, как латерит. Появился этот термин в самом начале прошлого века. С тех пор было опубликовано большое число работ, посвященных изучению этого образования, и все-таки, спустя 150 лет в центральном

международном геохимическом журнале «*Geochimica et cosmochimica acta*» появилась статья, которая называлась «Что такое латерит?» Многие специалисты, не работавшие в Африке, полагают, что латеритный панцирь — самый верхний горизонт мощной коры выветривания, обогащенный окислами алюминия и железа. Полученные нами данные позволяют утверждать, что это мнение не соответствует действительности.

Между тем латеритные панцири не редкость. Они характерный элемент экваториальных и тропических ландшафтов Африки и встречаются во многих местах Кении, Танзании и особенно Уганды. Латериты представляют собой темно-бурую плотную пористую массу, имеющую шлаковидное, ячеистое или конкреционное строение. Мощность панцирей от 1—2 дм до нескольких метров. Весьма характерно положение латеритных панцирей в рельефе: они всегда приурочены к ровным участкам или к очень пологим склонам.

Латериты имеют сложный состав. Они состоят из обломков местных горных пород и древних продуктов выветривания, которые сцементированы гипергенными минералами железа, главным образом гидрогематитом и гидрогетитом. Благодаря значительному содержанию железа латериты использовались местным населением для кустарной выплавки этого металла. Особенно высокое содержание окиси железа (до 55—60%) характерно для панцирей северного побережья оз. Виктория. Поэтому именно в этом районе задолго до проникновения европейцев возникли первые центры плавки железа. В области Кыягве кое-где еще и теперь можно обнаружить остатки плавильных устройств и шлак.

Обычно латериты связывают с накоплением окислов алюминия и рассматривают их в качестве алюминиевой руды. Результаты наших исследований показали, что латериты Восточной Африки практически лишены свободных окислов алюминия и не могут относиться к бокситам. Парадокс? Нет, факт!

При изучении строения латеритов обнаружено широкое распространение оолитовых, колломорфных и дру-

гих текстур, указывающих на гидрогенное происхождение. Особенно интересно обнаружение трубчатых конкреций — роренштейнов. Такие железистые новообразования возникают в условиях колебания высокого уровня грунтовых вод. Мы предполагаем, что железо, входящее в состав латеритных панцирей, сносилось с водораздельных пространств с почвенными водами в обширные заболоченные низины. Вблизи колеблющегося уровня грунтовых вод происходило осаждение окиси железа. Таким образом, латеритные панцири фиксируют древние уровни грунтовых вод. Этим объясняется удивительно ровная поверхность панцирей и постепенное уменьшение окиси железа книзу. В результате последующего поднятия поверхности железистые аккумуляции теряли связь с грунтовыми водами и, высыхая, приобретали значительную прочность. Серия поверхностей, покрытых латеритной броней, свидетельствует о неоднократном прерывистом поднятии территории.

Мы уже отмечали, что латериты Восточной Африки состоят из минералов железа. Но минералогический состав латеритных панцирей в разных районах Африки неодинаков. В составе панцирей Гвинеи и некоторых других стран Западной Африки преобладают минералы группы окислов алюминия. В этих местах панцири с успехом разрабатываются как бокситы. А в Южной Родезии и в Гане известны панцири, состоящие в основном из гидроокислов марганца.

Образование латеритов приурочено к определенному отрезку геологического времени и происходило значительно позже образования каолиновой коры выветривания. Об этом свидетельствуют неоднократные случаи залегания панцирей на эродированной поверхности древней коры. На основании изучения условий залегания панцирей и состава содержащихся в них обломков мы думаем, что наиболее широко латеритообразование совершалось в период с конца миоцена до начала плейстоцена. К концу этого времени вдоль восточной окраины Восточно-Африканского свода начали подниматься отдельные блоки кристаллического

основания. Сейчас они образуют почти непрерывную полосу глыбовых гор, протянувшихся от оз. Ньяса до северных границ Танзании. Здесь они сливаются с огромными вулканическими конусами и плато. Так создавался мощный горный барьер, затруднивший доступ атмосферной влаги, приносимой с Индийского океана. В обстановке нарастающей аридности железо утратило свою геохимическую подвижность, и образование латеритных панцирей во многих районах начало прекращаться. Определяющее значение приобрела миграция кальция. В условиях близкого положения грунтовых вод началось накопление карбонатов, из которых потом возникли панцири совсем иного состава — кальцитовые.

✱

Экспедиционные работы закончены. На международный аэропорт в Энтеббе приземлился лайнер «Аэрофлота» ИЛ-18. Огромный самолет заполнен африканской молодежью, направляющейся учиться в институты Советского Союза.

В багажном отделении лежат вещественные результаты нашей работы — карты, полевые записи, уникальные образцы экваториальных почв и кор выветривания. Вместе с ними мы увозим на Родину яркие впечатления от экспедиционной жизни, путешествий по воздуху, воде и земле Восточной Африки, от посещения научных центров и общения с местным населением глухих уголков.

УДК 550.40

Если бы не пауки...

Г. Гаудекер

ФРГ

Что-то зеленое и круглое метнулось под ежевичный куст, росший на самой опушке леса, и исчезло там. Оса нацелилась поймать это «что-то» и отнести на завтрак своим вечно голодным личинкам, которые ждали ее в серой бумажной крепости на краю поляны. Оса спикировала к земле и была уже совсем близко от веточки ежевики, как неожиданно натолкнулась на невидимое препятствие, которое сначала спружинило под тяжестью ее тела, а затем обволокло ее прочными нитяными сетями. Клейкие нити опутали и стянули крылья осы, не давая ей взлететь. Оса жужжала, изо всех сил пытаясь высвободиться. Но из сетей паука-крестовика вырваться не так-то просто. К месту происшествия уже спешит паучиха — владелица ловчего сооружения. Проворно передвигается она на своих восьми ногах-ходулях. По вибрации нитей она чувствует, в каком именно месте бьется жертва. Со зрением у пауков, несмотря на наличие восьми глаз, дело обстоит неважно (они различают только контуры и движения окружающих предметов), однако особо чувствительные клетки на концах ног дают им полную информацию о направлении, в котором бьется добыча, и о ее величине.

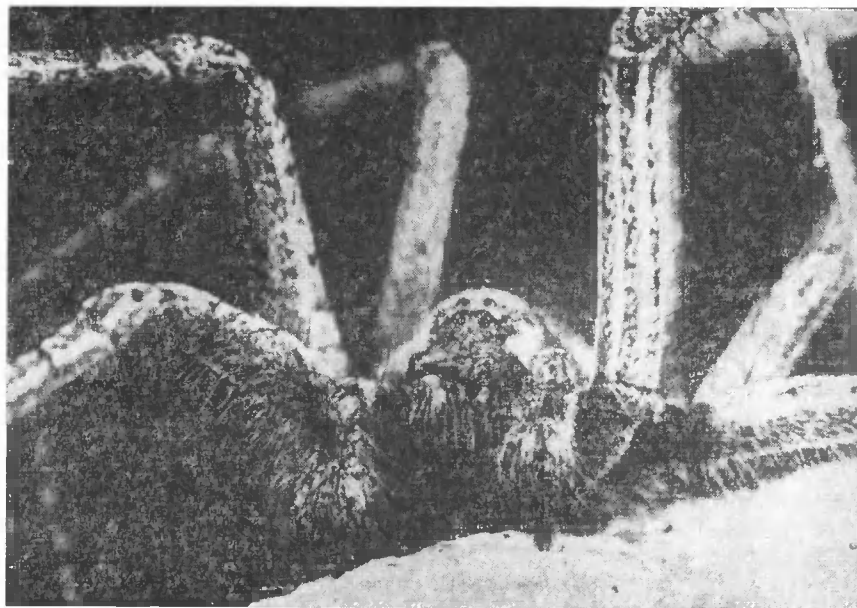
При виде жертвы у паучихи форменным образом «текут слюнки»: во рту у нее начинает скапливаться едкий пищеварительный сок, который во время укуса впрыскивается жертве и способствует растворению тканей¹. Это значительно облегчает

пауку процесс высасывания добычи.

Приблизившись к своей жертве, хищница остановилась в некотором раздумье, не решаясь вонзить в нее свои хелицеры. Уж очень сильно билась и жужжала оса, грозя порвать и разрушить хитроумное ловчее сооружение. Черно-желтые полосы пленницы, безотказно отпугивающие любое другое насекомое, на паучиху не производили никакого впечатления (она их даже не может различить), зато резкие толчки она чувствовала прекрасно и поняла, что ее западне грозит серьезная опасность: оса в бешенстве могла разо-

рвать всю сеть в клочья. Несмотря на голод, паучиха решила, что лучше отпустить жертву, но спасти свое сооружение. Она быстро в нескольких местах перекусила нити, и вот уже оса, освободившись от пут, поднимается в воздух и, грозно гудя, улетает прочь.

В ловчей сети образовалась небольшая дыра, но паучиха и не думает ее чинить. Она отползает в свою засаду и ждет новую жертву. Своими шестью передними ногами она ухватилась за стебелек, а в двух задних, покрытых щетинками, цепко держит сигнальную нить своего со-



Несмотря на наличие восьми глаз, зрение у пауков неважное — они различают только контуры и движения окружающих предметов.

¹ Этот пищеварительный сок вырабатывается железястыми придатками желудка и печенью.

оружия. Колебания этой нити паучиха умеет читать словно азбуку Морзе.

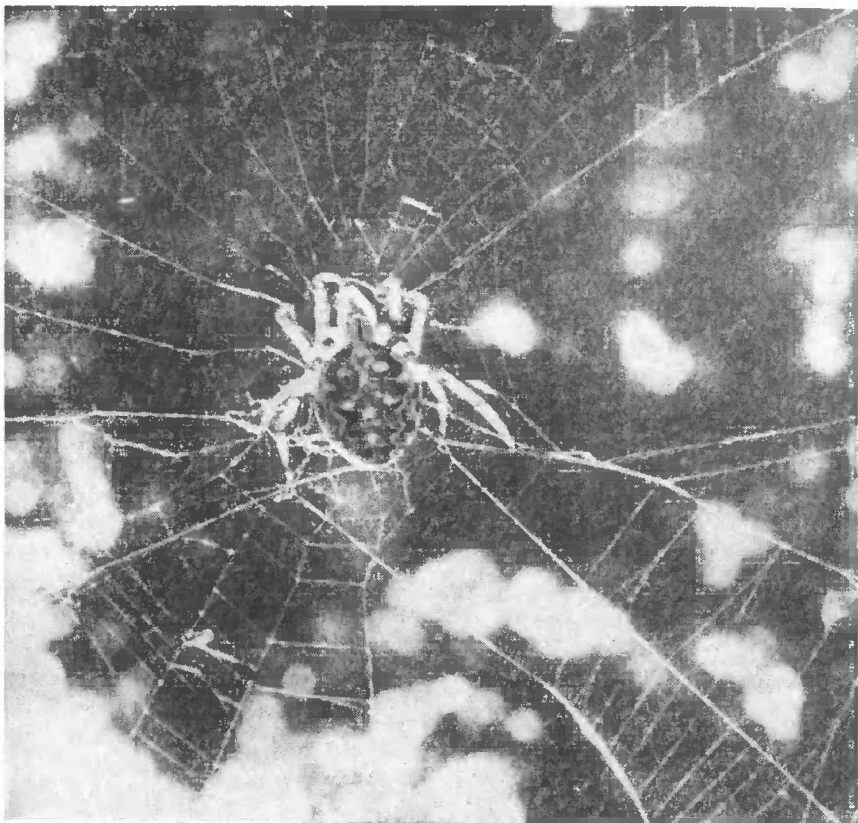
Под слабыми лучами вечернего солнца на спине паучихи то вспыхивал, то гас узор в форме рыцарского креста. Но под рыцарской эмблемой билось истинно разбойничье сердце. Сейчас это сердце забилося особенно учащенно: «телеграф» сообщал, что снова попалась добыча. На этот раз, правда, незавидная, но все же добыча.

Паучиха приблизилась к худосочной мушке. С этой не приходилось соблюдать осторожности, как со скандальной осой. Достаточно двух молниеносных ударов верхней челюсти, и яд уже парализовал запутанную в клейкие нити жертву. Затем паучиха начала извергать из паутинных бородавок шелковые нити, которыми спеленала муху, ловко вертя ее ногами вокруг оси. Затем она перекусила ловчие нити и поволокла эту мумию, точно сетку с продуктами, в засаду. Там, в укромном месте, она намеревалась спрятать добычу про запас, но потом, как видно, передумала. Еще раз прокусив жертву, она впрыснула в нее пищеварительный сок, который быстро растворил ткани мухи. Затем паучиха жадно высосала содержимое.

К сожалению, пищи оказалось мало. Желудок паука трудно набить до отказа: он способен неимоверно растягиваться, свободно вмещая более дюжины мух! Правда, эти же обжоры одновременно являющиеся рекордсменами по голодовке: многие из них способны поститься свыше полутора лет и при этом оставаться живыми!

Но вернемся к нашей ловчей сети. За ночь в нее влетел кузнечик, но так энергично высвободился, что восьминогая хищница не успела подбежать и парализовать его. Искусная ловчая сеть повисла лохмотьями — кузнечик все порвал. В огромную дыру еще пролетела нагруженная пылью и потому неловкая пчела, но и та не задела за клейкие нити. Придется строить новую сеть: починкой старых сетей пауки не занимаются. Обычно новая сеть строится через каждые два дня.

Уже ранним утром паучиха при-



Пока солнце не осветит паутину, паук сидит в самом ее центре, выжидая добычу, с появлением солнца он отползет в свое укрытие.

Фото А. Семенова

нялась за строительство. Уходить в другое место с опушки не было смысла: участок оказался добычливым. Поэтому она залезла на самую верхушку молоденькой елочки, отстоящей от прежнего куста не больше чем на метр. Пятясь задом, она выползла на самый кончик ветки, приподняла вверх заднюю часть своего тела и начала пряхть, как правая ткачиха. Сперва она широко раздвинула свои паутинные бородавки и спряла широкую кисточку, которую на длинной нити наугад выстрелила в зияющую пропасть под собой. Метровая нить, медленно раскачиваясь, повисла над пропастью. А ткачиха замерла и стала ждать. Дальше все дело в удаче: если ветер подхватит нитку и забросит ее на какой-то соседний предмет, паучиха быстро переберется по ней, закрепит ее там покрепче и начнет

проворно пряхть свое сооружение. Самое важное — закрепить первую нить.

Но на этот раз паучиху постигла неудача. Ветра не было и парус спланировал вниз, где и опустился на мох, повиснув безжизненным лоскутом. Однако неудача не смутила паучиху. Она проворно смотала нить и... съела ее. Затем перебралась на другую веточку и выпустила новый «парус» на еще более длинной нити.

На этот раз ветерок подхватил нить и забросил ее на соседнюю елку. Итак, мост через пропасть был готов, следовательно, самая трудная и ответственная часть работы позади. Паучиха бесстрашно взбирается на тонкий качающийся канат собственного производства, доползает примерно до середины, здесь выпускает новую нить и спускается на-

ней к земле, где закрепляет конец. Первые «спицы колеса» готовы. Надо побыстрее закончить рамку, затем провести другие спицы и соединить их между собой временной вспомогательной спиралью. Всю эту заранее известную конструкцию паучиха повторяет с педантичной точностью.

Затем она останавливается передохнуть. Может быть, она в этот момент переключает свой организм на изготовление другого строительного материала? Как это делается, пока еще никому не удалось выяснить. А пауки, как известно, немы и секретов своих не выдают...

Тем не менее, нам уже известно, что паук способен изготавливать 5 различных по сорту шелковых нитей (разной толщины), да еще к тому же продуцировать клейкое вещество для смазывания ловчей спирали. До 600 каналов в теле паука ведут к особой железе, которая занимается изготовлением шелковой нити и регулирует ее толщину. Эта внутренняя «ткацкая мастерская» может выпускать и тончайшие, едва видимые простым глазом, нити и «широкие», в несколько нитей, ленты. Паутина благодаря своей эластичности считается одним из наиболее прочных материалов, существующих на Земле. Однако сама по себе паутиная «пряжа» не в состоянии удержать попавшую в нее жертву. Поэтому ловчие нити непременно должны быть смазаны клейким веществом. Паучиха при постройке своей паутины никогда не пропустит нужного момента: когда рамка закончена и надо начинать натягивать внутри нее ловчую спираль. Эта спираль строится из нитей другого сорта, обильно смазанных специальными клейкими выделениями особых желез.

Но как паук ухитряется распределять эту клейкую жидкость равномерными капельками, нанизанными одна за другой, словно бусы на нитке, удалось выяснить только совсем недавно, путем тщательных наблюдений за жизнедеятельностью этих животных.

Оказывается, паук проделывает это следующим образом. Смазанную клейким веществом нить он натягивает зубцом на одной из



Паук затаился в своей засаде.

Фото А. Семенова

своих задних ног и затем резко отпускает. Тогда жидкость сразу же распределяется ровными каплями. (Такого же эффекта можно достичь, смазав струну виолончели каким-нибудь сиропом и дергая за нее пальцем. Жидкость тотчас же распределится ровными каплями, висящими на определенном расстоянии друг от друга.)

Когда ловчая спираль закончена, вспомогательная спираль выкусывается по частям. Она становится лишней, как строительные леса после завершения строительства дома. Чтобы самой не приклеиваться к липким нитям и таким образом не попасть в собственную ловушку, паук-крестовик смазывает свои ноги слоем маслянистого вещества.

Восходящее солнце осветило уже полностью готовую паутину. При этом клейкие ловчие нити засверкали всеми своими бусинами, а несмазанные части оставались почти

невидимыми. Сама хозяйка со своим рыцарским крестом на спине уселась выжидать жертву в самом центре паутины. Но когда солнце поднялось выше и его прямые лучи стали попадать на паучиху, выдавая ее присутствие, она перебралась в свой закуток под самодельной, ею же сплетенной крышей, где она становилась невидимой для своих жертв. «Телефонный провод», соединяющий ее с сетью, она держит крепко и зорко следит. Кто же попадется первым в новую сеть? Муха, комар, шмель, овод или кобылка? А то и зазевавшийся жук? Все согонится в хозяйство.

Но что это? Паук-самец, маленький и боязливый, крадется вокруг сети. Он ищет знакомства с паучихой. Но как сообщить о своих намерениях «даме», которая почти глуха, плохо видит, почти не воспринимает запахов? Которая к тому же так прожорлива, что как только почувст-

вует толчки и качание сети, сейчас же начинает вырабатывать свой желудочный секрет, которым способна превратить любую жертву в текучее вещество, чтобы затем высосать?

Робкий претендент отнюдь не намерен вызвать аппетит у своей дамы сердца, а только любовь... Поэтому он прикрепляет к краю ее ловчего аппарата свою нить и робко дергает за нее, как может дергать только скромный обожатель, а никак не бьющееся в смертельном испуге насекомое.

Огромная, по сравнению с маленьким тощим самцом, паучиха, уловив необычные сигналы, тотчас же уяснила себе их смысл. Во всяком случае, выработка желудочного сока приостановилась, и она двинулась навстречу своему «вдыхателю» по шаткому мостику любви. Однако сразу же после спаривания она пожирает ньюбрак: он больше не «нужен».

На Земле существует около 20 тыс. разных видов пауков. Однако из-за их склонности к каннибализму их невозможно содержать вместе и заставлять прясть для нас шелк, как это делают с шелкопрядами. К тому же наши крестовики способны производить лишь весьма ограниченное количество ценных нитей, пряжа из которых по плотности уступает шелку, изготавливаемому из нитей шелковичных червей, однако превосходит его по своей эластичности.

А вот на Мадагаскаре водятся пауки, способные к массовому производству пряжи. Своими тонкими ногами они плетут двухметровые сети из нежнейшей нити, побившей рекорд тонкости: в поперечнике она составляет лишь $7/1000$ мм. Если положить рядом 143 таких нитей, это составит всего 1 мм. При длине в 40 тыс км (что соответствует длине экватора) такая нить весила бы всего 2 кг.

Для проверки возможности производственной эксплуатации этих неутомимых «фабрикантов шелка» был проделан следующий опыт. Отловили 25 пауков и заперли в большой деревянной раме. Там они висели, беззащитные, как узники, каждый в своей маленькой камере, которую он вокруг себя сплел. Их

паутинные бородавки через определенные промежутки времени специально искусственно раздражали, пока не начинала выделяться нить. Все 25 нитей заточенных в неволе пауков соединяли вместе и наматывали на одну общую катушку до тех пор, пока запас не иссякал. Обычно такой запас составлял около 300 м. Затем пауков отпускали на короткое время с тем, чтобы они могли наловить себе мух (добыча мух оказалась бы делом слишком затруднительным для их «работодателей»). Затем пауков вновь отлавливали, запирали и продолжали «доить». Таким образом, постепенно удалось намотать нить, длиной в 3 км.

Однако промышленное использование паучьего шелка оказалось бы трудно осуществимым — слишком трудоемким и дорогостоящим. Где набрать мух для целой армии пауков? Кто может взять на себя обслуживание такого множества «постояльцев одиночных камер»?

Словом, подобные попытки предпринимались не раз, но были обречены на провал. Время от времени,

правда, в отдельных провинциях Китая появлялась пряжа из паутины, а во Французскую Академию наук были представлены перчатки и чулки из паутины, однако все это было и остается редкостью, предназначенной скорее для кунсткамеры, чем для широкого потребления. Так что придется нашим женщинам и дальше довольствоваться нейлоном и драгоном и отказаться от мысли наряжаться в платья из паутинного шелка...

А польза от пауков совсем в другом. Пауки — это наши верные помощники в борьбе за урожай. В биологическом методе борьбы с вредителями полей, садов и даже пищевых складов они играют далеко не последнюю роль. Они без особой шумихи уничтожают огромное множество вредителей, покушающихся сожрать наш урожай. Поэтому безо всякого преувеличения можно сказать: люди давно бы умерли с голоду, если бы не пауки...

Перевод с немецкого
Е. А. Геевской

По поводу статьи Г. Гаудекера «Если бы не пауки...»

С. А. Безр
Кандидат биологических наук
Москва

Академик В. И. Вернадский в книге «Биосфера» писал: «членистоногие насекомые, клещи и пауки — составляют главную массу живого животного вещества суши».

В настоящее время на земном шаре известно свыше 25 тыс. видов пауков. За исключением Антарктиды, пауки распространены на всех континентах. Их много и в тропиках, и на Крайнем Севере. Они обитают

в самых разнообразных условиях: в лесу, в садах, в поле, в жилищах человека и даже под водой. Все пауки активно ядовитые животные и все они хищники.

Благодаря своей огромной численности, широкому распространению, встречаемости в самых разнообразных условиях, хищному образу жизни, ядовитости, деятельность пауков не может быть безразлична

человеку. Но если пауки не безразличны человеку, то чего же от них больше: пользы, или вреда?

Поскольку пауки ядовиты и степень ядовитости их различна, они способны в какой-то мере своими укусами причинять вред. Правда, видов пауков, могущих вызвать смерть своими укусами, очень мало. В нашей стране, например, лишь укус кара-курта может оказаться смертельным.

Казуистическими можно считать сообщения об уничтожении пчел на цветах в районах пасек некоторыми пауками-бокоходами в годы их массового размножения. Этим, собственно, и ограничивается вред, приносимый пауками. Если указанными немногочисленными фактами пренебречь, то, в целом, пауки оказываются чрезвычайно полезными человеку.

В чем же проявляется эта польза? Начать разговор об этом я вынужден с мысли, которой Г. Гаудекер заканчивает свой рассказ: основная польза пауков заключается в уничтожении ими огромного количества вредных насекомых, и если последняя фраза статьи Г. Гаудекера звучит как явная гипербола, то все же можно смело заявить, что пауки выступают в природе как мощный биорегулятор численности насекомых, среди которых большой процент занимают вредители.

Вот некоторые примеры. Описаны случаи, когда в результате химических мер борьбы на рисовых плантациях в Японии вместе с вредными насекомыми были уничтожены и пауки. На обработанных инсектицидами полях вредители погибли не полностью и спустя некоторое время размножились в невероятных количествах, так как хищников — пауков оказалось недостаточно для сдерживания их численности. Немецкий арахнолог К. Шмидт придает настолько большое значение паукам, что предлагает создавать условия для их размножения: искусственно устраивать затенения и оптимальную влажность в сухих местах, увлажнять лесную подстилку, и т. д.

Предлагалось использовать пауков и для борьбы с мухами — распространителями желудочно-кишеч-

ных инфекций, причем в опытах на фермах 60—80 гнезд пауков снижали численность мух за два месяца на 99%!

Далее, в своей статье Г. Гаудекер пишет о невозможности (к сожалению!) использовать пряжу пауков. Действительно, попытки использовать паутину в качестве текстильного материала были безуспешными. (Сама-то паутина пригодна для изготовления пряжи, но ее массовое производство крайне трудно.) Однако еще в древности были известны некоторые целебные свойства паутины наших обычных пауков. При помощи паутины, например, останавливали кровь при кровотечениях, прикладывая свежую паутину к ране. В настоящее время усиленно ведутся работы по исследованию бактерицидных и протистостатических свойств паутины. Уже выделены антибиотические препараты из паутины некоторых синантропных пауков и установлено их бактерицидное действие.

В связи с интенсивным изучением в последние годы биохимии и физиологического действия на животных ядов некоторых пауков, появилась возможность представить проблему пауков в совершенно новом свете — в свете использования ценных свойств их ядов в фармакологии и медицине.

Вот, например, какие результаты были получены в опытах с некоторыми, наиболее крупными пауками-птицеедами Южной Америки (самыми большими пауками на земном шаре): действие ядов пауков-птицеедов прежде сравнивали с кураре. Было даже распространено убеждение, что именно его индейцы подмешивали к яду для стрел. На самом же деле, яд большинства птицеедов не имеет ничего общего с кураре, действующего, как известно, на нервные синапсы. Говоря очень осторожно, с известной оговоркой, можно сравнить действие яда птицеедов с действием современных снотворных и успокаивающих средств! Введенные в довольно больших количествах яды не вызывают никакой боли, напротив, им, как оказалось, присуще определенное болеутоляющее действие, они

успокаивают и усыпляют, причем очень быстро, а затем разрушаются и выводятся из организма безо всяких последствий.

Сейчас многие виды птицеедов приобретают такое же значение для медицины, как и ядовитые змеи. В связи с этим уже построены (например, в Бутантане, в Бразилии) специальные лаборатории и питомники, где пауков разводят и получают от них яд. Надо сказать, что получать яд пауков в чистом виде научились сравнительно недавно. Методика же «отдаивания» пауков довольно проста и во многом схожа со способом добычи яда от змей: несколько последовательно соединенных батареек с загнутыми проводочками, отведенными от разных полюсов, да часовое стекло — вот все, что требуется для процедуры «отдаивания» паука. Проводочки прикладываются к хелицерам, следует сокращение мышц ядовитых желез, и капельки яда стекают на стекло. При содержании в лаборатории нескольких сотен пауков, за две-три недели можно получить довольно большое количество сухого яда, с которым в дальнейшем химики, физиологи и фармакологи могут проводить различные опыты.

Сказанным не исчерпывается значение пауков. Помимо всего прочего, пауки великолепный лабораторный объект для зоопсихологов, биофизиков, биоников. Паук — сложный живой «механизм», тонкость и оригинальность работы отдельных «приборов» которого еще предстоит понять человеку. Понять — и научиться у него многому!

УДК 595.44

Тевяк в Белом море

Серый тюлень, или тевяк (*Halichoerus grypus* Fabric.), довольно редкое животное для северных морей Европейской части СССР. Мало-численность этого зверя была одной из причин, по которым о существовании тевяка в наших водах стало известно только в конце XIX в.¹

Единственный описанный в литературе достоверный случай добычи тевяка в Белом море относится к 1932 г. (район Поной — Данилов).

Почти все случаи встречи и добычи серого тюленя в наших водах связаны с побережьем Кольского полуострова и близлежащими к нему островами. Однако в последние годы сотрудники нашей лаборатории морских млекопитающих ПИНРО дважды зарегистрировали серого тюленя в южной части Воронки Белого моря, вдали от берегов.

В 50 км к северу от острова Моржовец находятся два осушающихся во время отлива песчаных бугра (так называемые кошки). На этих кошках жители деревни Койды ведут промысел нерпы. Капитаны небольших промысловых судов безошибочно находят эти маленькие клочки временной суши, несмотря на их значительную удаленность от берега и стремительные приливо-отливные течения.

В сентябре 1968 г. на этих кошках

работало научно-поисковое судно «Чистополь». В ходе промысла зверобой обратили внимание на тюленя, выделяющегося своими большими размерами и агрессивным поведением. Животное добыли и доставили на судно. Это был самец серого тюленя. Окраска волосяного покрова его была темной, почти черной. Длина тела от носа до конца хвоста составляла 168 см, обхват груди за передними лапами — 98 см, вес животного — 76 кг, возраст — 3 года. Шкура и скелет тюленя хра-

няты в коллекции Северного отделения ПИНРО.

20 сентября 1970 г. мы посетили эту же кошку, и опять среди нерп зверобой заметили тюленя, который при приближении к нему человека не убежал, а нападал. По размеру животное напоминало крупную нерпу, но пятнистая окраска волосяного покрова и форма головы резко отличали его от последней. Зверя удалось сфотографировать перед тем, как он ушел в воду. По нашему определению, это был детеныш се-



Серый тюлень на песчаной кошке в окружении нерп.

Фото автора.

¹ Ф. Д. Плесске. Критический обзор млекопитающих и птиц Кольского полуострова, СПб, 1887.

рого тюленя в возрасте около 1 года.

Спустя месяц капитан промыслового судна «Кулой» И. А. Попов сообщил нам, что во время промысла на кошке снова видели тебяка. Судя по рассказам зверобоев из деревни Койды, подобных тюленей они встречают почти при каждом посещении кошек, но единичными экземплярами.

О том, что это особый вид тюленя, зверобои и не подозревали, принимая его за «особенно злую породу морского зайца». Уходящим на промысел молодым зверобоям опытные промысловики при нас давали наказ остерегаться на кошках «злых зайцев». Смысл этого наказа мы поняли только после совместной работы на кошке.

Итак, этот вид тюленя на кошках не так уж редок. По-видимому, в небольшом количестве серые тюлени живут здесь вместе с нерпами продолжительное время, по крайней мере летом и осенью, так как скопления нерпы прослежены нами с июня до начала ноября. Живут ли нерпы и серые тюлени в этих местах постоянно, сказать пока трудно, так как весной, поздней осенью и зимой этот мелководный, опасный для плавания район никем не посещается.

А. Г. Белобородов
Северное отделение ПИНРО.

Аномальное цветение лещины

Случаи аномального развития генеративных органов известны у многих видов растений. Э. Синнот приводит обширную сводку¹ подобных наблюдений и, в частности, указывает, что в результате паразитирования насекомых или грибов или при изменении фотопериода шишки израстают в вегетативные побеги, а



Сережка, показанная на рисунке, разрезана вдоль по центру, где видно (указано стрелкой) утолщенное основание плодolistиков. Сверху видны рыльца.

Фото автора.

у тычиночных цветков появляются завязи. Э. Меннинджер сообщает, что у саговника (*Cycas circinalis* L.) экземпляры женских деревьев превращались в мужские¹. На грецком орехе наблюдали гермафродитные соцветия, у которых в верхней части развивались мужские цветки, а на нижней — женские².

Ранней весной 1970 г. в коллекции лещины Майкопской опытной станции ВИР мы наблюдали очень интересное явление гермафродизации цветка на азербайджанском сорте лещины Варташен 2/39.

Известно, что лещина однодомное растение с раздельнополыми цветками: мужские цветки собраны (по 180—200 шт.) в соцветия сережки, а женские (по 8—9 шт. и более) — плотной группой, почти не выступающей из почки.

Но в указанном случае на конце сережки (мужского соцветия) образовались и выдвинулись из-под чешуй вполне здоровые рыльца женских цветков. Это соцветие было

тщательно отпрепарировано путем продольных тонких бритвенных срезов.

В нижней, большей части сережки были вполне здоровые, хорошо развитые мужские цветки, а несколько верхних чешуй образовали утолщенные основания, вероятно за счет активации верхушечной меристемы, из которой вместо тычинок дифференцировались плодolistики.

Эта сережка не была повреждена лещинным клещем (*Confarina corylina* Loew.) или каким-либо другим вредителем. По многолетним наблюдениям, кусты Варташен 2/39 достаточно устойчивы против вредителей и болезней. Очевидно, указанная аномалия является следствием какого-то потрясения, природу которого мы не знаем.

Во всяком случае описанный нами факт очень интересен, так как показывает, по какому пути, при определенных условиях, может пойти или шло развитие растительных организмов. Кроме того, на лещине мы это явление наблюдали впервые, в литературе подобных сообщений не встречали.

Г. К. Коваль

Майкопская опытная станция ВИР.

¹ Э. Меннинджер. Причудливые деревья. М., «Мир», 1970.

² А. С. Туз. Аномальное цветение и плодоношение грецкого ореха. «Природа», 1958, № 5.

¹ Э. Синнот. Морфогенез растений. М., 1963.

Золотая медаль имени М.В. Ломоносова 1970 года

Президиум АН СССР за выдающиеся достижения в области математики присудил высшую награду Академии — золотую медаль имени М. В. Ломоносова 1970 г. советскому математику академику Ивану Матвеевичу Виноградову и французскому математику, члену Академии наук института Франции, профессору Арно Данжуа.

Академик И. М. Виноградов — один из крупнейших математиков современности — начал свою научно-исследовательскую деятельность еще в годы первой мировой войны. После окончания Петроградского университета он был оставлен при университете для подготовки к профессорской деятельности. Внимание И. М. Виноградова сразу было привлечено к труднейшим задачам теории чисел, для решения которых он уже тогда применил так называемые тригонометрические суммы. Одновременно с научно-исследовательской деятельностью И. М. Виноградов вел преподавательскую работу, читая курс теории чисел. Написанная им книга «Основы теории чисел» переведена на ряд иностранных языков и стала классическим учебником теории чисел.

Уже в 20-х годах И. М. Виноградов получил ряд выдающихся результатов в аналитической теории чисел. В 1929 г. он был избран действительным членом Академии наук СССР.



Арно Данжуа.

В дальнейшем академик И. М. Виноградов разрабатывает новые методы в аналитической теории чисел, на основе которых получает решение труднейших задач теории чисел.

Фундаментальная монография академика И. М. Виноградова «Метод тригонометрических сумм в теории чисел» служит настольным руководством всех специалистов в области теории чисел.

Методы, развитые в работах И. М. Виноградова, оказали революционизирующее влияние не только на теорию чисел, но и нашли применение в теории функций, теории вероятностей, математическом анализе, приближенных вычислениях.

И. М. Виноградову одному из первых советских ученых присуждена Государственная премия СССР 1-й



И. М. Виноградов.

степени и присвоено звание Героя Социалистического Труда.

Академик И. М. Виноградов — крупный организатор советской науки; избран членом ряда иностранных академий и научных обществ; он — основатель и бессменный руководитель на протяжении почти четырех десятилетий Математического института им. В. А. Стеклова АН СССР.

Арно Данжуа (A. Denjoy) — член Академии наук института Франции, профессор Парижского университета А. Данжуа дал полное решение классической задачи о примитивной функции, для которого он ввел новое понятие интеграла, впоследствии названного его именем. Эти исследования Данжуа получили дальнейшее развитие в трудах ряда выдающихся ученых в нашей стране и за грани-

цей. В настоящее время понятию интеграла Данжуа и его обобщениям посвящается глава почти во всех учебниках по теории функций действительного переменного.

Основополагающие результаты А. Данжуа получил в области квази-аналитических классов функций. Он впервые дал достаточные условия для одного важного такого класса, которые, как было позднее доказано шведским математиком Карлеманом, являются также и необходимыми. Теорема Данжуа — Карлемана в теории квази-аналитических классов играет фундаментальную роль.

А. Данжуа принадлежат также значительные результаты в области теории функций комплексного переменного. Большое значение имеют его исследования, относящиеся к теории специальных рядов рациональных функций с полюсами вне некоторого круга комплексной плоскости. Ряд важных результатов А. Данжуа получил в топологических вопросах дескриптивной теории функций и теории континуумов.

В 1961 г. А. Данжуа был вице-президентом, а в 1962 г. — президентом Французской Академии наук.

Профессор А. Данжуа — член ряда иностранных академий и научных обществ.

На годичном общем собрании АН СССР 1970 г. А. Данжуа был избран иностранным членом АН СССР.

Всегда ли газ диэлектрик?

Если газ сжимать до такой степени, что средние расстояния между атомами становятся сравнимыми с расстояниями между ядрами в твердом теле, газ начинает проявлять свойства твердого тела. В частности, проводимость плотного газа с увеличением давления резко возрастает от проводимости диэлектрика до проводимости металла.

Приобретение газом свойств металла в процессе сжатия схематически можно представить себе следующим образом. Проводимость, как известно, определяется количеством «свободных» электронов. При низких давлениях электронные зоны прово-

димости совпадают с электронными уровнями энергии отдельных атомов. В этом случае электроны участвуют лишь в процессах обмена местами с другими электронами и не вносят вклада в проводимость. С повышением давления понижается потенциал ионизации атома, а это переводит газ в состояние металлической проводимости. Понижение потенциала ионизации отдельного атома, находящегося в сильно сжатом газе, количественно определяется одновременно взаимодействием с большим числом (порядка 20) окружающих атомов.

Расчеты показывают, например, что криптон переходит в состояние с металлической проводимостью при плотности атомов $5 \cdot 10^{22} \text{ см}^{-3}$. Приблизительно это соответствует сжатию газа до давления в $4 \cdot 10^7$ атм.

«Доклады Академии наук СССР», т. 195, 1970, № 1, стр. 75—78.

Сверхпроводящий нитрид тантала

Переходные металлы V группы ванадий и ниобий в соединении с азотом (VN и NbN) переходят в сверхпроводящее состояние при температурах $8,2^\circ \text{K}$ и $15,6^\circ \text{K}$. Нитрид третьего металла той же группы — тантала (TaN) не переходит в сверхпроводящее состояние даже при более низких температурах. По-видимому, такое различие объясняется разницей в структуре кристаллической решетки: у VN и NbN решетка кристаллическая типа NaCl, а у нитрида тантала — гексагональная.

Сотрудники Института физики высоких давлений АН СССР Л. Г. Бойко и С. В. Попова при давлениях от 30 тыс. до 100 тыс. бар и температуре 1800°C получили нитрид тантала с кубической кристаллической решеткой. Плотность новой модификации $15,6 \text{ г/см}^3$. Полученная новая фаза нитрида тантала переходит в сверхпроводящее состояние при $6,5^\circ \text{K}$.

«Письма в ЖЭТФ», т. 12, 1970, вып. 2, стр. 101—102.

Магнетизм пульсаров — неядерной природы

Астрономы, изучающие пульсары, сходятся на том, что пульсары — это нейтронные звезды, — тела, которые состоят, главным образом, из плотно «упакованных» нейтронов, но содержат также некоторое количество протонов и электронов. Пульсары обладают очень сильными магнитными полями, что представляет большое затруднение для теоретиков, пытающихся объяснить происхождение этих магнитных полей.

Одно из предположений заключается в том, что нейтроны и протоны образуют поле линейным выстраиванием маленьких полей, которыми они обладают. Они выстраиваются так потому, что в условиях плотностей нейтронных звезд большие ядерные силы становятся отталкивающими. Образованное таким образом магнитное поле стремится уменьшить отталкивание и тем самым повышает стабильность нейтронной звезды.

Дж. Пирсон и Ж. Сонье из Монреальского университета (Канада) провели теоретические расчеты для проверки такой гипотезы и утверждают, что ядерный механизм невозможен. Возможность линейного выстраивания магнитных полей между протонами и нейтронами зависит от того, как происходит переход к высокой плотности. Согласно расчетам канадских физиков, этот переход совершается таким образом, что выстраивание полей невозможно, и они заключают, что магнетизм пульсаров должен иметь другой источник.

«Science News», v. 97, 1970, № 9, p. 222 (США).

Планеты у пульсаров

Недавно у пульсара NP 0532 (в Крабовидной туманности) было обнаружено медленное уменьшение и увеличение периода пульсации. Еще раньше были открыты внезапные

уменьшения периодов у этого пульсара и у PSR 0833 («Парус Х»), после которых восстанавливалась обычная скорость¹.

Некоторые астрономы интерпретируют медленные вариации периода пульсара NP 0532 как следствие вращения планеты вокруг пульсара. Ф. Куртис (США) предполагает, что резкие скачки периода у этих двух пульсаров также происходят в результате воздействия планет, обращающихся вокруг них. Теоретики утверждают, что пульсар образуется, когда звезда внезапно коллапсирует, выбрасывая некоторое количество своей материи. Если это так, то выброшенная материя может образовывать планету с очень вытянутой эллиптической орбитой, у которой в одном из фокусов находится пульсар. Каждый раз, когда планета будет приближаться к пульсару, он будет ускоряться, а период повторения его импульсов будет резко изменяться из-за эффекта Доплера. Необходимы дальнейшие наблюдения для проверки такой гипотезы.

«Science News», v. 97, 1970, № 9, p. 222 (США).

Локализованные источники радиоизлучения на Юпитере

Размеры областей, ответственных за мощные всплески декаметрового радиоизлучения Юпитера, до сих пор неизвестны. Измерения 1967 г. дали верхнюю границу углового диаметра «активных областей» $< 3''$. Недавно группой американских исследователей для изучения радиоизлучения Юпитера на частоте 18 мГц был использован радиоинтерферометр с базой 880 км. База радиоинтерферометра была образована приемниками на двух обсерваториях в университетах штата Флориды и Западного Кентукки. Наблюдались типичные всплески радиоизлучения

в виде групп импульсов длительностью от 5 до 30 мсек при средней наблюдаемой длительности отдельного импульса около 0,6 мсек. Реальная ширина импульсов, по-видимому, еще меньше, если учесть расширение в приемной аппаратуре.

Перекрыстно-корреляционный анализ записей сигналов на двух обсерваториях позволил определить размеры источников радиоизлучения. Такое определение было произведено в пяти случаях и дало значения от $0'',72$ до $1'',94$ при средней величине $1'',33 \pm 0'',29$. Результаты измерений рассматриваются как верхний предел угловых размеров источников, так как рассеяние сигналов в межпланетной среде может приводить к видимому завышению этих размеров.

Угловой размер $0'',72$ соответствует $1/63$ диаметра Юпитера, т. е. около 1100 км. Таким образом, использование большой базы (52 800 длин волн) позволило значительно уменьшить верхний предел размеров источников радиоизлучения декаметрового диапазона по сравнению с предыдущими исследованиями Юпитера.

В настоящее время аппаратура не позволяет определить положение источников на диске планеты: этому мешают флуктуации в земной ионосфере. Поэтому неизвестно, действует ли один источник или их несколько.

«Astrophysical Letters», v. 5, 1970, № 4, pp. 133—136 (Англия).

Фотографии Солнца в рентгеновских лучах

Во время затмения 7 марта 1970 г. были получены фотографии Солнца в рентгеновских лучах с длинами волн от 3 до 60 Å. Фотографирование было произведено в США с помощью приборов, поднятых на ракете «Аэробы».

Сравнение со снятой с Земли картой фотосферных магнитных полей позволило обнаружить диффузные области рентгеновского излучения в виде трубок, соединяющих между



Фотография Солнца в рентгеновских лучах при экспозиции в диапазоне 3—30 Å и 44—55 Å.

собой участки различной магнитной полярности в Северном и Южном полушарии. Яркие узкие трубки наблюдаются там, где фотосферное магнитное поле наиболее неоднородно и эти трубки связывают соседние области противоположной полярности магнитного поля.

«Nature», v. 227, 1970 № 5260, pp. 818—822 (Англия).

Большая комета и происхождение комплекса Бушвелда

У. Гамильтон из Геологической службы США предложил оригинальную гипотезу о происхождении почти круговой структуры огромного комплекса изверженных пород Бушвелда (на плато в северо-западном Трансваале, ЮАР), являющегося одним из важнейших «поставщиков» платины, хромовых и оловянных руд.

По мнению Гамильтона, три больших фрагмента кометы (каждый диаметром около мили), образовавшиеся при распаде ядра под влиянием гравитационного поля Земли, на скорости 20—100 тыс. миль/час ударились в этом месте о Землю почти одновременно, образовав комплекс Бушвелда; четвертый обломок, создавший так называемый ку-гол Вредефорта, упал невадалеке. Эти

¹ См. «Природа», 1970, № 7, стр. 26—43.

удары были наибольшими толчками, зафиксированными в породах континента Африки за последние 2 млрд лет. Гамильтон считает, что в результате ударов фрагментов большой кометы глубинные породы были расплавлены и эта «магма» излилась на поверхность, образовав различные виды изверженных пород.

«Earth — Science Reviews», v. 6, 1970, № 3, p. A-165.

На орбите — очередной «Метеор»

20 января 1971 г. в Советском Союзе осуществлен запуск метеорологического спутника Земли «Метеор». Основной задачей запуска спутника является обеспечение получения метеорологической информации, необходимой для использования в оперативной службе погоды.

Спутник выведен на орбиту с параметрами: максимальное расстояние от поверхности Земли (в апогее) — 679 км; минимальное расстояние от поверхности Земли (в перигее) — 630 км; наклонение орбиты — $81^{\circ},2$; начальный период обращения — 97,6 мин.

На борту спутника установлена метеорологическая аппаратура, обеспечивающая получение изображений облачности, снежного покрова на освещенной и теневой сторонах земного шара, а также получение данных об отражаемой и излучаемой Землей и атмосферой тепловой энергии.

Кроме метеорологической аппаратуры, на спутнике «Метеор» имеются: система, обеспечивающая постоянную ориентацию спутника на Землю, система электроснабжения с автономной ориентацией солнечных батарей на Солнце, радиосистема для точного измерения элементов орбиты, радиотелеметрическая система для передачи на Землю данных о работе приборов и научной аппаратуры.

Из сообщения ТАСС.

Полет «Аполлона-14»

31 января 1971 г. с космодрома на мысе Кеннеди стартовал космический корабль «Аполлон-14». Его экипаж состоял из трех человек: капитана военно-морского флота Алана Шепарда (командир корабля), доктора астронавтики Массачусетского технологического института Эдгара Митчелла и майора Стюарта Руса.

4 февраля «Аполлон-14» приблизился к Луне и вышел на окололунную орбиту. 5 февраля космонавты приступили к расстыковке лунной кабины «Антарес» и командного отсека «Китти хок». С. Руса остался в командном отсеке, а А. Шепард и Э. Митчелл произвели посадку «Антареса» в экваториальной зоне Луны, в холмистом районе кратера Фра-Мауро, расположенном к югу от моря Дождей. В течение нескольких часов космонавты расставляли научные приборы, собирали образцы лунного грунта, фотографировали.

6 февраля А. Шепард и Э. Митчелл предприняли попытку подняться по

склону кратера Коун и взять там образцы грунта. Движение космонавтов затруднял глубокий слой пыли. С приближением к кратеру Коун камни становились все больше, идти становилось труднее; частота пульса у Шепарда достигла 150, а у Митчелла — 138 ударов в минуту. Температура в скафандрах, несмотря на охлаждение, поднялась до 28°C . В конце концов космонавты сбились с пути, очень устали; запасы кислорода у них были близки к истощению. Поэтому, по команде с Земли, они повернули назад.

В тот же день «Антарес» стартовал с Луны и стыковался с основным блоком. 7 февраля начался обратный полет к Земле. 10 февраля в 0 час. 05 мин. отсек с космонавтами приводнился в Тихом океане к югу от островов Самоа.

9 суток продолжался рейс отважных космонавтов на «Аполлоне-14». Космонавты провели на Луне 33 часа, пройдя по ее поверхности 2,7 км; на Землю было доставлено около 50 кг образцов лунных пород.

По сообщениям печати



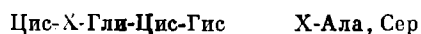
Экипаж «Аполлона-14» (слева направо): С. Руса, А. Шепард, Э. Митчелл после приводнения на борту вертолетоносца «Нью-Орлеан».

Телефото АП-ТАСС.

Синтез участка цитохрома с

Цитохром с, участвующий в переносе электронов по дыхательной цепи, относится к группе важных для организма белков, имеющих так называемую простетическую группу. В случае цитохрома с (и других цитохромов) именно простетическая группа участвует в окислительно-восстановительных процессах, обеспечивающих в совокупности перенос электронов. В функциональном отношении наибольший интерес представляет часть молекулы цитохрома, состоящая из простетической группы и прилегающих к ней аминокислот.

Такие фрагменты цитохрома с удалось синтезировать сотрудникам Института тонкой химической технологии им. М. В. Ломоносова Р. П. Евстигнееву, А. Ф. Миронову, Т. А. Беляеву и Г. А. Васильеву. Полученные ими фрагменты имели следующее строение:



Гем (простетическая группа цитохрома)

Изучены некоторые физические и химические свойства синтетических гемпептидов. Тщательный выбор условий реакций позволил получать фрагменты цитохрома с высокими выходами. Таким образом, сделан еще один существенный шаг в изучении дыхательных ферментов.

7-й международный симпозиум по химии природных соединений. Рига, 21—27 июня 1970 г. Тезисы докладов. Изд-во «Зинатне», Рига, 1970, стр. 23—24.

Новый метод расщепления рацематов аминокислот

Известно, что α -аминокислоты могут существовать в виде двух оптически активных изомеров: L-аминокислот и D-аминокислот. Биологическое значение этих видов аминокислот совершенно различно, и поэтому во многих случаях нужно иметь именно L- или D-формы.

С другой стороны, в результате химических реакций, как правило, получается смесь обоих изомеров (рацемат). Встает задача расщепления рацемата на L- и D-компоненты.

В. А. Даванков и С. В. Рогожин (Институт элементоорганических соединений АН СССР) нашли новый способ расщепления рацематов, отличающийся простотой и эффективностью.

Водный раствор аминокислот пропускается через колонку со специальным сорбентом. D-изомеры дают с ионогенными группами сорбента смешанные комплексы, а L-аминокислоты вымываются из колонки водой. Для десорбции D-аминокислот применяют водный аммиак. Упариванием вымытых растворов можно получить оптически чистые изомеры. Авторы полагают, что метод может найти применение в производстве.

7-й международный симпозиум по химии природных соединений. Рига, 21—27 июня 1970 г. Тезисы докладов. Изд-во «Зинатне», Рига, 1970, стр. 65.

Движение ионов через мембраны

Д. Грин, Дж. Янг и Дж. Блондин (Висконсинский университет, Институт энзимологических исследований, США) недавно предложили новую теорию механизма активного транспорта ионов через мембраны. Эта теория была представлена на Международном симпозиуме по химии природных соединений в г. Риге (июль, 1970 г.).

Исследуя митохондрии, они разработали «конформационную модель активного транспорта». Согласно новой теории, ионы плавно проходят через мембраны вследствие конформационных изменений в самих мембранах. Циклические изменения в структуре мембран заставляют ионы двигаться по потенциалу электрохимического градиента быстрее, чем против него. Митохондриальные мембраны построены из гантелевидных повторяющихся субчастиц липидной и белковой природы. В соответствии с конформационной мо-

делью, субчастицы внутренней мембраны синхронно претерпевают циклические изменения, проходя стадии энергетически возбужденного и невозбужденного состояния. На стадии энергетического возбуждения липопротеидные субчастицы как бы выпячивают участки связывания, притягивая к себе отрицательно заряженные ионы (неорганический фосфат, ацетат). В то же самое время положительно заряженные ионы продвигаются противотоком, чтобы нейтрализовать заряженные частицы.

Д. Грин и его коллеги обнаружили, что ионы удерживаются внутри митохондрий электрохимическим потенциалом, создающим градиент, установленный конформационными изменениями. На стадии спада энергетического возбуждения ионы освобождаются и цикл повторяется заново.

Ключевым остается вопрос — распространяется ли конформационная модель, установленная в экспериментах с митохондриями, на процессы активного транспорта во всех типах клеточных мембран.

Как известно, основная функция митохондрий — производство АТФ (аденозинтрифосфата), энергетически важного соединения, в котором энергия запасается в виде макроэнергетических связей. Так как синтез АТФ представляет собой одно из биохимических событий, происходящих в митохондриях, и непосредственно связан со стадией энергетического возбуждения мембран, то, по-видимому, последующий транспорт ионов может быть просто явлением, сопутствующим основной функции. Эта точка зрения и детализация процессов активного транспорта в митохондриях ждут своего уточнения.

«Science News», v. 98, 1970, № 2, pp. 42—43 (США).

Доноры не потребуются?

В медицинском центре университета в Цинцинати (США) Л. Кларк, Ф. Бекантини и С. Каплан создали синтетическую кровь. Четыре собаки прожили 4 месяца после влива-

ния 50% этой синтетической крови. Исследования весьма многообещающи, но находятся еще в предварительной стадии.

Большинство исследований по синтетической крови направлено на создание синтетического гемоглобина или его заменителя. Кларк считает, что со временем гемоглобин может быть синтезирован, но для пациентов надо попытаться создать заменитель, выполняющий необходимую функцию, без отрицательных воздействий на человеческий организм.

Изучая различные материалы, исследователи остановились на перфлюоринатных растворах чистых и инертных веществ, способных переносить кислород. Созданная авторами водная эмульсия, готовится из 30—40% флюорокарбона, небольшого количества глюкозы и солей, с добавлением в качестве стабилизаторов фторофосфатов. Частицы эмульгированного фторкарбона действуют как кровяные клетки, и Кларк называет их фтороцитами. Благодаря маленькому размеру (они в 10 раз меньше кровяных клеток) фтороциты могут легко проходить к тканям, страдающим от недостатка кислорода, через суженные сосуды, или узкие капилляры. Кроме того, они стойки, относительно дешевы и, естественно, не обладают групповой специфичностью, как натуральная донорская кровь. Созданная жидкость еще обладает рядом отрицательных качеств (в частности, частицы вскоре после инъекции частично теряют способность переносить кислород).

«Industrial Research», v. 12, 1970, № 3, pp. 68—70 (США).

Нобелевская премия мира — селекционеру

Нобелевская премия мира 1970 г. была присуждена Норману Борлогу (Norman Borlaug) за выдающиеся достижения в селекции высокоурожайных, полукарликовых разновидностей пшеницы, революционизировавших производство зерна в Мексике, Западном Пакистане и других тропических и субтропических странах.



Норман Борлог

Н. Борлог родился в штате Айова (США), в семье норвежских фермеров. После окончания университета в Миннесоте он работал несколько лет в лесничестве в качестве фитопатолога. В 1944 г. Н. Борлог стал участвовать в программе по увеличению производства пищевых продуктов в Мексике.

Максимально используя особенности мексиканского климата, Н. Борлог выращивал два поколения пшеницы ежегодно, и таким образом срок выведения нового сорта, обычно составляющий 10—12 лет, был уменьшен вдвое.

В значительной мере именно работа Н. Борлога обеспечила рост производства зерна в Мексике, которое между 1945 и 1970 гг. поднялось от 3,5 до 25 млн ц. Это увеличение было вызвано, в основном, повышением урожайности от 7,5 до 30 ц/га.

Работа Н. Борлога показала, что сельскохозяйственный потенциал многих развивающихся стран значительно выше, чем считалось раньше. Его исследования наметили пути для прогресса в отношении ряда других сельскохозяйственных культур.

«New Scientist», v. 48, 1970, № 725, p. 233.
«La Recherche», v. 1, 1970, № 7, p. 674.

Находки древнейших млекопитающих в Гоби

Летом 1970 г. прихангайский отряд Советско-Монгольской палеонтологической экспедиции продолжал работы в районе местонахождения Ховур (впервые упоминается в дневниках П. К. Козлова¹). Промыто около 70 т костеносной породы, что дало более 200 челюстей млекопитающих, около 2000 челюстей ящериц, тысячи костей их посткраниального скелета, а также зубы и отдельные кости мелких динозавров и черепах. Добыто несколько скелетов пситтакозавров, отдельные кости и зубы зауропод, крупных и мелких хищных динозавров, серия скелетов черепах и ископаемая древесина. По предварительному определению, в Ховуре найдены представители пяти отрядов древнейших млекопитающих. Впервые в нижнемеловых отложениях найдены тритуберкуляты (*Trituberculata*) и несомненные насекомоядные (*Insectivora*). Остатки триконодонт (*Triconodonta*) и симметродонт (*Symmetrodonta*) ранее не были известны на территории Азии. Исключительный интерес представляют группа, промежуточная между триконодонтами и тритуберкулятами (пантотериями) и древнейшие представители плацентарных из архаичных насекомоядных. До находки в Ховуре ящерицы из нижнемеловых отложений не были известны. Здесь же они представлены многочисленными остатками не менее пяти форм.

Южно-Гобийский отряд провел раскопки в котловине Гурилийн-Гоби, на новом местонахождении позвоночных, открытым в 1969 г., геологом В. Ф. Шуваловым. Оно содержит многочисленные остатки архаичных млекопитающих и ящериц. Состав этой фауны позволяет предположить среднеэоценовый возраст местона-

¹ П. К. Козлов. Путешествие в Монголию. 1923—1926. Дневники. М., 1949.

хождения. На территории Азии фауна среднего эоцена почти неизвестна, поэтому разработка местонахождения представляет исключительный интерес.

Н. Н. Каландадзе,
В. Ю. Решетов
Москва

Горообразование в Средиземноморье

В октябре 1970 г. завершен 13-й этап экспедиции на судне «Гломар Челленджер»¹. В ходе плавания было проведено бурение дна в 14 пунктах Средиземного моря и в одном пункте в северной части Атлантического океана.

Участники экспедиции считают, что предварительный анализ колоннок подтверждает совместный дрейф континентов Африки и Европы в течение последних 5 млн лет, что привело к сжатию морского дна, а затем к горообразованию на дне Средиземного моря.

В Восточном Средиземноморье, в районе проходящего здесь подводного желоба, было обнаружено, что одна пластина земной коры соскальзывает под другую и ее осадочные породы при этом соскребаются, накапливаясь наверху. Этот процесс аккумуляции, по мнению Б. Ф. Райана, образует зародыш горной системы.

При бурении в ложе желоба были подняты колонки, характер которых оказался сходным с осадочными и другими породами многих районов Альп и Северной Африки. В одном пункте были обнаружены известняки с возрастом около 120 млн лет, расположенные непосредственно поверх осадков, возраст которых всего 5—10 млн лет. Исследователи полагают, что на дне океана проходят начальные стадии процесса бокового давления (надвига).

Ряд неожиданных фактов был установлен и в отношении геологической истории Средиземноморья. Обнаруженные мощные слои солей и ангидритов (образующихся при температуре не ниже 40°С) доказывают, что в течение определенного времени Средиземное море было пустыней.

В ходе экспедиции было найдено также, что слой солевых отложений через определенные интервалы перемежается обычными океаническими осадками. Это показывает, что в течение довольно длительного времени (5—10 млн лет назад) Средиземное море попеременно то пересыхало, то снова заполнялось водой, что, по-видимому, связано с процессом горообразования в районах, лежащих к западу от Средиземного моря, во время которого выход в Атлантику то открывался, то закрывался.

«Science News», v. 98, 1970, № 16, p. 316 (США).

Всесоюзный форум географов

С 21 по 26 декабря 1970 г. в Ленинграде проходил V съезд Географического общества СССР, который совпал с датой 125-летия существования общества. Более 1400 делегатов и гостей собрались в Таврическом дворце, чтобы отметить это событие, подвести итоги проделанной за шесть лет (со времени IV съезда) работы, наметить дальнейшие пути исследований. На открытии выступил президент общества акад. С. В. Калесник, о деятельности общества за 125 лет рассказал О. К. Константинов.

В наши дни география как бы переживает свое второе рождение. В эпоху, когда под влиянием человеческой деятельности происходят заметные изменения в окружающей среде, значение географических исследований возрастает с каждым днем. Особенно велика их роль в связи с прогнозами тех изменений географической среды, которые намечались уже сейчас. Комплексное

изучение осваиваемых человеком земель, преобразование природы и познание ее глубоких изменений, экономическая оценка природных условий с учетом динамики населения и развитого хозяйства — вот далеко не полный перечень проблем, которыми занимаются географы. Сегодня они владеют новейшими специальными методами полевых и камеральных исследований, и задачи, стоящие перед современной географией, становятся все разнообразнее и сложнее.

Все это нашло отражение в работе съезда, где было заслушано 18 докладов ведущих советских ученых по основным направлениям географической науки: научно-технический прогресс и география (И. П. Герасимов), научные основы генеральной схемы развития и размещения производительных сил СССР на период до 1980 г. (Н. Н. Некрасов), география и экология (В. Б. Сочава), географические аспекты изучения биологической продуктивности (Н. И. Базилиев, Л. Е. Родин, Н. Н. Розов¹), проблемы обеспечения человечества пресной водой (Б. И. Куделин, В. Н. Кунин, М. И. Львович, А. А. Соколов), географические исследования с помощью космических аппаратов (Б. В. Виноградов, К. Я. Кондратьев), количественные методы в физико-географических исследованиях (М. И. Будыко, В. И. Котляков, Ю. А. Мещеряков) и экономической географии (Ю. Г. Саушкин), и др. Нетрудно убедиться, насколько расширилось поле деятельности географов.

Специальное заседание было посвящено океану. Доклад акад. В. В. Шулейкина ознакомил с направлениями исследований целостной системы «океан — атмосфера — материк» и перспективами этих работ. Если до сих пор географы занимались в основном сушей и даже не пытались определить, как изучать океан, то сейчас изучение океана — одна из насущных задач. В зачитанном докладе акад. К. К. Маркова показано, что такие исследования продиктованы самой жизнью.

¹ См. «Природа», 1970, № 12, стр. 48—64; 1971, № 1, стр. 99; № 3, стр. 107.

¹ См. «Природа», 1971, № 1, стр. 46—53.

Съезд отметил, что в последнее время успешно развиваются новые направления, такие как комплексное изучение шельфа, взаимодействие океана и атмосферы, биологическая продуктивность океана. Теперь к ним добавляются специальные комплексные географические исследования островов, побережий, тропического пространства и т. п.

Темами двух докладов (А. В. Даринский и А. М. Архангельский, А. М. Маринич и Б. Н. Семевский) было преподавание географии и воспитание географических кадров. Съезд обратил внимание на необходимость улучшить систему географической подготовки школьников в связи с новыми задачами географии. Важно, чтобы молодежь овладевала современными знаниями по географии, умела бы творчески воспринимать общие географические закономерности, понимать сложные взаимосвязи в природе и необходимость бережного отношения к ней. Это поможет вырастить поколение, которое в будущем станет сознательно управлять процессом взаимодействия природы и общества. Очень важна в этом отношении широкая пропаганда географических знаний.

Большое развитие получила сейчас география сферы обслуживания, важное значение приобретает разработка научных основ организации отдыха и туризма.

В связи с поднятыми вопросами охраны природы и рационального использования природных ресурсов, съезд указал на необходимость систематического рассмотрения связанных с этим актуальных вопросов и разработки соответствующих предложений и рекомендаций для плановых и хозяйственных организаций. Предстоит, в частности, громадная работа по развитию исследований природных и производственных комплексов, совершенствованию теории и методики природного и экономического районирования, по анализу проблемы «климат — человек» и т. п. В координации всех этих работ Географическое общество СССР призвано сыграть важную роль.

Н. Б. Семихатова

Москва

Могут ли фазовые превращения быть нестабильными?

Гипотезы дрейфа континентов чаще всего основываются на том, что в мантии Земли происходит тепловая конвекция вещества. Однако сейсмические и геохимические данные указывают на существование в мантии фазовых превращений, которые могут быть стабильными и тем самым служить препятствием для тепловой конвекции. Так, если вещество мантии поднимается, переход от плотной к легкой фазе приводит к поглощению тепла, остыванию вещества и возникновению стабилизирующих сил, направленных вниз.

Дж. Шуберт (Калифорнийский университет, Лос-Анджелес), Д. Л. Теркотт (Корнелльский университет, Нью-Йорк) и Э. Р. Оксберг (Оксфордский университет, Великобритания) изучали влияние фазовых превращений на стабильность вещества в мантии Земли. В результате исследований они пришли к выводу, что при определенных условиях фазовые превращения могут быть и нестабильными, тем самым допуская осуществление конвективного процесса.

Разработанная авторами модель может также объяснить движения в области подводных хребтов, которые трудно интерпретировать в рамках существовавших доныне гипотез о конвективных движениях в мантии.

«Science», v. 169, 1970, № 3956, (США).

Тектонические процессы и кориолисова сила

Кориолисова сила — эффект, вызванный вращением Земли, приводящий к отклонению течения рек, морских течений и атмосферной циркуляции в Северном полушарии в направлении по часовой стрелке, а в

Южном — против него, по-видимому, влияет и на планетарные геологические процессы.

К такому выводу пришел научный сотрудник Университета штата Пенсильвания (США) Б. Ф. Хоуэлл-младший на основании анализа данных об разломах в земной коре на дне океанов, вдоль подводных срединно-океанических хребтов. До сих пор считалось, что этот эффект слишком незначителен, чтобы влиять на конвекционные движения в мантии Земли, скорость которых очень мала.

Б. Ф. Хоуэлл установил, что две трети ответвлений от основного разлома отклоняются в Северном полушарии по часовой стрелке, а в Южном — в обратном направлении. Этому же закону подчинен и известный разлом земной коры Сан-Андреас в Калифорнии. Степень смещения разломов, как это предписывается кориолисовой силой, увеличивается с расстоянием от экватора.

«Science News», v. 98, 1970, № 7, p. 142 (США).

Проблема кризиса среды

В июле 1970 г. Массачусетский технологический институт (США) организовал встречу специалистов по различным аспектам загрязнения среды, которая получила название «Изучение кризисных проблем среды». В течение месяца группа ученых изучала литературу и статистику, чтобы ответить на вопрос, каким образом человечество изменяет климат и жизненные формы нашей планеты.

Содержание CO_2 в атмосфере растёт со скоростью $7 \cdot 10^{-6}\%$ в год. Общее содержание CO_2 в атмосфере с $0,028\%$ в начале промышленной революции уже выросло до $0,0321\%$. Этот прирост на 18% может обуславливать повышение температуры поверхности Земли на $0,5^\circ\text{C}$. Сжигание всего разведанного

сейчас ископаемого топлива вызовет повышение температуры уже на 2°C .

При изучении увеличения запыленности атмосферы¹ наибольшее значение имеют частицы атмосферной пыли диаметром менее 5 мкм. Шестая часть всех атмосферных частиц такого размера — результат человеческой деятельности. Только за 1968 г. в атмосферу выброшено 200 млн т сульфатов, 40 млн т сажи, 35 млн т нитратов и 15 млн т углеводов. Такое увеличение запыленности атмосферы также может усилить парниковый эффект. Правда, этот вопрос требует дополнительного изучения, так как один из участников встречи проф. Ч. Килинг (именно ему принадлежат общепринятые оценки современного содержания CO_2) не исключает, что повышение облачности будет компенсировать возможность потепления, вызванную увеличением концентрации CO_2 ².

Таблица

Элемент	Вынос реками в тыс. т в год	Вынос добывающей промышленности в тыс. т в год
Железо	25 000	319 000
Азот	8 500	9 800
Марганец	440	1 600
Медь	375	4 460
Цинк	370	3 930
Никель	180 300	338
Свинец	180	2 330
Фосфор	180	6 500
Молибден	13	57
Хром	7	не известно
Серебро	5	7
Ртуть	3	7
Олово	1,5	166
Сурьма	1,3	4 ³

Обсуждался также вопрос о скорости промышленного извлечения из литоферы важных элементов. Этот процесс идет значительно быстрее, чем вынос элементов в океан реками. Масштаб использования 13 хими-

ческих элементов показывает таблица¹.

Было обсуждено также нефтяное загрязнение океана. Расчеты показывают, что около 0,5 млн т нефти ежегодно попадает в океан из естественных источников, а в результате утечки из танкеров и из подводных скважин в океан дополнительно попадает еще 1,5 млн т нефти ежегодно.

В отношении каждой из отмеченных проблем удалось сформулировать конкретные вопросы, которые желательно исследовать дополнительно для разработки мероприятий по сохранению на нашей планете нормальных условий жизни.

С. А. Остроумов

Москва

Меняется ли содержание кислорода в атмосфере?

В последнее время все большее беспокойство ученых в различных странах вызывает загрязнение биосферы Земли продуктами и отходами промышленного производства. В частности, указывается, что вынос с полей огромного количества различных химических соединений, используемых в борьбе с сельскохозяйственными вредителями, может привести к гибели водорослей, являющихся, как известно, основным продуцентом кислорода в земной атмосфере.

Однако расчеты, проведенные недавно американским ученым Дж. Г. Райтером из Вудсхолского океанографического института, показывают, что такое беспокойство необоснованно. В атмосфере Земли находится $12 \cdot 10^{14}$ т кислорода, а количество кислорода, образующегося ежегодно в океане за счет фотосинтеза, составляет всего $15 \cdot 10^7$ т. Таким образом, если вдруг и произойдет

гибель водорослей, содержание кислорода в атмосфере понизится на 10% только через миллион лет.

«Nature», v. 227, 1970, № 5256, pp. 374—375 (Англия).

Содержание кислорода — прежнее

Метеорологи Л. Мачта и Э. Хьюз (США) сообщили о результатах продолжавшихся три года измерениях химического состава воздуха над открытым морем и в его пришельфовой области. Они пришли к выводу, что, несмотря на все увеличивающееся использование гербицидов, уничтожающих растительность, и возрастающее количество сжигаемого топлива, содержание кислорода в атмосфере, по-видимому, остается прежним.

В ходе анализа 78 проб воздуха, взятых в различных районах океана, было обнаружено, что содержание кислорода в них составляет 20,946% (по объему); та же величина характеризовала и атмосферу над сельскими районами штата Мэриленд. Аналогичные эксперименты, поставленные различными группами ученых в период между 1910 и 1970 гг., дали величины от 20,945 до 20,952%, что находится в пределах точности измерений.

Эти вычисления показывают, что даже в том случае, если все известные ныне запасы ископаемых горючих топлив были бы сожжены, концентрация кислорода в атмосфере не упала бы более чем на 0,146% (по объему) к ее нынешнему уровню, а это количество не может оказать заметного влияния на дыхательные процессы человека.

«The Sciences», v. 10, 1970, № 8, p. 2728 (США).

¹ «Surveying and Mapping», v. 30, 1970, № 2, pp. 229—237.

² «Arch. Environ. Health», v. 20, 1970, № 6, pp. 764—777.

³ Об оценке количества кремния, мышьяка, никеля, кобальта, цинка и сурьмы, выброшенных в биосферу с 1850 г., см. «Природа», 1970, № 8, стр. 24—27.

Коротко

● Научная станция «Северный полюс-16» находится почти в 2 тыс. км от побережья Сибири. На такое расстояние советские дрейфующие станции никогда еще не удалялись от материка. Станция «СП-16» попала в ледяной поток, совершающий круговую циркуляцию в восточной части Арктического бассейна. Сейчас «СП-16» медленно движется на восток. Она вошла в область, являющуюся по существу «белым пятном» на карте Центральной Арктики.

Из сообщения ТАСС.

● Новый экспериментальный реактор БФС-2 на быстрых нейтронах создан в Обнинске, в Физико-энергетическом институте. Реактор предназначен для моделирования мощных атомных электростанций ближайшего будущего.

Из сообщения ТАСС.

● Президиум АН СССР присудил премию имени Л. А. Чугаева 1970 г. академику Илье Ильичу Черняеву (посмертно), кандидату химических наук Георгию Владимировичу Эллерту, кандидату химических наук Роберту Николаевичу Щелокову (Институт общей и неорганической химии АН СССР) за монографию «Комплексные соединения урана».

● Исследование содержания ^{40}K и ^{26}Al в метеоритах-палласитах и сравнение полученных данных с имеющимися для метеоритов-хондритов позволили Д. Нордеману и Ж. Тобелему (Франция) представить новые доказательства в пользу гипотезы о различном происхождении метеоритов, несмотря на то, что они могут иметь сходные орбиты.

«Comptes rendus de l'Academie des sciences», Ser. D, v. 271, 1970, p. 753 (Франция).

● Каково биологическое значение белка, соответствующего гену 32 у фара T_4 *Escherichia coli*? М. Альбертс и Л. Фрей (США) приписывают ему ведущую роль в репликации ДНК.

Возможно, он принимает участие в генетической рекомбинации, приводя в действие механизм расплетания ДНК посредством локальной денатурации.

«Nature», v. 227, 1970, No 5265, p. 1313 (Англия).

● В лимфоцитах человека антилимфоцитарный белок вызывает *in vitro* синтез значительных количеств интерферона. Е. Фальков с сотрудниками (Франция) установили, что этот интерферон имеет молекулярный вес около 50 000. Кинетические исследования указывают на существование связи между РНК, синтезируемой в лимфоцитах под стимулирующим влиянием антилимфоцитарного белка и образующей многочисленные сложные комплексы, и молекулярными механизмами индукции синтеза интерферона.

«Comptes rendus de l'Academie des sciences», Ser. D, v. 271, 1970, p. 545 (Франция).

● Л. Берманом (США) установлено, что препараты экзогенного интерферона заметно угнетают вирусную инфекцию (вирус саркомы Молони) у мышей, причем развитие опухоли выключает действие полицитидиловой полиинозиновой кислоты, стимулирующей синтез эндогенного интерферона. В другой работе, посвященной изучению экзогенного интерферона, Р. Жабриэль (США) показал его защитную роль против малярии, вызываемой *Plasmodium berghei*.

«Nature», v. 227, 1970, No 5262, p. 1120 (Англия).

● На конгрессе в Париже (21—25 сентября 1970 г.) по биологической защите растений особый интерес вызвали доклады о жуках-сверлильщиках, вредителей зерновых, и о различных методах борьбы с ними. Широко обсуждались проблемы использования гербицидов и пестицидов, а также методы эффективного контроля их действий.

«La Recherche», v. 1, 1970, No 6, p. 562 (Франция).

● Т. Брок и Г. Дарланд (Индианский университет, США) исследовали бактериальное население около 300 горячих источников Йеллоустонского национального парка и других районов США, а также Новой Зеландии и Исландии. Оказалось, что хотя в

щелочных источниках бактерии выдерживают температуру до 100°C, сдвиг pH в кислотную сторону уже связан с меньшей термоустойчивостью. Так, при pH 2—3 верхняя температурная граница термостабильности лежит в области всего лишь 75—80°C.

«Science», v. 169, 1970, No 3952, p. 1315 (США).

● XVI сессия Генеральной конференции ЮНЕСКО рассмотрела новый крупный научный проект — программу «Человек и биосфера», рассчитанную на два года (1971—1972 гг.). Основные задачи этой программы, в которую включены исследования по 31 крупной теме, — всестороннее изучение природной среды, исследование взаимного влияния природы и человека, содействие рациональному использованию и сохранению, а когда это возможно — и возобновлению природных ресурсов. Решено создать Международный координационный совет из 25 государств-членов и Всемирную систему научно-технической информации.

«Новости ЮНЕСКО», 1970, No 11, стр. 4—5.

● В новых заповедниках создано недавно в Польше. Среди них — лесные заповедники в долине Лопушны (Краковское воеводство), в Цисах (Келецкое воеводство), в урочище Перкуць (Белостокское воеводство); геологический заповедник «Скалы гномов» в Нижней Силезии и др. Всего в Польше теперь 550 заповедников общей площадью свыше 50 тыс. га.

«Польское обозрение», 1970, No 49, стр. 13.

● Во Франции разработана программа мероприятий в целях охраны среды, предусматривающая борьбу с загрязнением воздуха и речных водоемов, запрещение применения мощных средств, не поддающихся на 80% распаду под действием ферментов, проведение мелиоративных работ, составление экологических карт водоемов.

«Новости ЮНЕСКО», 1970, No 11, стр. 7.

● Президиум АН СССР присудил золотую медаль имени Д. К. Чернова 1970 г. академику Андрею Анатольевичу Бочвару за серию работ по металловедению металлов и сплавов.

Портрет ученого

Л. С. Абрамов
Кандидат географических наук
Москва

ДМИТРИЙ ИВАНОВИЧ ЩЕРБАКОВ. Жизнь и деятельность, 1893—1966. М., «Наука», 1969, 288 стр., ц. 1 р. 39 к.

Многочисленные друзья и соратники академика Д. И. Щербакова пожелали, чтобы память о Дмитрии Ивановиче запечатлелась не только в публикациях его трудов, но и в книге о нем. Так родился этот сборник. Он отнюдь не был задуман как популярное издание. Но рассказ о выдающемся ученом и прекрасном человеке, созданный значительными и близко его знавшими людьми, не может не найти отклика у широкой аудитории.

В первую часть сборника вошли статьи специалистов, анализирующие вклад Д. И. Щербакова в различные области наук о Земле. Проблемы строения земной коры, ее тектонической и химической истории; генезис минералов и абсолютный возраст горных пород; закономерности образования рудных полезных ископаемых; исследования Памира и Кавказа, Крыма и пустыни Каракум, изучение Арктики и Антарктики — во всем этом Д. И. Щербаков сказал свое веское слово. И сказал с присущей ему ясностью и убедительностью.

На счету Д. И. Щербакова открытия ртутных и серных месторождений, урановых руд и залежей фосфоритов. Он выдвинул общие представления о сурмяно-ртутном поясе, о главных закономерностях распределения руд (металлогении) Средней Азии и Кавказа, сыгравшей большую роль в последующем поиске месторождений. Он высказал мысли о геологическом под-

бии межматерикового Северного Ледовитого океана со Средиземным морем, а также о том, что глубоководные океанические впадины представляют собой современные геосинклинали, т. е. особенно активные участки земной коры.

Наконец, Дмитрий Иванович был одним из энтузиастов обогащения геологии геохимическими и геофизическими методами исследования, много сделал для внедрения «абсолютного» летоисчисления (по распаду радиоактивных веществ), опорного и сверхглубинного бурения, разрабатывал специальные карты металлогении.

Маршруты путешествий Д. И. Щербакова охватили огромные пространства от Камчатки и Таиланда на востоке Евразии до Мексики и Соединенных Штатов Америки. Он ступал на морские льды у Северного полюса и поднимался на горные ледники Памиро-Алая, участвовал в морских экспедициях и пересекал безводные пустыни.

Дмитрию Ивановичу Щербакову повезло и на учителей, и на соратников, и на друзей. В. И. Вернадский и А. Е. Ферсман, Ф. Ю. Левинсон-Лессинг и Д. С. Белянкин, В. А. Обручев и О. Ю. Шмидт — целая когорта выдающихся геологов, геохимиков, минералогов, географов. Надо было самому быть незаурядным исследователем, умным и привлекательным человеком, чтобы завоевать любовь и уважение таких людей. И, конечно же, Д. И. Щер-

баков обладал этими качествами. Он был талантливым и благодарным учеником, а впоследствии умел и любил сам учить людей и помогать им. Замечательный рассказчик, он был и внимательным слушателем. Наконец, он умел в новом угадывать стоящее, перспективное, и с удовольствием оказывал ему всяческую поддержку.

Поэтому не приходится удивляться, что особенно удачной в книге получилась вторая часть — воспоминания о Дмитрии Ивановиче. Почти сорок небольших новелл с трогательной теплотой рисуют образ разностороннего, приветливого, сердечного человека. Авторы этих воспоминаний — крупные ученые и друзья Д. И. Щербакова. Среди них первый экспедиционный учитель Дмитрия Ивановича проф. И. И. Пузанов и старейшина советских геологов акад. Д. В. Наливкин, академики Г. С. Дзоценидзе, А. В. Сидоренко и И. И. Артоболевский, географы Э. М. Мурзаев и Б. А. Федорович, кинорежиссер В. А. Шнейдеров и жена Дмитрия Ивановича — Вера Дмитриевна.

Перед читателем проходят годы детства и юношества Дмитрия Ивановича, проведенные в Крыму, где родилась его любовь к природе и путешествиям. Рассказывается о многочисленных экспедициях, в которых участвовал Дмитрий Иванович. Мы узнаем, что этот необычайно мягкий человек, доброжелательностью которого порой даже

злоупотребляли окружающие, когда надо проявлял не только твердость и решительность, но и бесстрашие, например при работе в районах, где действовали басмачи.

Энергичный и предприимчивый, Дмитрий Иванович много времени и сил отдавал организационной работе. Он сотрудничал в Комиссии по изучению производительных сил (КЕПС) и в Радиевом институте, заведовал крупными отделами в Геологическом институте АН СССР и во Всесоюзном институте минерального сырья. Он руководил научными работами Памирской и Памиро-Таджикской экспедиций, в годы Отечественной войны возглавлял поиск полезных ископаемых на Кавказе. Долгие годы он был одним из руководителей Отделения геолого-географических наук АН СССР и в течение десяти лет возглавлял его в качестве академика-секретаря. И на всех этих ответственных постах проявлялось его редкое умение сплавлять вокруг себя людей, зажигать их верой в успех.

Рассказывая о встречах с Д. И. Щербаковым в лаборатории и у скального обнажения, в тиши кабинета и у экспедиционного костра, каждый из его друзей и соратников дополняет что-то свое, и часто новое, неожиданное, к коллективному портрету.

В третьей части сборника, наряду с письмами ученого, приветствиями, полученными Д. И. Щербаковым ко дню его 70-летия, а также некоторыми официальными материалами, помещены две его ранее не публиковавшиеся рукописи. Если одна из них, «Мои первые шаги в Средней Азии» (1962 г.), — скорее любопытная деталь, то конспективные «Автобиографические очерки» (1961) — произведение значительное и яркое, во многом очень характерное для его автора. Здесь поражает и емкость мысли, и строгая, объективная оценка своей деятельности на каждом из этапов. И о чем бы ни говорилось в очерках — о юношеских или студенческих годах, о работе в Крымском университете или в Комиссии по изучению производительных сил, о ленинград-

ском или московском периодах довоенной жизни Д. И. Щербакова, наконец о последних годах после избрания его академиком, — всегда с исключительной теплотой и уважением Дмитрий Иванович пишет об учителях и товарищах, критично и скромно — о себе.

В книге не раз упоминается, что Дмитрий Иванович был блестящим популяризатором. Об этом говорится то в связи с его участием в популярных журналах, то в связи с описанием его многочисленных путешествий, то при воспоминаниях о его работе как консультанта в кино. Пожалуй, представления о нем именно в этой области в книжке оказались наименее обобщенными. Мне, проработавшему с Д. И. Щербаковым около десяти лет в редакции «Природы», главным редактором которой Дмитрий Иванович был с 1956 по 1966 гг., хотелось бы сказать два слова об этой стороне его деятельности.

Для того чтобы стать популяризатором, мало быть крупным ученым и хорошо владеть пером. Надо любить это трудное дело, страстно хотеть поделиться с людьми своими знаниями. Тогда найдется минута, чтобы сделать интересную запись в полевом дневнике, возникнет желание посидеть за полночь у письменного стола над популярным очерком, появятся силы, чтобы поехать на очередную лекцию, заседание клуба кинопутешественников или встречу с юными натуралистами во дворце пионеров.

Дмитрий Иванович, вслед за его учителем А. Е. Ферсманом, считал, что популяризация — дело серьезное. И он привык мыслить так четко и образно, что его сугубо научные статьи иногда читались как очерки, а выступления в массовой печати порой содержали крупные научные обобщения, еще не публиковавшиеся в специальных журналах. Сюжеты для популяризации Дмитрий Иванович выбирал самые сложные. Собственно, он писал о том, что его волновало, и умел показать, почему это важно. Любимым жанром Дмитрия Ивановича был путевой очерк, который обычно дополнялся прекрасными фото-

графиями. По словам Дмитрия Ивановича, он никогда не расставался с фотоаппаратом, а его фотографии не раз выставлялись в витринах «Известий» на площади Пушкина в Москве.

Если бы собрать воедино избранные популярные статьи Д. И. Щербакова, получилась бы отличная хрестоматия по самым основным вопросам современной геологии.

Дмитрий Иванович не только писал сам — он очень много сделал для развития нашей популярной литературы. Редактирование популярных книг его учителя А. Е. Ферсмана, участие в редколлегиях популярных журналов и серийных изданий, причем не формальное, а вплоть до редактирования рукописей, беседы с начинающими популяризаторами науки — во все это вкладывал Д. И. Щербаков частичку своей души, своего сердца.

Напомнить нам о нем и призвана эта хорошая книга.

Новые книги

Р. Клосс, Л. Фасси. ОБЛАКА. Л., Гидрометеиздат, 119 стр., ц. 56 к.

Книга известных французских ученых Роже Клосса и Леопольда Фасси удачно дополняет имеющуюся научно-популярную литературу по метеорологии. Познакомившись с главами «Облако под микроскопом», «„Стадный“ инстинкт облаков», «Опасные облака», «Облака и человечество» и др., читатели получат много интересных сведений, касающихся не только природы облаков, но и истории их исследования — от первой классификации, составленной знаменитым французским естествоиспытателем Ж.-Б. Ламарком, до современных экспериментов по активному воздействию на облака.

Развитие работ Н. И. Вавилова о происхождении культурных растений

Ю. П. Лаптев
Кандидат биологических наук
Московская область

П. М. Жуковский. МИРОВОЙ ГЕНОФОНД РАСТЕНИЙ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ. МЕГАГЕНЦЕНТРЫ И ЭНДЕМИЧНЫЕ МИКРОГЕНЦЕНТРЫ. Л., «Наука», 1970, 87 стр., ц. 42 к.

В 1926 г. Н. И. Вавилов намечает основные очаги происхождения важнейших культурных растений: Юго-Западную Азию, Юго-Восточную Азию, Средиземноморье, Абиссинию (Эфиопию), Мексику, Перу и сопредельные страны.

К 1933 г. экспедиции Всесоюзного института растениеводства, возглавляемого Н. И. Вавиловым, охватывают уже 60 стран четырех континентов. На основе обобщения новых материалов в 1935 г. Николай Иванович устанавливает следующие основные центры происхождения важнейших культурных растений:

- I. Китайский.
- II. Индийский.
- IIa. Индо-Малайский.
- III. Среднеазиатский.
- IV. Переднеазиатский.
- V. Средиземноморский.
- VI. Абиссинский.
- VII. Южно-Мексиканский и Центрально-Американский.
- VIII. Южно-Американский (Перувиано-Эквадор-Боливийский).
- VIIIa. Чилоанский.
- VIIIb. Бразильско-Парагвайский.

Этой работой Н. И. Вавилов открыл своим современникам поразительное богатство мира культурных растений и перспектив их использования в селекции. Им же были вы-

явлены некоторые закономерности расселения культурных растений, которые позволили вести целесообразные поиски исходного материала для селекции.

В 1970 г. Ленинградским отделением издательства «Наука» выпущена в свет небольшая, скромная брошюра известного советского ботаника, генетика и географа Петра Михайловича Жуковского, озаглавленная «Мировой генофонд растений для селекции (мегагенцентры и эндемичные микрогенцентры)». Предельно лаконичная публикация, казалось бы неожиданно, вызвала оживленные дебаты среди советских и зарубежных биологов.

Необычайный интерес к книге, в сущности, объясняется просто. Эта книга является завершением работы, начатой Н. И. Вавиловым, и вместе с тем изложением новых идей о центрах происхождения и центрах разнообразия культурных растений.

После обнародования классического труда Н. И. Вавилова прошло более тридцати лет. За это время открыто много новых фактов, проливающих свет на происхождение целого ряда культурных растений. Уже после смерти Н. И. Вавилова (1942 г.) раскрыта загадка появления основных хлебных злаков планеты — мягкой и твердой пшеницы. Было установлено, что пшеница не могла возникнуть без некоторых видов эгилопсов и дикой пшеницы, наследственная основа которых послужила вкладом в генетический багаж, приобретенный культурной пшеницей.

Выяснение родословной твердой пшеницы заставило пересмотреть мнение Н. И. Вавилова об Абиссинии (Эфиопии) как родине этого вида. Несмотря на то, что Эфиопия по ботаническому внутривидовому разнообразию твердой пшеницы и ячменя не имеет себе равных, она не могла быть ботанико-географическим районом происхождения этих злаков, так как здесь не обнаружено ни одного эгилопса, ни одной дикой пшеницы, ни одного дикого вида ячменя. Это и ряд других фактов показали ботаникам, что центры происхождения видов не всегда совпадают с их центрами разнообразия, как полагал Н. И. Вавилов.

Последние два десятилетия знаменательны появлением новых генетических и цитогенетических классификаций таких важнейших культурных растений, как пшеница, ячмень, рожь, рис, овес, сахарный тростник, картофель, томат, хлопчатник, кофе и др. Значительно расширились также историко-археологические и лингвистические сведения о растениях, проводятся более глубокие химико-физиологические исследования.

П. М. Жуковский, помимо центров происхождения культурных растений, выявленных Н. И. Вавиловым, называет также новые центры происхождения и впервые выделяет узкие эндемичные микрогенцентры культурных растений.

Насколько нам позволяет объем настоящей статьи, рассмотрим основные ботанико-географические центры происхождения главных возделываемых растений по П. М. Жуковскому.

I. Китайско-японский генцентр (по Н. И. Вавилову — Китайский, или Восточноазиатский). Включает Восточный Китай, Корею и Японию. Родина риса посевного, проса метельчатого, чумизы, гаоляна, голозерного овса, сои культурной, редьки, унаби, восточной хурмы, апельсина сладкого, мандарина, шелковицы, чая и др.

II. Индонезийско - индокитайский генцентр (по Н. И. Вавилову — Индо-Малайский, или Южноазиатский тропический). Охватывает Индокитай, Индонезию и Малайский архипелаг. Родина яванского подвида риса посевного, хлебного дерева, дуриана, мангустана, лимона, кокосовой пальмы, сахарной пальмы и др.

III. Австралийский генцентр. Выделен впервые П. М. Жуковским. Родина эвкалиптов, 9 диких видов хлопчатника, некоторых цитрусовых, большей части видов акаций и др.

IV. Индостанский генцентр (по Н. И. Вавилову — Индийский, или Южноазиатский тропический). Родина индийского подвида риса посевного, эндемичной шарозерной пшеницы, дагуссы, сахарного благородного тростника, маша, многих форм нута культурного, каннавалии, баклажана, огурца, люффы, цитрона, хлопчатника древовидного, конопли индийской, перца черного и др.

V. Среднеазиатский генцентр (соответствует Среднеазиатскому, или Юго-Западноазиатскому Н. И. Вавилова). Включает Афганистан, Таджикистан и Узбекистан с Западным Тянь-Шанем. Родина карликовых и

инфлятных мягких пшениц, гороха мелкосемянного, чины посевной, льна-кудряша масличного, сафлора, дыни культурной, лука репчатого, чеснока, миндаля обыкновенного, грецкого ореха, культурного винограда, люцерны синей и др.

VI. Переднеазиатский генцентр (так же и по Н. И. Вавилову). Охватывает горную Туркмению, Иран, Закавказье, Малую Азию и Аравию. Родина пшениц: диких и культурных однозернянок, закавказской и колхидской полбы, популяции Зандури, состоящей из видов *T. timopheevii* Zhuk. и *T. zhukovskyi*, исфаханского эммера, персидской пшеницы Вавилова, мягкой пшеницы, спельты, маха, а также дикой многолетней и сорно-полевой ржи, дикого и культурного двурядного ячменя, сливы домашней, кизила, лавровишни и др.

Необходимо отметить, что автором «Мирового генофонда растений для селекции» внесен наиболее крупный вклад в исследование пшениц переднеазиатского генцентра. С именем П. М. Жуковского так или иначе связаны наиболее иммунные пшеницы мира — *Triticum timopheevii* Zhuk., *T. zhukovskyi* Men. et Eriz., *T. militinae* Zhuk. et Migush., *T. persicum* Vav. [ex Zhuk]. Вид *Timopheevii* Zhuk. явился основным источником цитоплазматической мужской стерильности в мировой селекции пшеницы на гетерозис («гибридная пшеница») и исходным видом при создании ряда зарубежных иммунных коммерческих сортов (Ли, Конли, Тимстейн, Тимвера, Милам, Джустин и др.). Во Франции Эсло на основе *T. timopheevii* получил иммунный автополиплоидный вид *T. timonovum* Heslof.

VII. Средиземноморский генцентр (дан целиком по Н. И. Вавилову). Охватывает территорию 17 государств. Родина пшениц: дикой двузернянки, тургидум, твердой и «польской», а также подвида средиземноморского ячменя многогранного пленчатого, канареичника, люпина синего, желтого и белого, льна культурного крупносемянного, клевера александрийского, укропа,

брюквы, чуфы, маслины, лавра благородного, дуба пробкового и др.

VIII. Африканский генцентр (включает также Абиссинский очаг Н. И. Вавилова). Родина сорго, африканского проса, клецшевины, травянистого хлопчатника, арбуза, вигны, голубинового гороха, кофе арабского, финиковой пальмы, масличной пальмы, кола и др.

IX. Европейско-сибирский генцентр. Выделен впервые П. М. Жуковским. Родина сахарной свеклы, льна-долгунца (северо-запад Европейской равнины СССР), клевера красного, розового и белого, желтой и северной люцерны, лесных яблони и груши, бобовника, винограда амурского, земляники лесной, облепихи, кендыря, хмеля, конопли и хрена.

X. Среднеамериканский генцентр (по Н. И. Вавилову — Южно-Мексиканский и Центральнo-Американский). Включает Мексику, Гватемалу, Коста-Рику, Гондурас и Панаму. Родина кукурузы, фасоли обыкновенной, лимы, многих видов картофеля, тыквы, какао, батата, хлопчатника-упланда, табака и махорки, перца овощного, авокадо и др.

XI. Южноамериканский генцентр (объединяет Южноамериканский, Чилоанский и Бразильско-Парагвайский очаги происхождения, по Н. И. Вавилову). Родина культурных индейских и ряда диких видов картофеля, лопающейся кукурузы, перувианского (так называемого «египетского») хлопчатника, арахиса, томата, маниока, дынной груши, ананаса, дынного дерева, хинного дерева, земляники чилийской и др. Именно отсюда по земному шару распространился культурный тетраплоидный картофель.

XII. Североамериканский генцентр. Выделяется впервые. Родина 21 вида американского винограда, многих травянистых дикорастущих видов подсолнечника, топинамбура, картофеля Джеймса, земляники виргинской, ореха калифорнийского, индейского дикого риса и др.

Таким образом, П. М. Жуковский добавил к центрам Н. И. Вавилова четыре новых мегагенцентра: Австралийский, Всеафриканский, Европско-Сибирский и Североамериканский.

В книге П. М. Жуковского, помимо макрогенцентров происхождения культурных растений, впервые дается обзор и карты многочисленных узкоэндемичных микрогенцентров (популяции пшеницы Зандури в Грузии, африканской многолетней ржи, абиссинского овса, многолетнего го-

роха, некоторых видов картофеля и хлопчатника и др.).

Селекционное значение микрогенцентров автором показано, в частности, на примере душистого горошка. Это бобовое растение в диком состоянии известно лишь в Сицилии. В процессе одомашнивания оно проявило необычайную способность мутировать и ныне его многочисленные сорта, изумляющие богатством цветовой гаммы, завоевали сердца цветоводов и распространились по всему миру.

Макрогенцентры П. М. Жуковского в целом охватывают и центры происхождения культурных растений Н. И. Вавилова. Вместе с тем выделяются новые первичные и вторичные генцентры происхождения. Безусловно, если бы Н. И. Вавилов был жив, то ему пришлось бы проделать аналогичную работу. Ныне работа Н. И. Вавилова в отношении генцентров значительно развита его ближайшим соратником Петром Михайловичем Жуковским.

Выдающееся исследование по генетике человека

В. П. Алексеев
Доктор исторических наук
Москва

В. П. Эфроимсон. ВВЕДЕНИЕ В МЕДИЦИНСКУЮ ГЕНЕТИКУ. Изд. 2-е, доп. и перераб., «Медицина», 1968, 396 стр., ц. 2 р. 55 к.

Медицинская генетика в нашей стране имеет славные традиции. В 30—40-е годы, благодаря выдающимся открытиям в области цитогенетики, открытию и анализу популяционных эффектов, в том числе и в человеческих популяциях, обстоятельному обследованию популяций Советского Союза, разработке теории медико-генетической консультации, советская популяционная и медицинская генетика выдвинулась на одно из первых мест в мире. Крупный современный антропогенетик и биометрик англичанин Л. Пенроуз писал в 1966 г. по поводу цитогенетических исследований советских ученых Х. Г. Андреса, П. И. Живаго, что «если бы эти лаборатории в СССР продолжали работать, то большинство из открытий по кариотипу человека, сделанных в течение последних девяти лет, могли бы появиться на двадцать лет раньше» (Proceedings of the Royal Society, ser. B, 1966, v. 163, p. 311).

Особенно велика была в те годы

роль Медико-генетического института, который направлял и координировал соответствующие исследования во всей стране. Четыре тома трудов Института, изданных в 1932—1936 гг., содержат богатый материал как по генетическому анализу отдельных заболеваний, так и по их распространению в популяциях. Работниками Института была собрана уникальная коллекция данных в области близнецовых и посемейных исследований, позволившая поставить на твердую почву фактов изучение типов наследования многих заболеваний.

Весь этот обширный комплекс работ на заре медико-генетических исследований имел не только огромное теоретическое, но и непосредственно практическое значение, аводя в мышление медиков представление о мощном факторе патологии — наследственном факторе.

Приостановка на много лет отечественных исследований по генетике,

в том числе и по медицинской генетике, значительное уменьшение генетической и общепрологической информации, привело в нашей стране не только к снижению темпов и конкретных результатов во многих областях биологии, но и к нарушению традиций, в силу которых молодежь, идущая в науку, подхватывает эстафету из рук предшествующего поколения. Пришлось начинать почти сначала, собирая, разыскивая старые кадры генетиков и постепенно, очень медленно готовя новые.

В этих обстоятельствах книга В. П. Эфроимсона по медицинской генетике человека, выпущенная издательством «Медицина» в 1964 г. первым изданием, сыграла огромную роль сразу в нескольких отношениях. Она явилась превосходным учебным руководством, дав студентам и лицам, специализирующимся в области человеческой генетики, документальный и строго проверенный материал, очень полную сводку самых раз-

нообразных генетических данных, показавших советскому читателю основные достижения медицинской генетики за рубежом. И вместе с тем эта книга была самостоятельным творческим трудом. Полнота фактов не заслонила от автора проблем науки, а, наоборот, была использована им для разработки плодотворных и интересных гипотез. Первое издание «Введения в медицинскую генетику» быстро разошлось и давно стало библиографической редкостью.

Второе издание книги В. П. Эфроимсона, вышедшее в 1968 г., существенно отличается от первого. Прежде всего, книга выросла по объему приблизительно на шесть печатных листов. Во второе издание включены новейшие данные, появившиеся за последние годы, что, учитывая необычайно широкий разворот медико-генетических исследований, потребовало от автора огромного труда. Данные эти публикуются в сотнях изданий, и поэтому даже отыскание их — нелегкая задача. Тем более трудна их систематизация в увязке с кардинальными проблемами генетической науки, извлечение из них новой теоретической информации, обогащение ею устоявшихся представлений и изменение их в соответствии с новыми фактами. Автор справился с этой задачей блестяще и опять подарил нам произведение, которое не только стоит на уровне последних достижений медицинской и общей генетики, не только смело ставит ряд новых актуальных вопросов, но по самому характеру своему устремлено к завтрашнему дню науки.

Многочисленность и разнообразие рассматриваемых тем в корне отличают книгу В. П. Эфроимсона от других сочинений подобного рода. Медико-генетическая литература довольно регулярно реферировается в генетических журналах, часто появляются обширные обзоры как по отдельным темам (главным образом, посвященные той или иной группе заболеваний), так и общего характера. На основе регулярного учета литературы составлено несколько капитальных сводок; некоторые из них написаны коллективами авторов, очень обширны и выпущены в не-

скольких томах. Построенные по одному плану, они представляют собой более или менее полный «репертуар» наследственных заболеваний с характеристикой способов их наследственной передачи, а иногда и описанием популяционно-генетических эффектов. Но в подобных изданиях мы не найдем того рассмотрения общих проблем медицинской генетики на фоне широкой панорамы антропогенетики в целом, которое составляет основное содержание рецензируемой книги.

Огромное внимание уделено в книге изучению популяций. Автор не касается непосредственно вопросов, связанных с теорией популяций, их численностью, структурой, внутривнутрипопуляционными связями, но широко использует все результаты теории популяций и популяционные закономерности при трактовке конкретного медико-генетического материала. Так, автор постоянно сообщает сведения о частоте тех или иных заболеваний в разнообразных популяциях, а когда это возможно, приводит карты распространения заболеваний по земному шару или по отдельным районам с особо интенсивными очагами поражения. Высокая концентрация наследственных болезней, контролируемых одним или двумя генами, сопоставляется в отдельных случаях с замкнутой структурой соответствующих популяций и удачно объясняется генетико-автоматическими процессами.

Одним из аспектов популяционного подхода к медицинской генетике является широкая трактовка В. П. Эфроимсоном теоретически важного и неоднократно обсуждавшегося, но фактически малоисследованного вопроса о роли селекции у человека. В принципе такое словоупотребление не совсем правомерно, так как слово селекция чаще употребляется в смысле направленной переделки природы какого-то вида, и поэтому применительно к человеку лучше говорить просто о роли отбора. Автор в подавляющем большинстве случаев так и делает, разбирая проблему отбора на примерах групповых факторов крови и аномальных гемоглобинов. Он суммировал все имеющиеся данные о связи

групп крови системы АВО с склонностью к различным заболеваниям. В доказательство такой связи автор неоднократно показывает довольно тесную статистическую зависимость между носительством определенной группы крови и тенденцией к заболеваниям пищеварительного тракта, в частности рака желудка и различных отделов кишечника, а также многочисленные инфекции. Таким образом, патогенный фактор на какие-то периоды времени становится мощным стимулятором отбора и определяет в конечном итоге то или иное соотношение групп крови, характерное для популяции. В. П. Эфроимсон делает вполне справедливый вывод, что и другие группы крови, по-видимому, представляют собой результат аналогичного действия отбора, хотя прямых фактов, иллюстрирующих их связь с заболеваниями, пока мало.

Другой очень красноречивый пример действия отбора в человеческом обществе — полиморфизм гемоглобина. В тропических районах, где распространена малярия, распространен и гемоглобин S (талассемия, или серповидноклеточная анемия). В. П. Эфроимсон не только разбирает все предложенные до сих пор модели эволюции аномального гемоглобина S в связи с малярийной средой и влиянием на нее человеческой деятельности, он формулирует и обстоятельно аргументирует гипотезу, которая впервые объясняет преимущественную устойчивость гетерозигот к малярии по сравнению с гомозиготами. В. П. Эфроимсон называет ее гипотезой неполной среды. Нормальный гемоглобин предоставляет малярийному паразиту оптимальные условия для развития и функционирования. Аномальный гемоглобин отличается от нормального лишь неспособностью синтезировать один из структурных компонентов, но этого уже достаточно, чтобы малярийный паразит не мог развиваться в кровяном русле. Однако гипотеза неполной среды, кстати сказать, широко аргументированная автором и в других работах, не только хорошо объясняет этот частный случай, но и вообще solu-

жит эвристическим принципом анализа аналогичных ситуаций и поэтому может рассматриваться как крупное биологическое обобщение.

Общий вывод, к которому приходит В. П. Эфроимсон, исключительно значим и в биологическом, и в социологическом отношениях: действие отбора в человеческом обществе демонстрируется многими бесспорными фактами. Бесспорна его роль не только в формировании морфофизиологических особенностей современного человека в целом, но и в возникновении отдельных, в том числе и патологических, особенностей, характерных для локальных популяций. Отбор сохраняет свою роль и в современном человечестве.

Под этим углом зрения рассмотрены все системы балансируемого наследственного полиморфизма. Это явление, описанное Г. Фордом, сводится к тому, что признак имеет несколько фенотипических выражений, находящихся в более или менее стандартном процентном соотношении, которое поддерживается отбором. В. П. Эфроимсон суммировал всю имеющуюся информацию, вычислил коэффициенты отбора для многих полиморфных признаков, показал, используя имеющиеся эмпирические наблюдения, часто очень немногочисленные и фрагментарные, приспособительную ценность отдельных проявлений признаков. Глава о полиморфизме по многообразию привлеченных систем, глубине трактовки проблемы, полному использованию существующих в литературе данных и четкости изложения является бесспорно лучшей на русском языке и одной из лучших в мировой литературе сводок по полиморфизму и его значению в эволюции человека.

Наследственные болезни описаны по двум группам — хромосомные болезни и болезни обмена. Характеризуя хромосомные аномалии, автор не только объясняет причину их возникновения, но и описывает морфологические проявления болезни, а также связанные с ней физиологические нарушения. Почти для всех рассмотренных в книге болезней обмена приведены родословные, позволяющие судить достаточно точно

о характере их наследственной передачи. В соответствии с опубликованными О. Фершутером сведениями, на которые ссылается В. П. Эфроимсон, подавляющее большинство из этих болезней передается по доминантному типу. Интересно, что из 350 наследственных аномалий человека более 280 передаются по доминантному типу, в то время как у животных большинство аномалий рецессивны. Автор вполне обоснованно объясняет это как результат очень трудного обнаружения рецессивных мутаций у человека вследствие малочисленности детей в семьях и сравнительной редкости браков между близкими родственниками.

Многие наследственные аномалии дают не только морфофизиологический, но и психонервный эффект. Они с трудом поддаются лечению препаратами и имплантацией тканей, и поэтому автор обсуждает проблему трансплантации, иногда терапевтически необходимой. Разрешение общеизвестной трудности, состоящей в несовместимости крови и тканей донора и реципиента, он видит в создании так называемой толерантности, то есть физиологической «терпимости» в пределах группы людей. Предложенный метод взаимной пересадки тканей в детском возрасте с целью преодоления несовместимости выглядит перспективным, хотя и сопряжен с трудностями как теоретического, так и организационного порядка. По-видимому, перспективным в этом отношении будет и переливание крови.

Две последние главы книги посвящены генетике рака и лучевой болезни. Автор очень осторожно трактует гипотезу генетической обусловленности рака и, хотя и склоняется к ней, но не отрицает и вирусной гипотезы. Развиваемое им общее представление, аргументированное частично и в предшествующих статьях, опирается на тот достаточно хорошо доказанный факт, что опухолеродные вирусы в целом не специфичны, то есть вызывают опухоли разных типов. Канцерогенность вызывается общей природой вируса, живущего за счет ДНК, осуществляющего, так сказать, микропаразитизм, паразитизм на молекулярном

уровне. На этом основании автор и защищает генетическую теорию рака.

В заключение остановимся на главе, посвященной медико-генетической консультации. Она предшествует главам о проблемах канцерогенеза и лучевой болезни, но именно в ней сосредоточена та часть медико-генетического материала, который имеет основное практическое значение. В. П. Эфроимсон уделяет большое внимание описанию медико-генетической консультации в различных странах, выделяя Японию, где это дело поставлено особенно хорошо. Он перечисляет и кратко характеризует несколько десятков наследственных патологий, для которых возможна фиксация наследственного предрасположения и расчет вероятности их появления в браках. Приведены формулы и примеры таких расчетов, легко доступные врачам. Медико-генетическую консультацию, обоснованную теоретически и хорошо организованную, автор считает, и вполне справедливо, гораздо более мощной системой мероприятий, чем превентивные меры, рекомендуемые традиционной евгеникой. В последнем разделе главы о медико-генетической консультации подвергнуты яркой критике различные социал-дарвинистические взгляды.

Подведем итог. Книга В. П. Эфроимсона — большое событие в советской и мировой литературе по антропогенетике. Это обширная сводка медико-генетических данных, одновременно яркое исследование и источник новых оригинальных и интересных гипотез. Эти гипотезы, трактовка автором фактов, добытых как мировой наукой, так и в процессе его собственной работы, представляют собой крупный вклад не только в медицинскую, но также в общую и популяционную генетику человека. Велико и воспитательное значение книги. С одной стороны, это образец философского рассмотрения теоретических вопросов медицинской генетики, с другой — книга, практически полезная биологу, врачу, педагогу и при углубленном чтении доступная всем тем, кто серьезно интересуется генетикой человека.

Феномен времени

В. К. Шапоров
Москва

ВРЕМЯ И СОВРЕМЕННАЯ ФИЗИКА. Сб. статей. Перев. с франц. М., «Мир», 1970, 152 стр., ц. 35 к.

Наше существование, от инстинктов поведения до творческой деятельности, глубоко связано с понятием времени. Однако в течение всей истории человеческая культура (особенно в лице физической науки) рассматривала понятие времени как исходное. И лишь «двадцатый век, предельно сложный» (Я. Смеляков) через теорию относительности, квантовую механику и теорию информации сумел подвергнуть свойства реального времени (и пространства!) физическому и математическому анализу.

Обо все этом и идет речь в рецензируемом сборнике, выходя в свет которого предшествовала более чем пятилетняя работа коллектива 12 ученых-физиков. Используя обширный и интересный материал, авторы рассматривают большой круг вопросов, объединенных в четыре раздела: «Время в классической физике», «Пространство и время», «Время и информация в вероятностной физике», «Время в микрофизике». Фундаментальность и сложность проблемы времени хорошо отмечена одним из авторов сборника Пьером Костабелем: «Предмет... обсуждения — время — таков, что возникает пропасть... еще глубже и шире, чем та, которая существует между людьми, говорящими на разных языках», ибо «как же постичь и проанализировать то, что лежит в основе самого познания!» (стр. 95). Всем содержанием работы ученые убеждают, что пропасть эта, эти трудности не являются непреодолимыми.

Если попытаться выявить стержневую идею сборника, ее, пожалуй, можно сформулировать следующим

образом: проблема времени в ее историческом развитии и мировоззренческом значении. Ну и что, — скажет дотошный читатель, — еще одна, $n + 1$ книга по этой теме. Я думаю (и уверен в согласии со мной всех, кто читал сборник), что есть целый ряд моментов, которые заметно выделяют книжку французских авторов в литературе по проблемам времени.

Во-первых, сама исходная позиция: минимум чисто технических деталей, «наука не должна быть доступной лишь посвященным» (стр. 20). Мне хочется привести здесь еще одну, глубокую по мысли, цитату: «Живя в бурном мире вместе со всеми людьми, по мере своих талантов, со всей долей ответственности ученые принимают активное участие в его делах, поэтому между учеными и их современниками не должно быть никаких барьеров» (стр. 20—21). Этическая концепция авторов выражена очень определенно!

Во-вторых, удачно скомпонованный фактический материал (исторический и современный) позволил в небольшой по объему работе показать ряд фундаментальных направлений в исследовании времени.

В-третьих, большим достоинством книги является широкий, многоплановый подход к теме, что особенно проявляется в показе взаимодействия научных теорий, идей, направлений. Это взаимодействие носит самый различный характер. Так, например, Жан-Луи Кан и Робер Ленноне подчеркивают связь научного детерминизма с необходимостью точного определения местонахождения светил и точного измерения вре-

мени, да и сама идея об объективном и равномерно текущем времени пришла в физику из астрономии. Оливье Коста де Борегар отмечает существенную связь между кинематикой и оптикой, нашедшей «подтверждение в специальной теории относительности и в ее духовной дочери — волновой механике, где проявились глубокие связи между волновой теорией, с одной стороны, и кинематикой и даже динамикой — с другой», так как «со времени Луи де Бройля сама динамика в явном виде приобрела волновой характер и, таким образом, взяла неожиданный реванш у оптики и электромагнитной теории, сведя их к частному случаю волновой механики фотона» (стр. 116—117).

Поль Жермен пишет, что классическая механика выступила как продолжательница евклидовой геометрии, которая явилась первой четкой схемой «для построения некоего идеализированного мира, доступного для изучения при помощи математики» (стр. 41). Если принимать во внимание только «идеализированный мир», то попытки количественного определения понятия времени можно сгруппировать в два противоположных подхода (Жан-Луи Кан): 1 — нахождение непрерывно и равномерно (по предположению) протекающих явлений, 2 — подсчет числа качаний маятниковых часов или предполагаемых одинаковыми периодов. Однако законы механики в первом случае и законы термодинамики во втором приводят к пустой Вселенной.

Взаимопроникновение, взаимодействие понятийного аппарата, методов

и результатов исследований в современной науке отмечены и в заключении сборника. Действительно, биолог и психолог могут изучать время по-другому, иначе. Но результаты, уже полученные физикой, при этом нельзя не учитывать. «XX век — век пространства-времени, открытие которого имеет для человечества такое же значение, как

открытие вращения Земли вокруг Солнца. Все основные физические проблемы, от атомов до галактик, обсуждаются в настоящее время на языке четырехмерного пространства. Другие отрасли знания волей-неволей должны приспособливаться к этому языку, что изменяет саму постановку многих проблем» (стр. 122).

Укажем еще, что предисловие к

русскому изданию, написанное замечательным популяризатором, покойным проф. Д. А. Франк-Каменецким, хорошо вводит читателя в круг обсуждаемых проблем, хотя, пожалуй, это не столько компактное изложение основных идей книги, сколько самостоятельная статья, органично вплетающаяся в содержание сборника.

Новые книги

■ **Альфред Реньи. ПИСЬМА О ВЕРОЯТНОСТИ.** Перев. с венгерского. М., «Мир» (В мире науки и техники), 1970, 92 стр., ц. 21 к.

Первая книга известного венгерского математика Альфреда Реньи «Диалоги о математике» имела успех во всем мире. Это объяснялось как блестящей литературной формой изложения принципиальных вопросов математики, так и стремлением говорить о них с широких философских позиций. Те же самые достоинства позволяют предсказать большую популярность и новой книге Альфреда Реньи, вышедшей в русском переводе вскоре после безвременной смерти автора. Альфред Реньи умер в 1970 г., ему было 49 лет.

Книга о вероятности написана в форме датированных 1854 годом и тщательно стилизованных писем Блэза Паскаля Пьеру Ферма. Этот жанр избран автором, по его собственному признанию, чтобы показать в состоянии зарождения основные понятия теории вероятности и восстановить истоки связанных с ними острых философских дискуссий, которые не прекращаются и в наше время.

Альфред Реньи далек от мысли обмануть читателя. Придуманные им письма обнаружены придуманным проф. Труверьяном (Ничего-не-нашедшим) и посланы автору 1 апреля из Химеры.

■ **Ч. Хэнзел. ПАРАПСИХОЛОГИЯ.** М., «Мир», Перев. с англ., 1970, 320 стр., ц. 74 к.

Тематика этой книги — телепатия, ясновидение, предсказание будущего и психокинез (способность перемещать предметы силой мысли). «Полнота книги Хэнзела, — пишет в послесловии к русскому изданию проф. А. И. Китайгородский, — не подлежит сомнению. Все, что в области парапсихологии обращало на себя внимание и получало известность, нашло свое место на страницах книги». Автор ее полон доброжелательности к деятельности исследователей-парапсихологов: «Если то, что они утверждают, верно, — говорит Ч. Хэнзел, — то требуется пересмотр современной научной мысли, полный или хотя бы сравнимый с тем, который потребовался в биологии после Дарвина и в физике после Эйнштейна».

Наиболее фундаментальные парапсихологические эксперименты разобраны исключительно детально. Автор воссоздает обстановку, составляет дневник каждого исследования, тщательно анализирует результаты... и в заключение книги приходит к выводу: «Хотя потрачено много времени, сил и денег, до сих пор не получено ни одного приемлемого доказательства реального существования ЭСВ [экстрасенсорного восприятия]».

■ **Р. И. Галечникова, Ю. Г. Лумисте, Е. П. Ожигова, И. Б. Погребыский. ФЕРДИНАНД МИНДИНГ. 1806—1885,** Л., «Наука», Научно-биографическая серия. 1970, 223 стр., ц. 76 к.

Для создания очерков о жизни и деятельности крупного математика XIX в. Фердинанда Готлибовича Миндинга, почетного члена Петербургской Академии наук, понадобились усилия нескольких специалистов. Это связано, во-первых, с тем, что Миндинг был многогранным ученым, работавшим в различных областях математики и механики. Во-вторых, материалы о Миндинге находятся в архивах городов разных государств, так как он родился в Польше, учился в Галльском и Берлинском университетах, преподавал в Берлине, а с 1843 г. и до конца своих дней жил и работал в России, в Дерпте (Тарту).

Книга восстанавливает малоисследованную научную биографию ученого и прослеживает дальнейшее развитие выдвинутых им идей. Она привлечет внимание всех, кто интересуется историей математики.

■ **Марно Льюцци. ИСТОРИЯ ФИЗИКИ.** Перев. с итальянского. М., «Мир», 1970, 464 стр., ц. 3 р. 06 к.

В этой книге, которая представляет собой второй том издаваемой в

Италии «Истории науки», «автору удалось,—как говорится в предисловии к русскому переводу,—не размениваясь на мелочи, сохранить единое представление о развитии и состоянии физики, о специфических трудностях каждого этапа и методологических основах их разрешения». Кроме того, эту «Историю физики» отличает от аналогичных изданий, которых, кстати говоря, и у нас, и за рубежом немного, и другое немаловажное достоинство: хотя наибольшую информацию из книги извлечет специалист, ее с интересом прочтет и не искушенный в физике читатель, так как автор сумел, не погрешив против науки, почти полностью исключить математический аппарат.

Можно считать естественным, что Марио Льюцци особенно подробно описывает развитие итальянской физики. Хуже, что он почти ничего не говорит о вкладе русских ученых в развитие физических знаний. Впрочем, читатель может восполнить этот пробел с помощью двухтомника «Развитие физики в России», изданного «Просвещением» в 1970 г.

■

МОЛЕКУЛЫ И КЛЕТКИ. Вып. 5. Перев. с англ. М., «Мир», 1970, ц. 1 р. 5 к.

Новый выпуск периодического сборника переводов из журнала «Scientific American» сохраняет достоинства своих предшественников. Все 14 статей, посвященных различным вопросам биологии, отличаются актуальностью и глубиной. Как отмечено в предисловии, в данном выпуске преобладают «клеточные» проблемы, которые «трактуются с точки зрения молекулярных механизмов».

Статьи написаны крупными учеными, которые излагают проблемы ясно, полно и свободно. Поэтому сборник можно рекомендовать читателям с различной подготовкой. После учебника соответствующая статья из любого сборника «Молекулы и клетки» может быть новым и увлекательным этапом в дальнейшем знаком-

стве с предметом. Все вместе эти обзоры, пополняясь с каждым выпуском новыми темами, новыми результатами экспериментальных работ и новыми аспектами уже освещавшихся проблем, составляют своего рода энциклопедию наиболее важных направлений бурно развивающейся молекулярной биологии.

■

Н. Тинберген. ОСЫ, ПТИЦЫ, ЛЮДИ. Перев. с англ. М., «Мир», 1970, 334 стр., ц. 76 к.

Лондонское издание книги имеет иное название: «Curious naturalists», что можно перевести и как «любопытные натуралисты», и как «чудаковатые натуралисты». «Написанная легко и увлекательно,—говорит в редакционном послесловии Е. Н. Панов,—книга Тинбергена отличается и методичностью подлинно научного исследования... Книга в значительной степени автобиографична, и это позволяет ближе познакомиться с личностью автора и с развитием его научных интересов». Читатели нашего журнала отчасти уже имели возможность убедиться в этом: отрывки из книги публиковались в № 12 за 1970 г.

Книга очень интересна для биологов, поскольку ее автор—один из основоположников этологии—высказывает много новых идей. Это не менее интересное чтение и для небиологов, просто тех, кто любит природу. Издание содержит много характерных фотографий основных героев—насекомых и птиц.

■

САЛЕРНСКИЙ КОДЕКС ЗДОРОВЬЯ, НАПИСАННЫЙ В ЧЕТЫРНАДЦАТОМ СТОЛЕТИИ ФИЛОСОФОМ И ВРАЧОМ АРНОЛЬДОМ ИЗ ВИЛЛАНОВЫ. Перев. с латинского. М., «Медицина», 1970, 109 стр., ц. 1 р. 34 к.

В IX столетии в Салерно возникла первая в Западной Европе светская школа врачебного искусства.

В средние века школа хранила и развивала традиции античной и арабской медицины. Она просуществовала до середины XIX в. Со школой в Салерно связана деятельность многих прославленных врачей средневековья, в том числе и женщин. Ученый, философ и врач Арнольд из Виллановы (1235—1311), «славный среди мыслителей своей эпохи... свободолубивый в вопросах знания» (В. В. Лункевич), изучил труды салернской школы и изложил стихами основные ее положения в области диететики и гигиены.

Кроме сочинения Арнольда в книге приведены также главы из поэмы «О свойствах трав» (XI век) и «Просьба по возвращении из Салерно» (XII век).

Книга прекрасно издана. Самостоятельный интерес представляют многочисленные иллюстрации, воспроизводящие гравюры из медицинских книг XV—XVI веков.

■

Н. А. Тих. ПРЕДЫСТОРИЯ ОБЩЕСТВА (Сравнительно-психологическое исследование). Изд-во ЛГУ, 1970, 310 стр., ц. 2 р. 53 к.

Каким образом стадо древних понгид (ископаемых приматов) стало стадом первобытных людей? Что и как обусловило конец существования предков человека и наступление антропогенной эры?

Исследователь ищет ответ на этот вопрос не только в изучении данных археологических раскопок, но и в наблюдениях за современными обезьянами. Сопоставление обезьяны с человеком может оказаться ключом для решения проблемы происхождения человека как социального и мыслящего существа, формирования его психики и биологических основ поведения.

Монография построена на основе материалов, полученных в результате многолетней (с 1936 г.) работы автора в Сухумском обезьяньем питомнике. Наблюдения за стадной жизнью обезьян излагаются подробно, с привлечением дневниковых записей. Для подкрепления своих выводов Н. А. Тих опирается и на литературные источники.

Кратеры на лунных и земных камнях

Наш читатель В. Ф. Балабанов (г. Чита) пишет:

Из всех публиковавшихся описаний и фотографий лунных пород, доставленных на землю «Аполлонами-11 и 12» и автоматической станцией «Луна-16», видно, что породы Луны состоят из темных и светлых минералов. Естественно предположить, что компоненты лунных пород, неравномерно нагреваясь и остывая, особенно при таких резких колебаниях температуры, как на Луне, подвергаются разрушению — термовыветриванию. (Если для условий лунного вакуума не подходит термин «термовыветривание», можно заменить его другим, скажем, «вытермливанием».) Словом, под воздействием резких колебаний температуры породы должны разрушаться и на Луне.

Не образовались ли некоторые кратеры на камнях Луны именно под влиянием вытермливания (термовыветривания)?

Посылаю Вам фотографии, на которых изображены углубления, образовавшиеся, как я думаю, таким путем. Эти углубления встречаются на скалах, носящих название Кадалинские дворцы (в 12 км к западу от Читы). Скалы буквально испещрены подобными формами выветривания с поперечниками от сантиметров до метра. Отношения диаметра

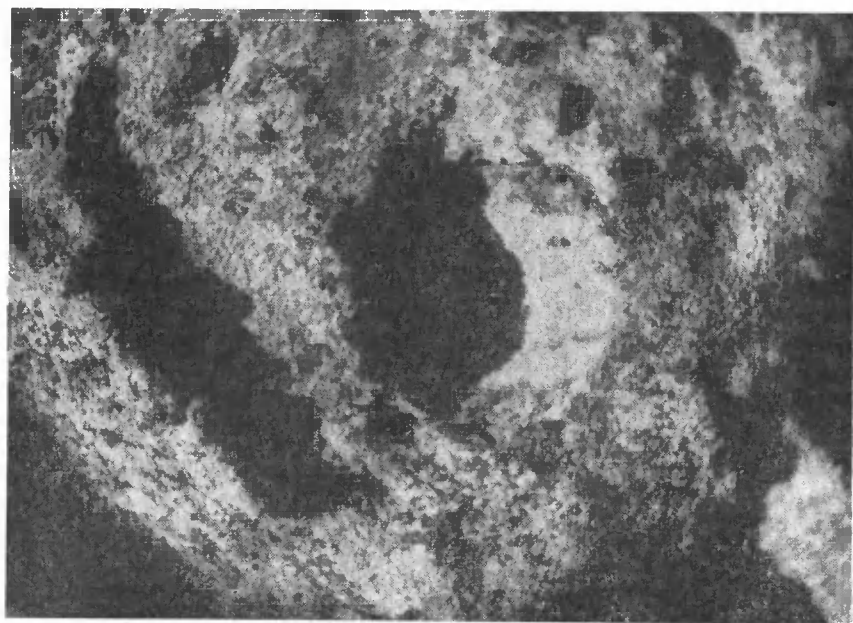
к глубине самые различные. Можно наблюдать и так называемые центральные горки, которые образуются при слиянии двух или нескольких углублений.

В породах Кадалинских дворцов нет инородных включений, например ксенолитов, которые могли бы обусловить образование чашеподобных углублений. Эти породы состоят в основном из светлого полевого шпата и дымчатого полупрозрачного кварца. Их чередование, по-видимому, и оказалось благоприятным для образования форм выветривания, которые при определенном освещении очень похожи на мельчайшие кратеры лунной поверхности.

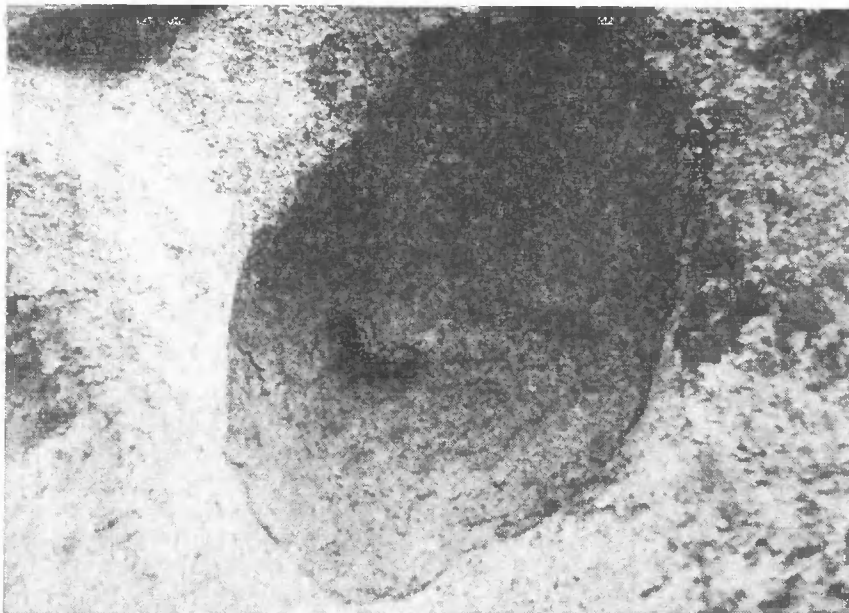
Кстати отмечу, что механизм образования лунок на кадалинских скалах детально никем не изучался. И вообще, насколько мне известно, отсутствуют какие-либо геологические описания генезиса подобных форм выветривания.

Редакция попросила А. А. Проница, научного сотрудника Института космических исследований АН СССР, по специальности геолога, ответить на письмо В. Ф. Балабанова.

Пока нам известно, что Луна покрыта слоем рыхлой обломочной породы (лунным реголитом), поверхность которой усеяна камнями —



«Кратеры» на скалах в Кадалинских дворцах под Читой.



Иногда при слиянии двух или нескольких «кратеров» образуется центральная горка.

относительно крупными обломками лунных пород. Поверхность таких камней имеет углубления двух типов: одни из них образованы газовыми пузырями в процессе кристаллизации породы из расплава (эти углубления слегка вытянутой формы и ориентированы параллельно друг другу), которые возникли в результате ударов мелких метеоритов или осколков пород, выброшенных из метеоритных кратеров с большой скоростью. Углубления второго типа отличаются от кратеров в широком смысле только размерами, так что понятие «кратер» для них вполне применимо.

В связи с письмом В. Ф. Балабанова, очевидно, уместно говорить как раз о кратерах на лунных камнях, поскольку он пишет об образованиях, возникших на поверхности какой-то плотной зернистой породы. Сейчас уже можно считать установленным, что кратеры на лунных камнях имеют ударное происхождение. На это указывает наличие в доставленных на Землю лунных образцах характерных минералов, образующихся в условиях, сопутствующих высокоскоростному удару: искажения кристаллической решетки, форма

кратеров и др. Следов же термического разрушения лунных камней пока не обнаружено. При действии резких колебаний температур порода разрушается, как правило, более равномерно по всей поверхности, если она не содержит включений с резко ослабленной прочностью или иным составом (ксенолиты, шлиры).

Что касается присланных В. Ф. Балабановым фотографий, трудно сказать о них что-либо совершенно определенное. К сожалению, на них отсутствует масштаб, не определен верх и низ снимка, невозможно воссоздать также объемное изображение и взаимное расположение объектов съемки. Бесспорно, однако, что эти углубления не являются следами «вытермливания», как считает В. Ф. Балабанов. По облику они более всего напоминают впадины растворения. Такая форма выветривания характерна для поверхностей земных пород с зернистой структурой. Вода, скапливающаяся в лунке, образовавшейся за счет макронеоднородности породы, интенсивно разрушает некоторые минералы (например, полевой шпат и слюды), что приводит к относительно быстрому выкрашиванию породы в данном

месте и, в свою очередь, увеличивает лунку. В этом же месте создаются благоприятные условия для морозного выветривания, при котором попадающая в капиллярные трещины вода, замерзая и увеличиваясь в объеме, раздвигает стенки трещин.

Сходные по форме впадины образуются также на поверхности пород при эоловом выветривании в пустынных областях, где дуют сильные ветры, несущие большие массы песка. Кроме того, аналогичные углубления могут образоваться на месте пустот в пегматитовых телах, т. е. в породах, состоящих из крупных кристаллов кварца и полевого шпата.

Существуют и другие, менее распространенные механизмы образования углублений на поверхности наших земных пород, совершенно отличные от генезиса кратеров на камнях Луны.

Допустима ли спортивная охота?

В № 10 «Природы» за 1970 г. была опубликована рецензия И. Б. Шишкина на книгу И. И. Акимущкина «Трагедия диких животных». В рецензии был подвергнут критике главный тезис И. И. Акимущкина, считающего спортивную охоту основной причиной сокращения численности диких животных. Редакция получила много писем от читателей. Одни (их большинство) считают спортивную охоту не только не вредной, но, напротив, естественным и необходимым компонентом охраны природы; другие (меньшинство) полагают, что в наше время спортивная охота недопустима.

Так, кандидат технических наук Д. И. Громов (Минск) полагает, что «взгляды, за которые ратует И. Б. Шишкин в своей рецензии, идут вразрез со всем ходом процессов в природе и обществе». П. И. Мариковский (Алма-Ата) считает, что книга И. И. Акимущкина написана с «благородной целью» — вызвать сострадание «к нашим младшим брать-

ям» (т. е. животным) и что «в наше время всяческое ограничение охоты, всяческий протест против истребления зверей и птиц заслуживает только похвалы...». П. И. Мариковский полагает также, что И. Б. Шишкин незаконно «предъявляет к научно-популярному или научно-художественному произведению требования научной монографии со строгим расположением материала», ибо в результате таких требований произведение станет «научным и, следовательно, для широкого читателя скучным». Проф. Г. М. Покалев (Горький) заявляет, что защита спортивной охоты — это пропаганда «истребления животных», а пенсионер П. Х. Веденеев (Чернигов) говорит о «необходимости изживать любительскую охоту. Она антигуманна, несовместима с принципами воспитания социалистической педагогики, ибо нет в этом занятии никакой необходимости для строительства коммунизма...».

Характерно, что среди тех, кто придерживается прямо противоположной точки зрения, большинство по роду своих занятий связано с охраной природы. Кандидат биологических наук С. В. Мараков (Киров) пишет: «В последние годы стало модным дезориентировать общественность страны с помощью целой серии выступлений в печати в защиту природы, причем все грехи валят на охотников. Не вникая глубоко в причины тех или иных изменений в природе, намеренно используя только негативные примеры, авторы этих призывов наносят огромный вред не столько охоте, как одной из форм использования природных богатств, сколько самой идее и практике охраны природы... Мне по роду своей деятельности приходится много бывать в различных местах страны и все больше убеждаться, что только там, где ведется налаженное охотничье хозяйство, численность диких животных (и не только промысловых) сохраняется и растет... Ради опороживания охотников И. И. Акимущин намеренно замалчивает их заслуги в сохранении отдельных видов. Ведь не зоологи (их капля в море), а охотники, и в первую очередь охотники-промысловики, под руководством биологов-охотоведов сохранили, рас-

селили и умножают запасы и разумно используют и бобра, и соболя, и калана, и морского котика, и много других животных. Кстати, все или почти все названные И. И. Акимущиным зоологи одновременно и хорошие охотники. Впрочем, и сам автор книги, призывающий к войне против охотников, известен как слишком горячий охотник. Отсюда, наверное, и субъективная оценка всех остальных охотников».

Кандидат географических наук Г. Г. Муравлев (Алма-Ата) считает, что «отдельные авторы, освещая проблемы качественных и количественных изменений одного какого-либо из компонентов географической среды, впадают в однобокость, забывают о глубоких, взаимообусловленных связях, действующих в природе. Этот недостаток, к сожалению, характерен и для И. И. Акимущина, сведшего причины неблагополучия охраны диких животных исключительно к их истреблению охотниками».

Мне приходилось длительное время работать в полевых экспедициях в разных местах Казахстана. Сложившиеся впечатления позволяют сказать, что роль охотников в сокращении численности охотничьих животных не так существенна, как действие некоторых других факторов. По крайней мере за последние десятилетия из фауны республики не исчезло ни одного вида по вине охотников, хотя количество охотников возросло в десятки раз по сравнению с дореволюционным периодом... Ежегодно в Казахстане отстреливается в организованном порядке около 100 тыс. голов сайгаков. А сколько их добывают еще браконьеры? Тем не менее поголовье этих животных, некогда бывших на грани исчезновения, продолжает оставаться большим¹. Но катастрофы с сайгаками бывали ранее неоднократно и не исключены сейчас. Это возможно при условии джута в местах их зимовочных концентраций.

Чл.-корр. АН Каз. ССР проф. А. Еренов и доктор юридических наук С. Байсалов (Алма-Ата) пишут:

¹ В последние годы численность сайгаков держится на уровне несколько больше 1,5 млн голов. (Прим. ред.)

«Охотничья литература пестрит различными материалами о практических мерах по охране и разведению диких животных. Инициаторами этих важных работ были прогрессивные ученые и именно охотники, объединенные в специальные организации. Справедливо ради следует сказать, что общества защиты животных чаще преследовали особые цели — борьбу с жестоким обращением с домашними животными, но их не интересовала или мало интересовала дикая фауна».

Исходя из сказанного, мы не можем разделить пессимистических взглядов И. И. Акимущина на охотников как виновников трагедии диких животных. Нам кажется более предпочтительной и верной точка зрения, многократно высказываемая специалистами, биологами и охотоведами, что гибель животных — следствие окультуривания естественных ландшафтов, причем этот процесс столь глубок и стремителен, что дикая фауна положительно не может к нему приспособиться.

Думается, что неосторожные суждения о вредности и требования запрета охоты могут привести к неожиданно плохим последствиям. Как мы убедились, анализируя практическую деятельность Госохотнадзора нашей республики, полные запреты оказывают лишь стимулирующее воздействие на рост браконьерства... Нельзя не отметить, что, предоставив страницы для рецензии, журнал внес определенную ясность в вопрос — быть или не быть любительской охоте, который оказался теоретически чересчур запутанным излишне эмоциональными полемистами».

«Мне,— пишет директор Хабаровского краеведческого музея, заслуженный работник культуры РСФСР В. П. Сысоев,— по роду своей деятельности много лет приходилось заниматься охраной и обогащением природы, и если мы добились на Дальнем Востоке успехов в этой области, то прежде всего благодаря огромной армии охотников и помощи организаций, занимающихся охотой. Если собрать все меха (пушнину), заготавливаемые в крае за год, то 70% общей их стоимости составят

виды, которые до революции в пушных заготовках не значились, а теперь составляют основу промысла, и это благодаря стараниям охотников, охотоведов и охотничьих организаций, о которых так неодобрительно высказался И. И. Акимущин».

«Если агрономы,— пишет биолог-охотовед К. Ф. Елкин (Алма-Ата),— начнут проповедовать, что нужно перестать заниматься земледелием, потому что обработка почвы усиливает ее эрозию и может привести в известных случаях к гибели плодородного слоя на больших территориях, как, например, в бывшем Целинном крае, то их сочтут за сошедших с ума и тотчас же разгонят. Не подобного ли ждут от охотоведов некоторые писатели, поучающие нас запретить полностью любительскую охоту? Им невдомек, что правильное охотничье хозяйство — единственная организационная форма, которая позволит сохранить и приумножить фауну, что охрана — не просто созерцание и любование природой, а ее воспроизводство и рациональное использование. Наша беда заключается как раз в том, что охотничье хозяйство — самая отсталая и запущенная отрасль».

Кроме писем отдельных читателей, редакция получила из Кирова коллективное письмо научных сотрудников Всесоюзного научно-исследовательского института охотничьего хозяйства и звероводства, которое подписали: заведующий лабораторией экономики и организации охотничьего хозяйства и звероводства, кандидат сельскохозяйственных наук В. А. Аммосов, заведующий лабораторией техники охотничьего хозяйства, кандидат биологических наук С. А. Ларин, заведующий лабораторией воспроизводства промысловых животных, кандидат биологических наук М. П. Павлов, научные сотрудники ВНИИОЗ В. В. Беляев, А. Т. Войлочников, В. И. Гревцов, В. А. Замахев, И. Б. Корсакова, Б. А. Ларин, Б. А. Михайловский, Е. В. Стахровский.

«Мы, ученые-охотоведы, считаем необходимым выразить свое согласие с основными положениями И. Б. Шишкина, изложенными в рецензии на книгу Игоря Акимущина «Трагедия

диких животных». Публикация этой рецензии в определенной мере содействует утверждению динамической концепции охраны природы, согласно которой рациональная эксплуатация — одна из лучших форм охраны животных. Это положение признается большинством биологов, но замалчивается широкой печатью. В современном мире призывы к охране природы остро необходимы, а потому и наиболее привлекательны для всех людей... В нашей стране привлекательность идей охраны природы содействовала появлению ряда статей с призывами к всемерному запрету охоты и к другим способам консервации природы, чтобы «дать природе побуйствовать вволю и накопить запасы». Все эти призывы направлены на пассивное созерцание, а не на активные работы по увеличению возобновляемых природных ресурсов. Это вредно не только потому, что бесцельно пропадает значительное количество природных ресурсов, а и потому, что из-за запретов мы привыкаем к бесхозяйственности и бездеятельности. Нужно не просто охранять — это не даст и не может дать положительных результатов, — а разумно регулировать численность охотничье-промысловых животных, в том числе и с помощью охоты на них. Действенную охрану животного мира нужно осуществлять, сочетая охрану с разумным, научно обоснованным использованием запасов диких животных через организованные охотничьи хозяйства.

Вот почему ныне вредна идея односторонних охранных мероприятий, которые пропагандирует и книга И. Акимущина «Трагедия диких животных».

Мыши-каннибалы

Читатель Н. П. Швецов (дер. Орово, Всеволожского р-на, Ленинградской обл.) пишет в редакцию:

Однажды осенью мы были на уборке картофеля в подшефном колхозе. Мыши то и дело сновали под ногами. Кто-то предложил провести

эксперимент. Тут же были пойманы пять мышей, которых поместили в ведро, надежно прикрыв его сверху холстиной. Расчет был такой: самая сильная должна съесть остальных, и, когда ее выпустим, этот «мышеед» станет очищать колхозное поле от мышей.

На следующий день мы обнаружили в ведре двух мертвых мышей — самую крупную и среднюю по величине. Остальные три, среди которых было два мышонка, оказались съеденными, о чем свидетельствовали оставшиеся хвосты и лапки.

Почему погибли две наиболее сильные мыши? Может быть, от мороза (лужи утром были покрыты льдом)? Чем объяснить, что мыши, эти растительноядные животные, изменили вегетарианской пище?

На письмо Н. П. Швецова отвечает проф. И. А. Шилов (кафедра зоологии позвоночных биолого-почвенного факультета МГУ).

В природных условиях у мышей, в частности у полевок, сильно развит инстинкт охраны своего участка от других зверьков того же вида. Из-за этого возникают драки, в результате которых «чужак» вынужден бегать. Находясь в ведре, более слабые особи не могли убежать, и драка, по всей вероятности, окончилась их гибелью. Такая картина многократно наблюдалась в опытах, при которых нескольких зверьков сажали в небольшую клетку. Погибшие в драке особи были позднее съедены, вероятно потому, что не было другого корма. Гибель оставшихся после драки двух мышей Н. П. Швецов правильно объясняет ночным заморозком.

Случаи каннибализма (поедания себе подобных) хорошо известны среди мелких грызунов, особенно при содержании их в неволе. Чаще всего такие случаи вызываются неполноценностью корма (нехваткой солей и некоторых других веществ). Однако расчет на воспитание этим способом «хищника-мышееда» неправилен: чтобы животное целиком переключилось на поедание несвойственного ему корма, требуются существенные изменения строения и физиолого-биохимических особенностей организма.

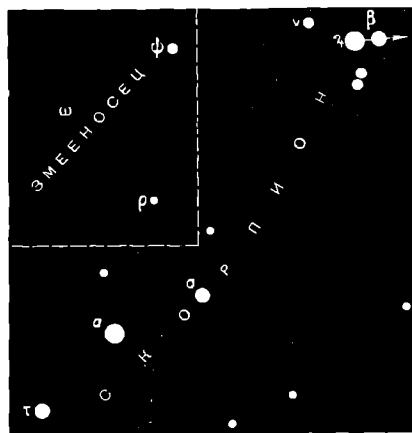
Покрытие звезды β Скорпиона Юпитером 13 мая 1971 г.

М. М. Дагасв

В ночь с 13 на 14 мая 1971 г. произойдет одно чрезвычайно редкое явление: планета Юпитер покроет яркую звезду β Скорпиона, имеющую звездную величину $2^m,9$. Покрытие будет видно далеко не во всем Советском Союзе, а лишь на территории, ограниченной линией, проходящей примерно от Киева через Горький, Киров, Пермь, Серов и Красноярск к Иркутску. В более северных и восточных районах низкое положение обоих светил над горизонтом и ранний рассвет не позволят пронаблюдать этого явления. Наилучшие условия видимости будут в Закавказье и Средней Азии.

Так как в период с 23 марта по 25 июля Юпитер перемещается по небу на фоне звезд в направлении с востока на запад, он будет подходить к звезде β Скорпиона с левой (восточной) стороны и надвигаться на нее своим правым краем. На рисунке показаны положение Юпитера 9 мая 1971 г., за 4 дня до покрытия, и направление его движения на звездном небе к звезде β Скорпиона.

Однако невооруженным глазом самого исчезновения звезды за диском планеты, равно как и ее появления из-за диска, пронаблюдать не удастся, так как, во-первых, диск Юпитера не виден невооруженным глазом, а во-вторых, планета в этот день будет в 100 раз ярче звезды β Скорпиона. Поэтому для невооруженного глаза звезда исчезнет в сиянии Юпитера раньше начала покрытия и по той же причине появится позже действительного выхода из-за планеты.



Положение Юпитера 9 мая 1971 г. и направление его движения к звезде β Скорпиона.

Наблюдать покрытие и появление звезды можно в телескоп любого размера, лишь бы его увеличение было не менее чем в 25 раз, а еще лучше — от 40 до 100 раз.

Телескоп-рефрактор дает перевернутое изображение, и при наблюдении в него описываемого явления планета будет надвигаться на звезду справа и покрывать ее своим левым краем.

Ниже приведены моменты покрытия Юпитером звезды β Скорпиона (по московскому времени):

начало покрытия $T = 21^h 20^m, 1$
 середина покрытия $T = 22^h 07^m, 4$
 конец покрытия $T = 22^h 54^m, 6$

Чтобы получить моменты по времени, принятому в определенном пункте, нужно к указанным моментам прибавить разность между вре-

менем данного пункта и временем Москвы.

Кроме звезды β Скорпиона и Юпитера, в поле зрения телескопа будут видны четыре спутника этой планеты, три из которых весьма близки к планете и могут быть приняты за покрываемую звезду. В начале покрытия звезды первый спутник будет выходить из-за восточного края планеты и затем постепенно отходить к востоку.

Второй спутник будет находиться буквально рядом с восточным краем планеты, а затем вступит на диск планеты и начнет перемещаться по нему в направлении к западному краю.

Кроме того, по диску планеты в направлении от его восточного края к западному будет перемещаться тень второго спутника, имеющая вид небольшого темного круглого пятна. В тех местах поверхности планеты, по которым пробегает эта тень, происходит полное солнечное затмение.

Начинать наблюдения покрытия звезды Юпитером следует по крайней мере за 30 мин. до вычисленного момента начала этого явления, чтобы привыкнуть к изображению планеты в телескоп, уверенно отождествить звезду и точно заметить направление движения планеты.

Три женщины в жизни Майкла Фарадея

Ф. К. Величко
Кандидат химических наук
Москва

Среди всевозможных областей человековедения есть одна мало разработанная. Я имею в виду проблему женского влияния на деятельность мужчины-ученого. Подобно нейтринному излучению, это влияние столь же вездесуще и всепроникающе, насколько неуловимо и таинственно. Если уж браться за изучение этого влияния, то едва ли где-нибудь оно проявилось нагляднее, чем в жизни знаменитого ученого Майкла Фарадея, который изменил химии ради физики, потому что физика показалась ему интереснее... а может быть из-за леди Джэн?

Давайте проследим развитие событий по порядку.

Не будет большим преувеличением сказать, что, не попадись в руки мальчика Фарадея популярная книжка госпожи Марсэ «Беседы о химии...» (полное название будет приведено ниже), неизвестно когда и, главное, куда ушел бы любознательный помощник переплетчика из небольшой мастерской мосье Рибо (Riebau) на Блэндфордстрит в Лондоне. Сочинение Марсэ очаровало юношу, твердо решившего заняться химией. И вот, в счастливый для науки понедельник 1 марта 1813 г. Майкл Фарадей стал лаборантом блестящего химика сэра Хэмфри Дэви.

Что же мы знаем об этой знаменательной для Фарадея книге и об ее авторе?

Женни Холдимолд получила обычное для девушек среднего круга образование и в 1799 г. вышла замуж за известного физика и химика Александра Марсэ, члена Лондонского королевского общества с 1808 г. Она лично познакомилась с ведущими представителями науки и литературы того времени, среди которых были Уильям Волластон, открывший несколько химических элементов, известная писательница Мария Эджуорт, о которой Вальтер Скотт писал: «Я был львом 1812 года, мисс Эджуорт и мадам де Сталь... — достопримечательностями следующего года»¹ и, наконец, сам Дэви, не нуждающийся в рекомендациях. Госпожа Марсэ стала одной из образованнейших женщин своего времени и первым блестящим популяризатором химии. В 1805 г. в виде скромных двух томов в картонном переплете вышли ее «Беседы о химии, в которых основы этой науки доступно объяснены и иллюстрированы опытами». Сочинение Марсэ имело феноменальный успех. Между 1805 и 1846 г. только в Англии вышло не менее 16 изданий этой книги. Она быстро была переведена на французский язык; в 1853 г. более 160 тыс. экземпляров ее было продано в США. Книга Марсэ оказала огромное влияние на препода-

Я часто думаю о том, как различны судьбы ученых и как непохожи друг на друга пути, которыми они приближаются к концу своей жизни.

Фарадей. Из письма Деляриву. 1852 г.

вание химии в Англии и США.

Во многом успех книги объясняется ее формой. Изложение химии построено в виде эмоциональных диалогов между учительницей миссис Брайен и двумя ученицами Каролиной и Эмили. Благодаря писательскому таланту Марсэ, характеры в ее книжке прорисованы не хуже, чем в художественном произведении. Миссис Брайен — ревностный педагог, главная цель которого — вложить твердые незыблемые представления в мозги своих подопечных. Она изъясняется несколько напыщенно, чопорно, ее формулировки аккуратны, но нет-нет да и проскочит у нее чисто женское жеманство. Эмили — серьезная ученица, судя по всему любимица миссис Брайен. Она задает «правильные» вопросы, разумно отвечает и всегда готова следовать за ходом мысли преподавателя. Ясно, что и в будущем, отгородившись от жизни очками и синим чулком, она не будет впадать в сомнения и бесполезно тратить время на поиски «правды».

Каролина пошла не в папу (ее отец — серьезный делец из Йоркшира) и проявляет очень поверхностный, невнимательный интерес к химии. Ей нравятся эффектные эксперименты, она приветствует взрывы восклицаниями, не совсем подходящими для юной леди. Она всегда готова рискнуть, и миссис Брайен приходится ее удерживать то от

¹ Цит. по кн. Б. Могилевского «Живи в опасности!». М., 1970, стр. 177.

вдыхания веселящего газа, то от получения в домашних условиях чрезвычайно вонючего фосфористого водорода. Вдобавок, Каролина склонна к легкомыслию и неаккуратности. Она прожигает большую дыру в своем платье и сует палец в концентрированную серную кислоту. Вместе с тем у Каролины весьма критический склад ума, и она никогда не упускает случая поставить мисс Брайен в тупик.

Опыты в книге Марсэ описаны просто и живо: легко, например, представить себе, как наполненные водородом мыльные пузыри стремительно взмывают вверх и вдребезги разбиваются о потолок. Именно опыты и овладели воображением Фарадея. Вспоминая о днях, проведенных им в переплетной мастерской, Фарадей писал в 1858 г. своему другу женевскому физическому и доктору медицины Огюсту Деляриву (de la Rive):

«Я был очень живым и впечатлительным субъектом. Так что когда я проверил книгу г-жи Марсэ теми экспериментами, что были мне под силу, и обнаружилось, что они соответствуют фактам, насколько я себе эти факты представлял, я почувствовал, что теперь получил надежный якорь в химических знаниях, и крепко вцепился в него. Вот откуда у меня глубокое благоговение перед г-жой Марсэ, во-первых, как перед человеком, даровавшим мне пользу и удовольствие одновременно, а во-вторых, сумевшим правдиво передать молодому пытливному, но невежественному уму основы необъятной сферы знаний, которые касаются явлений природы¹».

Впоследствии г-жа Марсэ и Фарадей познакомились, и вот — долг платежом красен! — уже 76-летняя женщина просит Фарадея в письме рассказать ей о его новейших открытиях, чтобы она смогла внести до-

полнения в очередное издание своей книги!

Итак, Фарадей попросился к Дэви в лаборанты и был принят. Маститому ученому понравился старательный и сообразительный молодой человек, а Фарадей преклонялся перед Дэви. Казалось, ничто не может помешать их дружной совместной работе во славу химии, но вот, спустя 10 лет, председатель Лондонского королевского общества Хэмфри Дэви резко выступает против избрания своего ученика Фарадея в члены общества и лишь через месяц меняет свое решение. А при голосовании Фарадей получает один единственный шар «против» — чей, разумеется, неизвестно.

В размолвке между Фарадеем и Дэви дело явно не обошлось без вмешательства жены Дэви — блистательной леди Джэн. Аристократка до кончиков пальцев, очень привлекательной наружности, с живым и сильным характером, леди Джэн всего за год до поступления Фарадея в лаборанты вышла за Дэви замуж и не могла не иметь в то время большого влияния на любившего ее супруга. С первой встречи леди Джэн невзлюбила «выскочку» Фарадея. Тот платил ей ответной неприязнью. Вот какие строки в своем дневнике посвятил Майкл Фарадей жене Дэви:

«Как ловца львов я поставил бы леди Джэн против всего света. Она накинула аркан даже на самого Байрона. Когда она приехала в Лондон, у нее не было никаких сомнений, что Дэви вскоре станет одним из ее почитателей¹».

И еще другая запись:

«С самого начала союз Дэви и леди Джэн не был счастливым браком... было бы лучше для них обоих никогда не встретиться. Леди Джэн, несмотря на всю ее привлекательность, абсолютно не была приспособлена к семейной жизни. Она была страшно вспыльчива, ей доставляла неизменное

удовольствие толпа поклонников, она страдала частыми и сильными недугами¹».

Первая серьезная стычка между Майклом и леди Джэн произошла уже в октябре того же 1813 г. на корабле во время путешествия во Францию, когда Майкл наотрез отказался кормить и прогуливать ее болонку Топси.

В Швейцарии в августе 1814 г. на званом обеде у Делярива леди Джэн отказалась сесть за один стол с Фарадеем. Тому пришлось обедать за отдельным столиком. В письме своему другу Абботу Фарадей писал после этого случая:

«Я не знаю, что будет дальше. Много раз я думал о том, чтобы вернуться домой, но если я это сделаю, то должен буду взяться опять за свое ремесло переплетчика. Я продолжаю думать, что следовало бы выдержать до конца, но конец пока еще не виден²».

Теперь, уважаемый читатель, представьте себя попеременно на месте Дэви и Фарадея. Как бы Вы ни были справедливы и умны, на месте Дэви Вы инстинктивно бы сторонились человека, из-за которого у Вас с женой происходят неприятные объяснения. На месте Майкла Фарадея Вы, не отдавая себе в этом ясного отчета, стремились бы к постановке опытов, требующих поменьше контактов с человеком, которому из-за Вас нехорошо и который временами к Вам несправедлив, как Вы подозреваете, из-за леди Джэн. Учитывая, что Дэви работал на грани физики и химии, используя электричество для разложения соединений, нетрудно себе представить, насколько легко и незаметно мог совершиться в сознании Фарадея переход от восприятия электричества как орудия исследования к восприятию его как объекта исследования.

Однако великого физика из Фарадея могло все же не получиться по очень простой причине. Обладая

¹ Цит. по кн.: J. R e a d, *Humour and Humanism in Chemistry*. London, 1947, p. 190.

¹ Цит. по кн. Б. Могилевского «Живи в опасности!», М., 1970, стр. 171.

¹ Там же, стр. 175.

² Цит. по кн.: Н. Шаховская, М. Шик. *Повелитель молний*. М. «Молодая гвардия», 1968, стр. 8.

чувствительной и восприимчивой натурой, Фарадей не один раз мог, как говорят, не выдержать и сорваться. А уход от Дэви, популярнейшего ученого Англии, означал бы уход из Королевского института и от научной работы вообще, так как, не имея средств к существованию, Фарадей не смог бы заниматься наукой дома, как это делал, например, не стесненный в деньгах химик Генри Кавендиш.

Сохранять душевное равновесие в трудные минуты жизни Фарадею помогала его жена Сарра — третья женщина, оказавшая, по моему мнению, огромное влияние на научную деятельность Майкла Фарадея. В отличие от Дэви Фарадею сильно повезло с женой. Не в день свадьбы, а спустя 25 лет, Фарадей вписал в собственноручно переплетенное им собрание дипломов от всевозможных академий и научных обществ:

«Среди этих воспоминаний и отличий я ставлю дату события, ко-

торое больше, чем они все, было для меня источником гордости и счастья. Мы поженились 12 июня 1821 г.»¹.

Сарра поддержала Майкла в 1831 г., когда он боролся с искушением оставить работу в Королевском институте ради очень прибыльных экспертиз при судебных тяжбах между промышленниками. Она не пилила его и в 1835 г., когда он, обидевшись на канцлера казначейства лорда Мельбурна, чуть не лишился государственной пенсии (300 фунтов стерлингов в год). В 1841 г., когда у Фарадея начались неполадки с памятью, она увезла его отдохнуть в Швейцарию, с любовью ухаживала за ним и подарила науке еще 20 лет его жизни. Последний, 16041-й, опыт семидесятилетний Фарадей сделал 12 марта 1862 г.

И как все это не похоже на аналогичную ситуацию в жизни Дэви,

когда он в 1827 г., страдая от переутомления, отравленный ядовитыми парами, должен был еще переживать разрыв с леди Джэн и без нее уехал на континент! На свой предсмертный призыв великий, но глубоко несчастный химик, получил от жены безукоризненное по стилю, готовое прямо в печать, письмо:

«Я получила, любимый мой сэр Хэмфри, письмо, подписанное Вашей рукой, с драгоценным для меня изъявлением нежности. До сегодняшнего дня меня задерживали здесь доктора Бебингтон и Клар, но завтра я выезжаю. Я буду путешествовать с возможной скоростью, чтобы прибыть не слишком поздно...»¹

Конечно же она не успела: Дэви умер одиноко в одном из отелей Женевы 30 мая 1829 г., всего на 51-м году жизни...

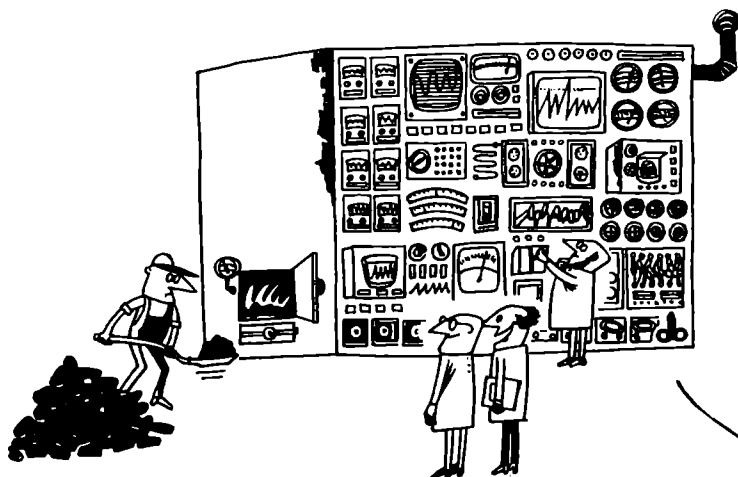
¹ Цит. по кн.: Н. Шаховская, М. Шик. Повелитель молний, стр. 94.

¹ Цит. по кн. Б. Могилевского «Живи в опасности!», стр. 236.

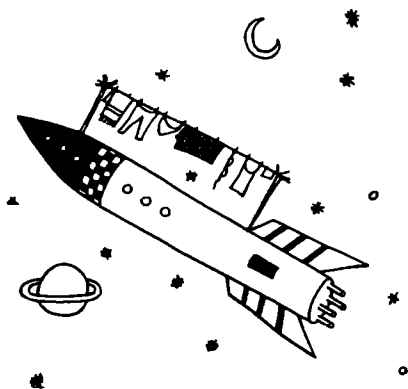
Вниманию наших читателей

- Подписка на «Природу» принимается с любого номера без ограничений во всех пунктах «Союзпечати», в отделениях связи, почтамтах.
- Обо всех случаях отказа в подписке сообщите в Центральную контору «Академкнига» по адресу: Москва, Центр, Б. Черкасский пер., 2/10.
- Журнал распространяется в основном по подписке.
- Розничная продажа ограничена.
- Цена одного номера — 50 коп.

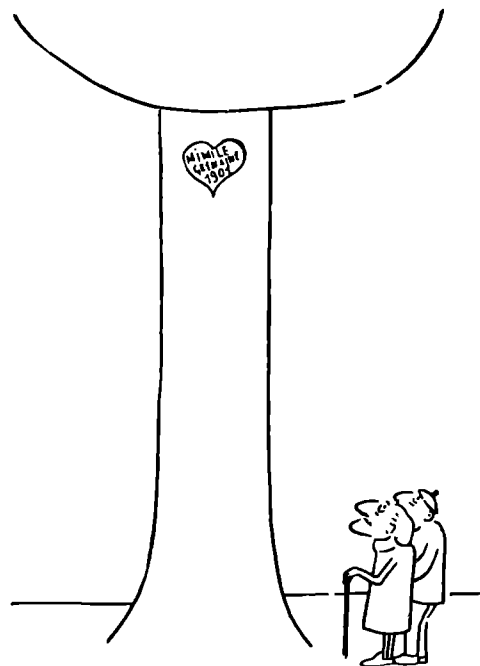
Зеркало «Природы»



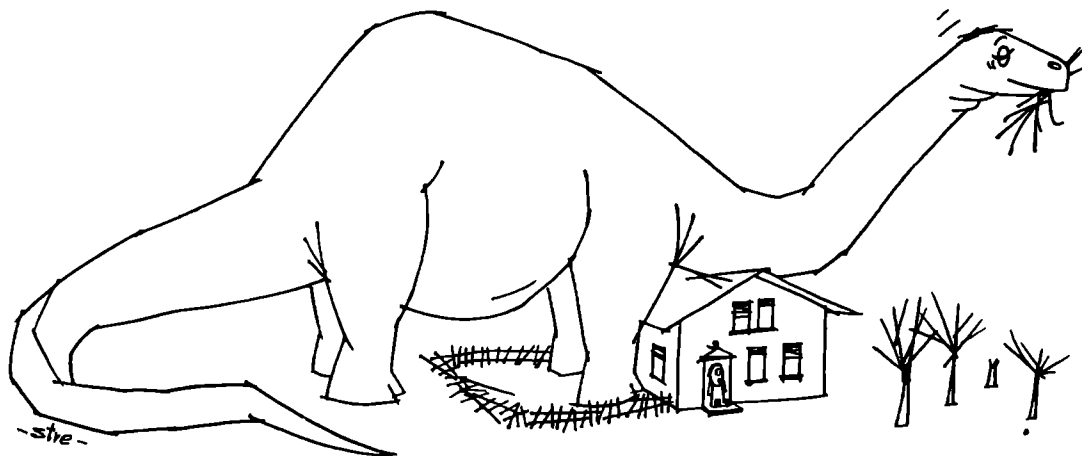
Без слов (Сборн. карикатур «Bitte... mehr Ernst», ГДР).



Сверхдлительный космический полет («Der Morgen», ГДР).



Без слов («L'Humanité», Франция).



В районе озера Лох-Несс: «Успокойся, дорогая, за дверью никого нет» («Das Tier», Швейцария).

Цена 50 коп.
Индекс 70707

