

ПРИРОДА

5.70



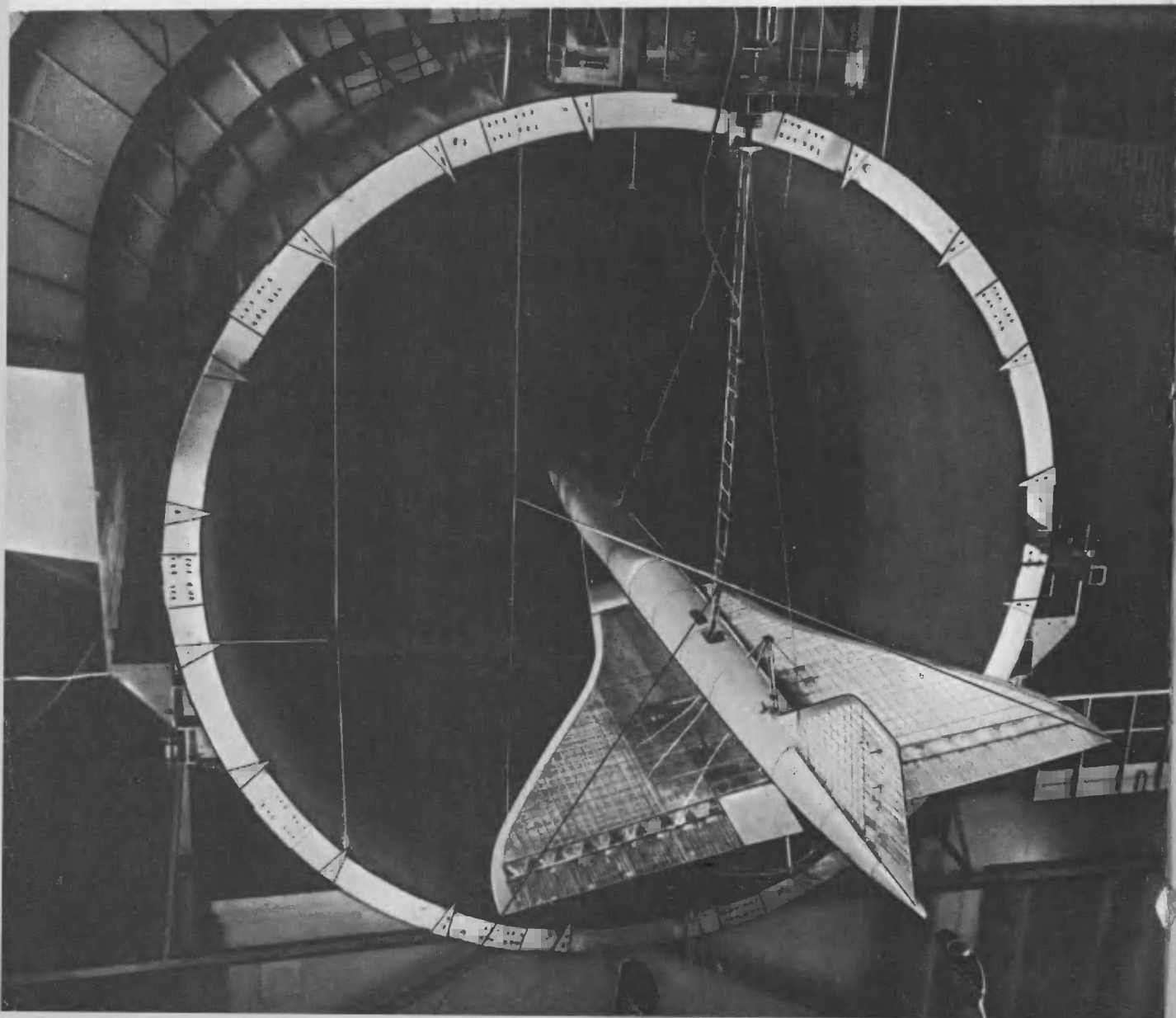
Ежемесячный
популярный
естественнонаучный
журнал
Академии наук СССР

ПРИРОДА

Основан в 1912 году



Издательство
«Наука»
Москва



Главный редактор
академик
Н. Г. БАСОВ
Зам. главного редактора
академик
Б. Л. АСТАУРОВ
Доктор биологических наук
А. Г. БАННИКОВ
Академик
А. И. БЕРГ
Академик
А. П. ВИНОГРАДОВ
Член-корреспондент АН СССР
Б. Н. ДЕЛОНЕ
Академик
Л. А. ЗЕНКЕВИЧ
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
Доктор географических наук
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 геолого-минералогических наук
М. А. ФАВОРСКАЯ
Зам. главного редактора
кандидат технических наук
А. С. ФЕДОРОВ
Доктор биологических наук
К. К. ФЛЕРОВ
Доктор биологических наук
А. Н. ФОРМОЗОВ
Академик
Г. М. ФРАНК
Зам. главного редактора
доктор физико-математических наук
Д. А. ФРАНК-КАМЕНЕЦКИЙ
Член-корреспондент АН СССР
В. Е. ХАИН
Академик
Н. В. ЦИЦИН
Доктор географических наук
Л. А. ЧУБУКОВ
Кандидат физико-математических наук
Н. В. ШЕБАЛИН
Доктор биологических наук
А. В. ЯБЛОКОВ

Оформление П. Г. АБЕЛИНА
Художественный редактор Д. И. СКЛЯР
Корректоры Ю. И. ГЛАЗУНОВА,
Р. Н. СИДОРИНА
Адрес редакции: Москва, Ж-127,
ул. Осипенко, 52, тел. 231-76-80.
Подписано к печати 17/IV 1970 г. Т-06843
Формат бумаги 64×108¹/₁₆. Печ. л. 8
Уч.-изд. лист. 16,4 Бум. л. 4
Тираж 42000 экз. Зак. 222

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

Первенец советской авиацион-
ной науки. А. И. Макаревский,
А. Н. Петунии.

Тепловой режим Земли. Б. Г.

Поляк, Я. Б. Смирнов

Почему рыбы летают? В. Д. Ле-

бедев

Распространение летучих рыб в

Мировом океане. Н. В. Парин

Астроспектры в лаборатории.

Л. А. Митрофанова

Эволюционная теория, Дарвин

и Ламарк. Г. В. Артемьев

Биологическое значение вида.

Э. Майр

Только ли инстинкт управляет

поведением насекомых?

Г. А. Мазохин-Поршняков

ЭКСПЕДИЦИИ

Изучая железо - марганцевые

конкреции. П. Ф. Андрущенко,

Н. С. Скорнякова

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

О чем рассказывает анизотро-

пия реликтового излучения.

А. А. Рузмайкин

Череп триасового териодонта

на территории СССР. А. И. Да-

нилов, Н. К. Каландадзе

Кровососущая бабочка.

М. Б. Евгеньев

«Сверхинтеллектуальные» жи-

вотные? Б. В. Логинов

ИСТОРИЯ НАУКИ

Илья Ильич Мечников. В. В. Па-

рин

Мемориальный музей

И. И. Мечникова. Ю. И. Миле-

нушкин

ДИСКУССИИ

2 Периодичность четкая и раз-
мытая. Д. Н. Трифонов 84

ОХРАНА ПРИРОДЫ

19 Сохранить кедрово-широколи-

25 ственные леса. Ф. Р. Штиль-

марк, С. П. Кучеренко 92

ГИПОТЕЗЫ

31 Первообытные люди подобрали

39 железные метеориты? И. Клас-

сен 95

СЪЕЗДЫ И КОНФЕРЕНЦИИ

55 Новые подробности о лунных

образцах 98

НОВОСТИ НАУКИ

102

КНИГИ

112

ФИЛЬМЫ

К. Э. Циолковский консульти-

рует фильм. А. С. Федоров 117

РЕДАКЦИОННАЯ ПОЧТА

121

КАЛЕНДАРЬ ПРИРОДЫ

Глазами очевидцев. А. Химе-

нес, М. Альбеар 123

72 Снежная зима. Ю. С. Петров-

ский 125

73 Миграция белых гусей. М. И. Ле-

бедева, Т. П. Шеварева 123

В КОНЦЕ НОМЕРА

75 Корреляция числа солнечных

пятен с количеством работ,

опубликованных С. Чепменом.

К. А. Любарский 128

На первой странице обложки: Пчелы при-
летели на столик с тестовыми картами и
пьют раствор сахара. См. статью Г. А. Ма-
зохина-Поршнякова «Только ли инстинкт
управляет поведением насекомых?», стр. 55.
На второй странице обложки: модель само-
лета в аэродинамической трубе перед испы-
танием на флаттер — самую опасную форму
вибраций. См. статью А. И. Макаревского и
А. Н. Петунина «Первенец советской авиа-
ционной науки», стр. 3.
На четвертой странице обложки: Кедр цве-
тет... Снимок сделан на кедровой сосне
(Pinus sibirica), привитой на сосну обыкно-
венную (Pinus silvestris).

Фото В. Д. Крупина.

При перепечатке ссылка на журнал
«Природа» обязательна.

Первенец советской авиационной науки

Академик А. И. Макаревский

А. Н. Петунин

Кандидат технических наук

В мае текущего года трудящиеся нашей страны отмечают 25-летие победы над фашистской Германией в Великой Отечественной войне. Решающий вклад в эту победу внесли советский народ и его Вооруженные Силы, оснащенные передовой техникой. В публикуемой ниже статье рассказывается о роли Центрального аэрогидродинамического института (ЦАГИ) им. проф. Н. Е. Жуковского в развитии советской авиационной науки и техники.



Александр Иванович Макаревский, заместитель начальника Центрального аэрогидродинамического института им. проф. Н. Е. Жуковского (ЦАГИ). Специалист в области прочности авиационных конструкций: под его руководством созданы отечественные нормы прочности летательных аппаратов различного назначения. Автор ряда монографий и научных статей по прочности, строительной механике и аэроупругости. Заслуженный деятель науки и техники РСФСР, лауреат Ленинской и Государственной премий, Герой Социалистического Труда.



Анатолий Николаевич Петунин, старший научный сотрудник, специалист по методике и технике измерений при аэродинамических и газодинамических исследованиях. Автор более сорока печатных работ в области измерения параметров газовых потоков.

Пионеры отечественного авиастроения

Начало XX в. ознаменовалось повышенным интересом к воздухоплаванию. За границей в эти годы уже летали причудливые устройства, называемые аэропланами, с механическим двигателем и пропеллером, создающим тягу. Мир изумляли сенсационные сообщения об отважных авиаторах, преодолевающих расстояния в несколько десятков километров или поднимающихся в воздушное пространство на десятки и сотни метров.

Как ни странно, но в официальных кругах России к этим взволновавшим мир сообщениям отнеслись с большой настороженностью.

Предложения передовых русских ученых о развитии отечественного воздухоплавательного дела, о создании национальной авиационной промышленности, как правило, не встречали в этих кругах одобрения. Вполне понятно поэтому, что после победы Октября молодая Советская республика получила в наследие от ста-

рого строя всего лишь несколько сот самолетов устаревших иностранных марок, составивших вооружение авиационных отрядов Красной гвардии. Уже на втором году существования Советской республики был организован ряд научно-исследовательских институтов и в их числе — Центральный аэрогидродинамический институт. Руководителем и первым председателем коллегии ЦАГИ до конца своей жизни был выдающийся русский ученый Николай Егорович Жуковский. Умер Н. Е. Жуковский в 1921 г.; с тех пор ЦАГИ носит его имя.

Большую организационную и техническую работу выполнили принявший на себя руководство институтом Сергей Алексеевич Чаплыгин и ученики Н. Е. Жуковского, участники организованного в МВТУ воздухоплавательного кружка: А. Н. Туполев, А. А. Архангельский, В. П. Ветчинкин, Г. М. Мусинянц, Г. Х. Сабинин, К. А. Ушаков, Б. Н. Юрьев. Молодые исследователи вложили много труда, энтузиазма и вдохновения в первые опытные конструкции самолетов, гидросамолетов, глиссирующих судов, аэросаней, ветряных двигателей и ветросиловых станций, водяных турбин, насосов, гидростанций и плотин.

Проводились исследования, направленные на укрепление обороны молодого Советского государства. Ученые ЦАГИ совместно с военными летчиками и инженерами занимались конструктивными усовершенствованиями и испытаниями самолетов. Это были годы послевоенного восстановления и реконструкции народного хозяйства страны. Формировалась авиационная наука и одновременно происходил выбор прогрессивных конструкций и форм самолетов, которые должны были сменить устаревшие типы ферменных и бипланных конструкций. Выдающуюся роль в активной пропаганде новых взглядов в авиастроении сыграл А. Н. Туполев. Более других способных учеников Н. Е. Жуковского склонный к конструкторской деятельности, он с 1918 по 1936 г. возглавлял в ЦАГИ опытное строительство. Одним из первых в мире А. Н. Туполев понял возможности монопла-

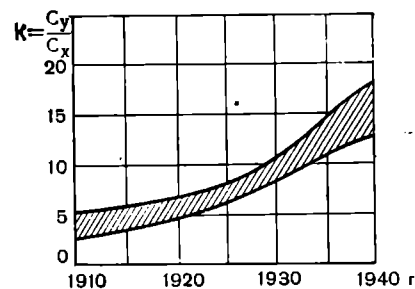
на для повышения скорости полета и создания тяжелых самолетов. Используя достижения советских металлургов и технологов, получивших новый легкий сплав — кольчугалюминий (дюралюминий), А. Н. Туполев начинает создавать самолеты-монопланы. В 1925 г. был построен боевой цельнометаллический самолет АНТ-3 (Р-3). На самолете этого типа под наименованием «Пролетарий» М. М. Громов в 1926 г. совершил первый круговой полет по маршруту Москва — Берлин — Париж — Вена — Прага — Варшава — Москва. В 1929 г. разработан первый советский многомоторный самолет АНТ-9, который под названием «Крылья Советов» провел новый круговой полет по столицам Европы. В том же году самолет АНТ-4 с гордым именем «Страна Советов» совершил перелет из Москвы в Нью-Йорк, покрыв за месяц расстояние в 21 500 км. На базе отделов и лабораторий ЦАГИ вскоре возникли новые самостоятельные научно-исследовательские институты — авиационных материалов (ВИАМ), авиационного моторостроения (ЦИАМ) и некоторые другие.

Новые рекордные перелеты

В последующие годы опытное самолетостроение развивалось в ЦАГИ еще более интенсивно. Одновременно на различных стадиях проектирования и постройки находилось до 15—20 машин. Из группы ведущих конструкторов перешли к самостоятельному конструированию А. А. Архангельский, П. О. Сухой, В. М. Петляков, В. М. Мясищев.

Конструктор В. М. Петляков создал целый ряд блестящих для своего времени машин: четырехмоторный бомбардировщик ТБ-7, на много лет определивший пути развития тяжелых боевых самолетов; пикирующий бомбардировщик Пе-2, широко известный в период Великой Отечественной войны.

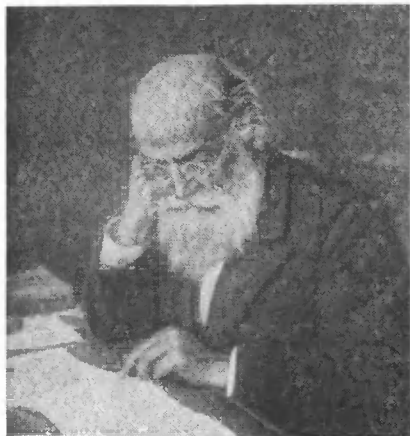
П. О. Сухой разработал рекордный дальний самолет РД. На самолетах этого типа экипажи летчиков М. М. Громова, В. П. Чкалова и В. С. Гризодубовой совершили выдающиеся для



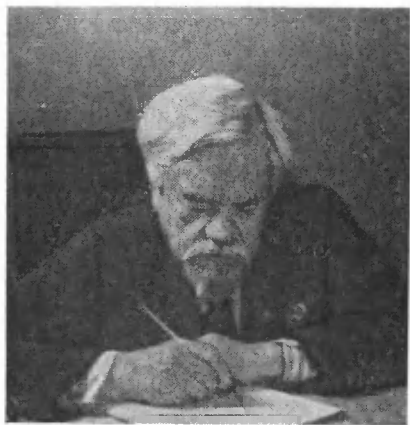
Изменение качества самолетов. K — отношение коэффициента подъемной силы (C_y) к коэффициенту лобового сопротивления (C_x).

того времени дальние перелеты и установили мировые рекорды. Историческим перелетам В. П. Чкалова и М. М. Громова в США предшествовала взволновавшая весь мир небывалая высадка на самолетах АНТ-6 и АНТ-7 зимовщиков на дрейфующую льдину в районе Северного полюса. К середине 30-х годов относится создание А. А. Архангельским замечательного по тому времени скоростного бомбардировщика СБ. Имея скорость 400 км/час, этот самолет долгое время был самой скоростной машиной в мире. Он прошел тщательную доводку в аэродинамических трубах ЦАГИ и впервые в истории советской авиации был запущен в поточное производство.

На примере СБ можно видеть, как изменились два основных показателя аэродинамического совершенства самолета: аэродинамическое качество (отношение коэффициента подъемной силы к коэффициенту лобового сопротивления) и площадь плоской пластинки с сопротивлением, равным сопротивлению самолета на малом угле атаки. Качество самолетов резко возросло. Убирающиеся шасси, замена гофрированной обшивки гладкой, закрытие кабины, уменьшение площади крыльев, правильное сочетание крыльев и фюзеляжа, введение посадочных щитков — все эти меры, обеспечившие высокие летные качества, были осуществлены благодаря коллективным творческим усилиям научных работников, экспериментаторов и конструкторов ЦАГИ. В 1936 г. коллектив, руководимый А. Н. Туполевым, был выделен в от-



Николай Егорович Жуковский.



Сергей Алексеевич Чаплыгин.

дельное конструкторское бюро. Усилия ЦАГИ сосредоточились на решении фундаментальных научных задач, позволивших осуществить разработку новейших образцов боевых самолетов, составивших в годы Отечественной войны основу вооружения советской авиации.

На прочной научной основе

Для истории авиации характерно чрезвычайно быстрое изменение форм и характеристик типов машин (см. табл.), которое было обусловлено достижениями в области аэродинамики, авиадвигателестроения, авиационной прочности, материаловедения, технологии.

Годы	Мощность, л. с.	Скорость, км/час	Число М ¹
1914—1917	80—150	160—140	0,08—0,11
1920—1927	250—400	180—240	0,15—0,26
1938—1941	800—1700	600—700	0,5—0,58

Дальнейшее развитие авиационной науки и техники потребовало создания новой экспериментальной базы для исследования аэродинамики и прочности самолетов. Было принято решение о строительстве нового ЦАГИ с новыми, более совершенными аэродинамическими трубами и стендами для испытания самолетов и их моделей. При выборе параметров больших аэродинамических труб много споров вызвал вопрос о мощности вентиляторов. В те годы в США строилась труба с двумя вентиляторами по 4 тыс. квт. Проектанты ЦАГИ решили установить приводы к вентиляторам самые мощные тогда в СССР — по 15 тыс. квт.

Закладка нового ЦАГИ состоялась в июне 1935 г. В День авиации 18 июля 1936 г. были опробованы малые трубы Т-102 и Т-103, а осенью 1939 г. впервые получили поток в больших аэродинамических трубах Т-101 (для испытания натурных самолетов) и Т-104 (для испытания двигателей и винтов). Общая мощность приводов вентиляторов больших труб составила 60 тыс. квт. Затем вступили в строй центральные мастерские, «штопорная» труба, лаборатория динамической и статической прочности. Пуск этих уникальных сооружений представлял собой очень важный этап в развитии авиационной науки. Одновременно с сооружением аэродинамических труб и экспериментальных установок большое внимание уделялось отработке методики исследований, технике измерений, созданию новых приборов.

Значительное развитие получила теория тянущего и несущего винта. Наряду с этим развивались методы и техника статических испытаний авиационных конструкций. Были разработаны нормы прочности, сыгравшие

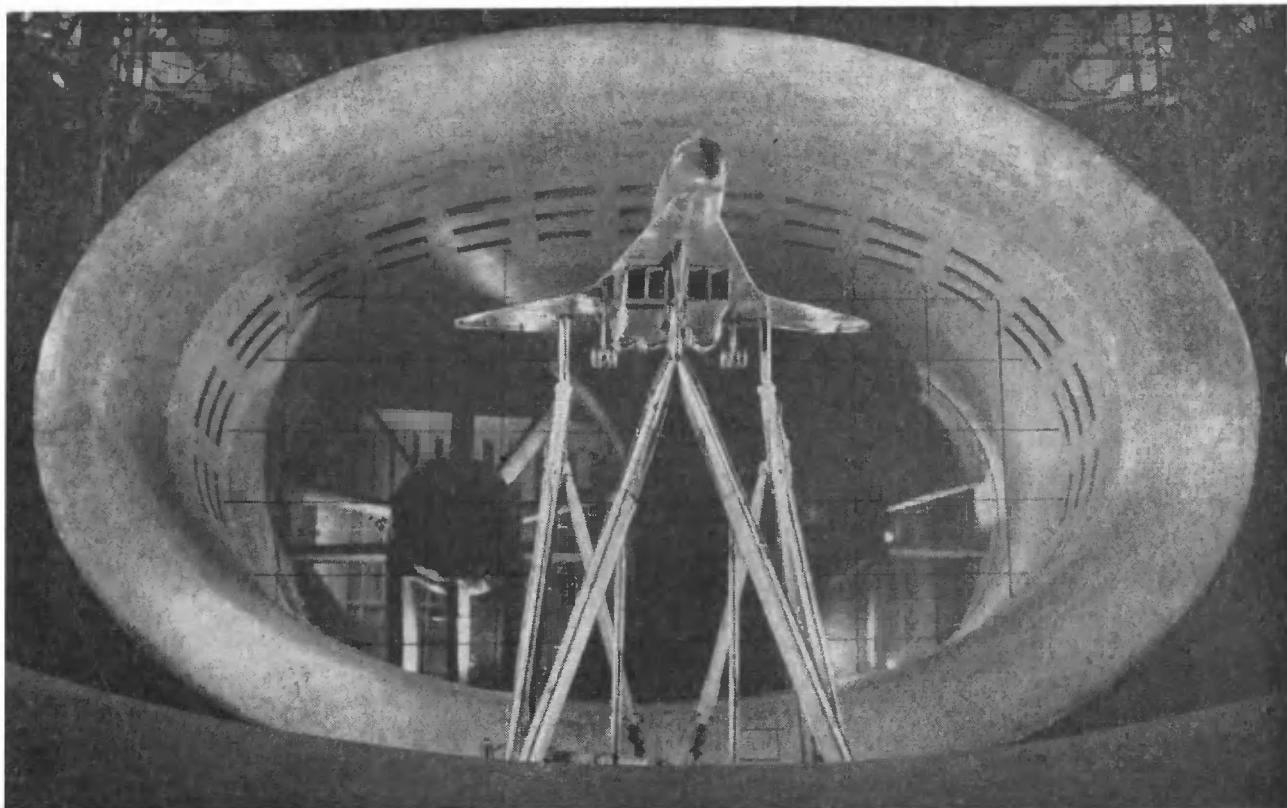
важную роль в обеспечении безопасности полетов. В них был использован отечественный опыт проектирования самолетов и впервые вводилась зависимость расчетной перегрузки от веса самолета и максимальной скорости горизонтального полета. Впервые нашли свое отражение в виде особых расчетных случаев норм такие явления, как воздействие на самолет беспокойного воздуха и маневры с отклоненными элеронами.

Особенно значительными представляются работы по изучению вибраций самолета. К этому времени начал складываться самостоятельный раздел прикладной механики, в котором рассматривалось взаимодействие упругого тела с воздушной средой. Он получил наименование аэроупругости. Дело в том, что вибрации самолета возникают по разным причинам. Резонансные колебания вызываются воздействием на вибрирующую деталь периодической силы. Они приводят к усталостным разрушениям. Вибрации типа «бафтинг» возникают от ряда последовательных толчков, создаваемых набегающими на хвостовое оперение вихрями, которые образуются при обтекании крыла. В обоих случаях колебания



Андрей Николаевич Туполев.

¹ Число Маха (М) — отношение скорости движения (v) в однородной сжимаемой среде к скорости звука (a).



Большая аэродинамическая труба Т-101, в которой были проведены первые натурные испытания самолета (1939 г.). Параметры трубы обеспечивают ее успешное использование и в настоящее время. На снимке — момент испытания модели Ту-144.

вызываются периодически повторяющейся внешней возмущающей силой. Наряду с этими возможны колебания, не требующие периодической внешней силы. Эти колебания поддерживаются дополнительными аэродинамическими силами, которые действуют на вибрирующую часть летящего самолета и стремятся увеличить ее амплитуду колебания. Они получили английское название «флаттер».

Флаттер — самая опасная форма вибраций самолета. Случаи появления флаттера отмечены в середине 30-х годов при возрастании скорости полета и применении узких и длинных крыльев. Как правило, такие вибрации полностью разрушали самолет в течение одной — двух секунд и даже долей секунды. У наблюдавших ава-

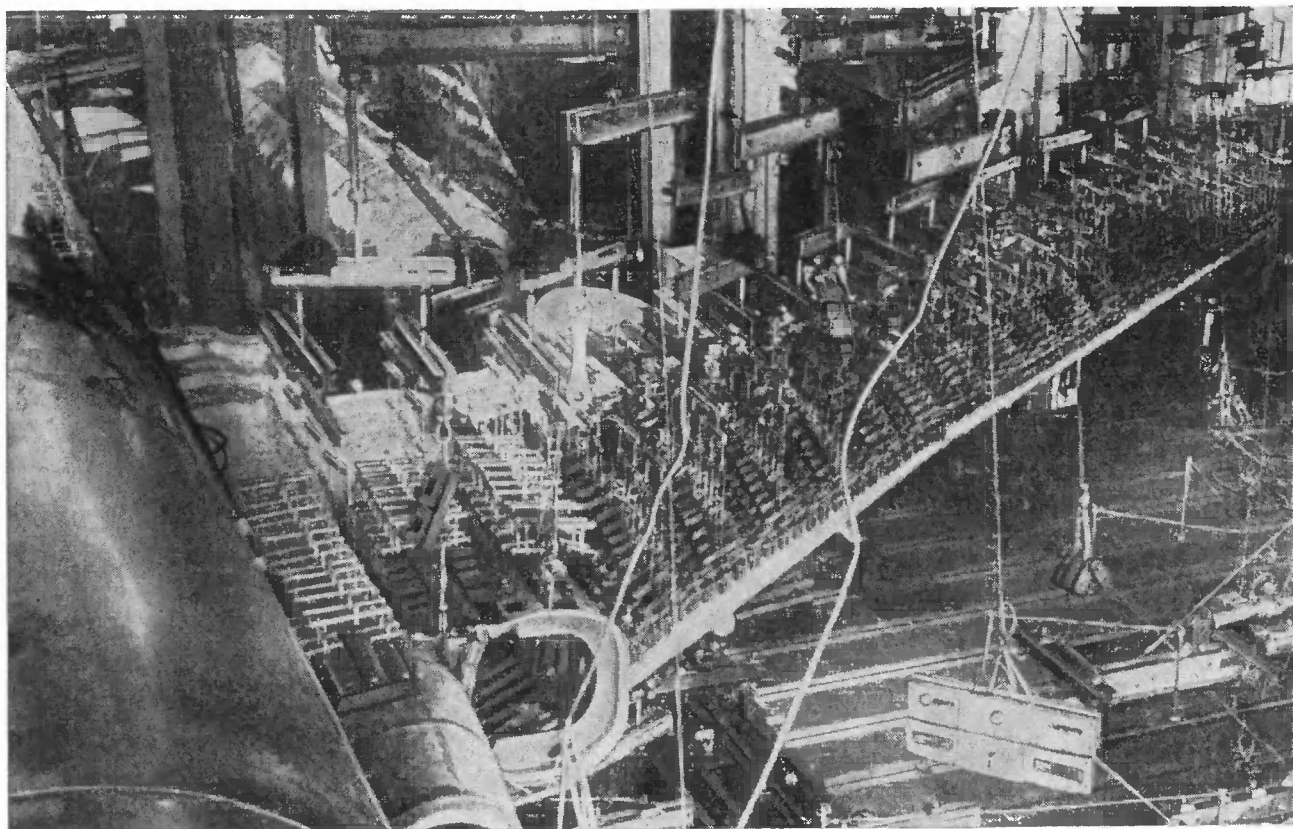
рию с земли создавалось впечатление взрыва самолета. Вибрации типа флаттер возникают внезапно при некоторой определенной скорости полета, называемой «критической скоростью флаттера», а также при неблагоприятном соотношении между жесткостью конструкции, ее массовыми и аэродинамическими характеристиками.

В 1935 г. в Экспериментально-аэродинамическом отделе (ЭАО) ЦАГИ была создана бригада вибраций во главе с М. В. Келдышем. Работы М. В. Келдыша заложили фундаментальные основы теории флаттера и указали на возможность использования законов стационарной аэродинамики при определении аэродинамических сил, действующих на колеблющееся крыло.

Самолеты стали строиться с таким расчетом, чтобы критическая скорость флаттера была больше максимальной скорости полета данного самолета, а возникающие вибрации были затухающими. Это достигалось осуществлением некоторых конструктивных мер. Одновременно в процессе изучения флаттера были разработаны рекомендации летному составу, выполнение которых исключало появление флаттера или определяло пути борьбы с ним.

В этот период видные советские ученые — М. В. Келдыш, Н. Е. Кочин, М. А. Лаврентьев, А. И. Некрасов, Г. И. Петров, Л. И. Седов — участники общетеоретического семинара С. А. Чаплыгина, решили многие важные задачи аэродинамики и газовой динамики, получили фундаменталь-

Испытание крыла самолета на статическую прочность в 1932 г. (слева); то же — в настоящее время (внизу).



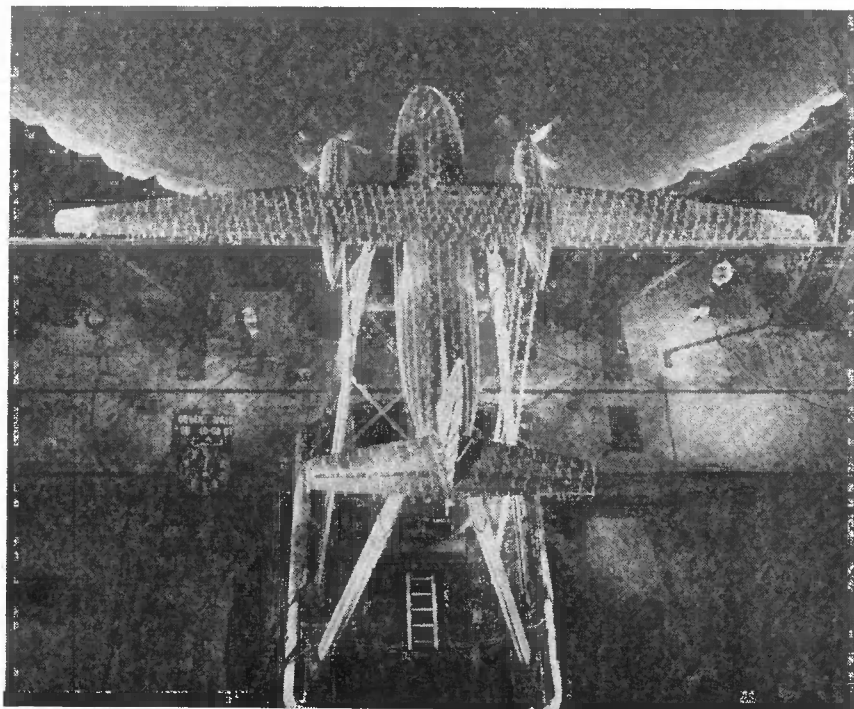
ные результаты в изучении вопросов сжимаемости воздуха, проблем глосирования, удара о воду, движения на подводных крыльях.

В начале 40-х годов, ввиду участвовавших случаев разрушения элементов конструкции самолета под воздействием повторно статических нагрузок, в полную силу заявила о себе проблема выносливости. Были найдены более совершенные формы

элементов самолета, использование которых позволило опытно-конструкторскому бюро создать новые конструкции боевых машин. Новым самолетам были приданы формы, обеспечивающие малое лобовое сопротивление, хорошие пилотажные и взлетно-посадочные качества. Самолеты С. В. Ильюшина, С. А. Лавочкина, А. И. Микояна, М. И. Гуревича, В. М. Петлякова, А. Н. Туполева и

А. С. Яковлева с двигателями В. Я. Климова, А. А. Микулина и А. А. Швецова (истребители ЛаГГ-3, МиГ-3, Як-1, штурмовики Ил-2, бомбардировщики Ил-4 и Ту-2 и их модификации) составили основу вооружения Военно-воздушных сил. Отличные летные и боевые качества этих машин со всей очевидностью выявились в огне сражений Великой Отечественной войны.

Исследование обтекания модели самолета методом «шелковинок». По поведению отрезков шелковых нитей можно судить о характере обтекания.



В годы тяжелых испытаний, выпавших на долю советского народа, усилия коллектива ЦАГИ были направлены на оказание помощи фронту и создание научных основ дальнейшего прогресса авиационной техники. Путем исследований в натурных аэродинамических трубах Т-101 и Т-104 выявилась возможность значительного улучшения летных данных многих отечественных самолетов. Ученые Института решили целый ряд важных для практики самолетостроения проблем аэродинамики, динамики полета, прочности, аэроупругости самолета и воздушных винтов, разработали методику надежного вывода самолета из штопора и предложили практический метод определения критической скорости определения критической скорости флаттера, нашедший широкое применение в самолетостроении.

Околозвуковые, реактивные

Беспримерная по технической вооруженности армий воюющих сторон вторая мировая война вызвала дальнейшее развитие авиации, главным образом в области увеличения ско-

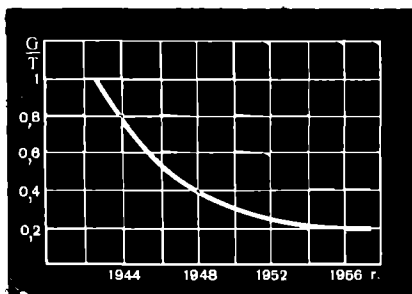
ростей полета. В конце Великой Отечественной войны успех в этом направлении достигался ценой очень большого роста мощностей поршневых двигателей (2500—3000 л. с. в одном агрегате). Принцип сохранения постоянной эффективной мощности, присущий поршневому двигателю, стал препятствием на пути дальнейшего увеличения скорости полета: с ростом скорости падала эффективная тяга двигателя из-за влияния сжимаемости воздуха на характеристики винта.

В ЦАГИ и в других организациях страны появились работы, обосновывающие целесообразность использования на летательных аппаратах воздушно-реактивных и ракетных двигателей, позволяющих с ростом скорости сохранить или даже несколько увеличить тягу. Это принципиально новое направление в развитии авиации открывало огромные возможности для быстрого увеличения скорости полета и стимулировало исследования по изучению влияния сжимаемости воздуха.

Послевоенный период научной деятельности ЦАГИ связан с исследованиями по радикальному техническому перевооружению советской авиа-

ции и созданию самолетов с реактивными двигателями и околозвуковой скоростью полета.

Уже в годы войны встала задача создания новых аэродинамических схем и новых форм для элементов будущих скоростных машин. Советская аэродинамическая наука имела теперь существенный задел по исследованиям в этой области. Еще в начале 900-х годов С. А. Чаплыгин в работе «О газовых струях» заложил фундаментальные основы газовой динамики — раздела аэродинамики, рассматривающего течения с большими скоростями. Дальнейшее развитие газовая динамика получила в ряде исследований М. В. Келдыша и Ф. И. Франкля, С. А. Христиановича, М. Д. Миллионщикова, А. А. Дороницына, Г. И. Петрова, В. В. Струминского и многих других. Было отмечено, что при достижении скоростей, близких к скорости звука, резко возрастает сопротивление крыльев и других элементов самолета набегающему потоку воздуха; при этом уменьшается подъемная сила, ухудшаются устойчивость и управляемость самолета. Комплекс этих явлений знаменовал возникновение проблемы так называемого «волнового



Изменение отношения веса двигателей (G) к создаваемой ими тяге (T) в 1944–1956 гг.

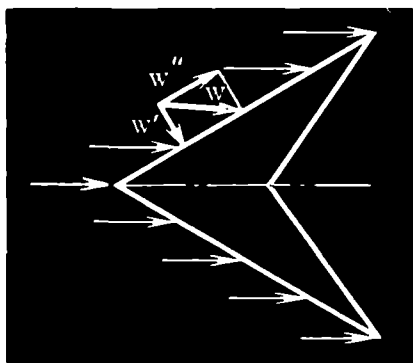
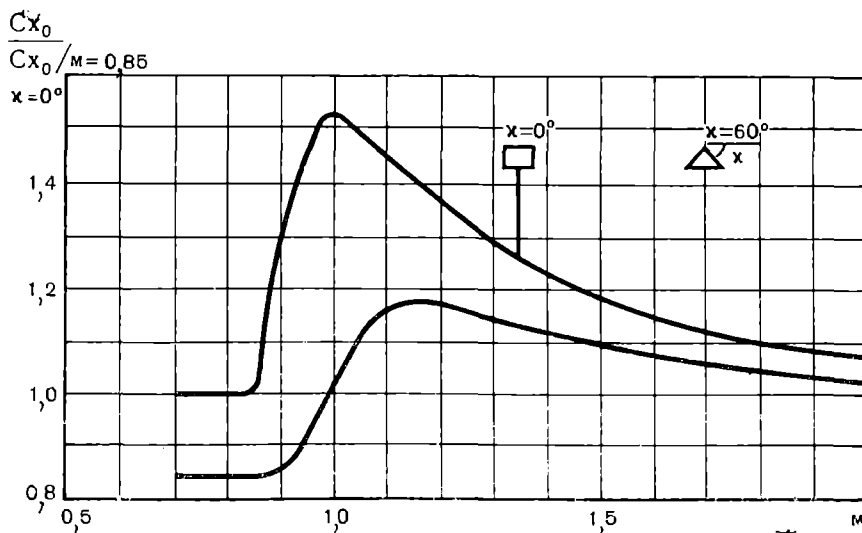


Схема обтекания стреловидного крыла.



Влияние формы крыла на волновое сопротивление при переходе на сверхзвуковые скорости полета.

барьера»¹, в решение которой упиралось дальнейшее развитие скоростной авиации.

Для преодоления возросшего сопротивления — основного препятствия в достижении больших скоростей — ЦАГИ не пошел по пути опережающего роста мощности самолетных двигателей. Была избрана традиционная для Института комплексная методология теоретических и экспериментальных исследований. Эксперименты показали, что при обтекании профиля крыла потоком большой дозвуковой скорости при некоторой ее величине, называемой критической ($W_{кр}$), вблизи крыла образуются зоны сверхзвуковых скоростей. При докритических скоростях сопротивление тела складывается из сопротивления формы, сопротивления трения и индуктивного сопротивления, непосредственно связанного с существованием подъемной силы. При скоростях, превышающих критическую, образование у тела сверхзвуковых зон приводит к появлению дополнительного сопротивления, названного волновым. Общее сопротивление тела возрастает, а его подъемная сила падает.

Область сверхзвуковых скоростей заканчивается скачком уплотнения, за

которым давление возрастает, а скорость вновь становится дозвуковой. С увеличением скорости набегающего потока область сверхзвуковых скоростей охватывает все большую часть крыла. Скачок перемещается к задней кромке, за скачком возникает отрыв потока, вызывающий дополнительные изменения в зависимости сопротивления, подъемной силы и момента крыла от скорости.

После достижения критической скорости происходит нерегулярное изменение местной скорости потока у поверхности крыла. Распределение скоростей и чисел M на поверхности профиля от его передней кромки до скачка уплотнения остается постоянным и не зависит от скорости набегающего потока. Это явление (закон стабилизации распределения скоростей у поверхности профиля) объяснило специфический характер изменения силовых и моментных характеристик профиля при сверхкритических скоростях (числах $M > M_{кр}$).

Успешному решению задачи обтекания тел потоком большой скорости способствовало сооружение в ЦАГИ уникальных околозвуковых аэродинамических труб. Одновременно было дано теоретическое обоснование обтекания профиля большим дозвуковым потоком, позволившее приступить к разработке специальных профилей крыла. На всех отечественных самолетах стали применяться серии скоростных профилей для крыльев и оперения, которые позволили увеличить скорость самолетов с 75 до 85–90% скорости звука (~1100 км/час). Сбылся прогноз К. Э. Циолковского о неизбежной смене винтомоторных самолетов самолетами реактивными! Переход на реактивные двигатели происходил бурно, но он был закономерен и заранее подготовлен. Работы, начатые советскими учеными перед войной, получили теперь широкое развитие. Руководимые А. М. Люльки, А. А. Микулиным, Б. С. Стечкиным, В. Я. Климовым коллективы успешно разрабатывали новые типы двигателей. Благодаря успехам в этой области удалось менее чем за 10 лет уменьшить отношение веса двигателей к создаваемой ими тяге более чем в три раза.

За счет колоссального избытка тяги

¹ В популярной литературе его обычно называют «звуковым барьером».

реактивных двигателей открылись перспективы невиданного увеличения максимальной скорости полета. Перед аэродинамикой встали задачи дальнейшего уменьшения волнового сопротивления крыла самолета. Эти задачи были решены благодаря использованию эффекта скольжения, полученного в результате применения стреловидных крыльев и тонких крыльев малого удлинения.

Придание крылу стреловидности увеличило критическое число M , так как в этом случае местные скорости зависят не от полной скорости полета W , а от ее составляющей, перпендикулярной передней кромке крыла ($W' < W$). Изменив угол скольжения, можно на 30—50% уменьшить действующие на самолет скорости. Применение стреловидных крыльев и тонких крыльев малого удлинения, обладающих небольшим волновым сопротивлением и необходимыми характеристиками устойчивости, в сочетании с использованием реактивного двигателя обеспечило достижение скоростей, близких к скорости звука, а в дальнейшем и значительно ее превысивших. Однако, прежде чем в декабре 1948 г. на самолете Ла-176 впервые была достигнута скорость, равная скорости звука, а в декабре 1950 г. на самолете МиГ-17 скорость превысила звуковую, потребовались большие теоретические и экспериментальные исследования, позволившие, как мы видели, отработать компоновки реактивных самолетов, рациональные в отношении аэродинамики, динамики полета и аэроупругости.

Переход на околозвуковые скорости связан не только с возрастанием сопротивления, но и с ухудшением управляемости. При очень больших скоростях происходит перемещение точки приложения аэродинамических сил и моментов к хвосту самолета. Для их уравнивания летчику необходимо изменять силы, прикладываемые к оперению. Эти силы при сверхзвуковых скоростях достигают десятков тонн на истребителях и еще большей величины — на тяжелых самолетах, поэтому появилась необходимость в специальных приводах. В связи с этим в ЦАГИ были разработаны основные принципы так называ-

емого бустерного управления с использованием дополнительной энергии. Для управления самолетом летчику теперь уже необходимо приложить лишь небольшое усилие, чтобы переместился золотник рулевой машинки, перетускающей жидкость под высоким давлением в органы управления и создающей необходимые усилия.

В послевоенные годы быстро развивался Гражданский воздушный флот. Создаются выдающиеся пассажирские самолеты с реактивными двигателями — Ту-104 (1955), Ил-18, Ан-10 и Ту-114 (1957), Ил-62 (1962). Их проектирование основывается на обширных исследованиях ЦАГИ по аэродинамике, динамике и, главным образом, по длительной прочности и аэроупругости.

Проблемы статической прочности и выносливости конструкции пассажирских самолетов решались в тесном содружестве с опытными конструкторскими бюро и вузами страны. Были использованы новые высокопрочные материалы. Одновременно осуществлялись мероприятия, увеличивающие аэродинамическое качество и к.п.д. винтов, улучшающие взлетно-посадочные свойства, повышающие надежность и увеличивающие ресурс пассажирского самолета.

Нельзя не упомянуть о работах ЦАГИ по созданию вертолетов. В этот же послевоенный период развернулись широкие исследования по аэродинамике, статической и динамической прочности и устойчивости движения вертолетов. Была уточнена вихревая теория винта самолета и несущего винта вертолета. Все это во многом способствовало успехам отечественного вертолетостроения.

Первые сверхзвуковые

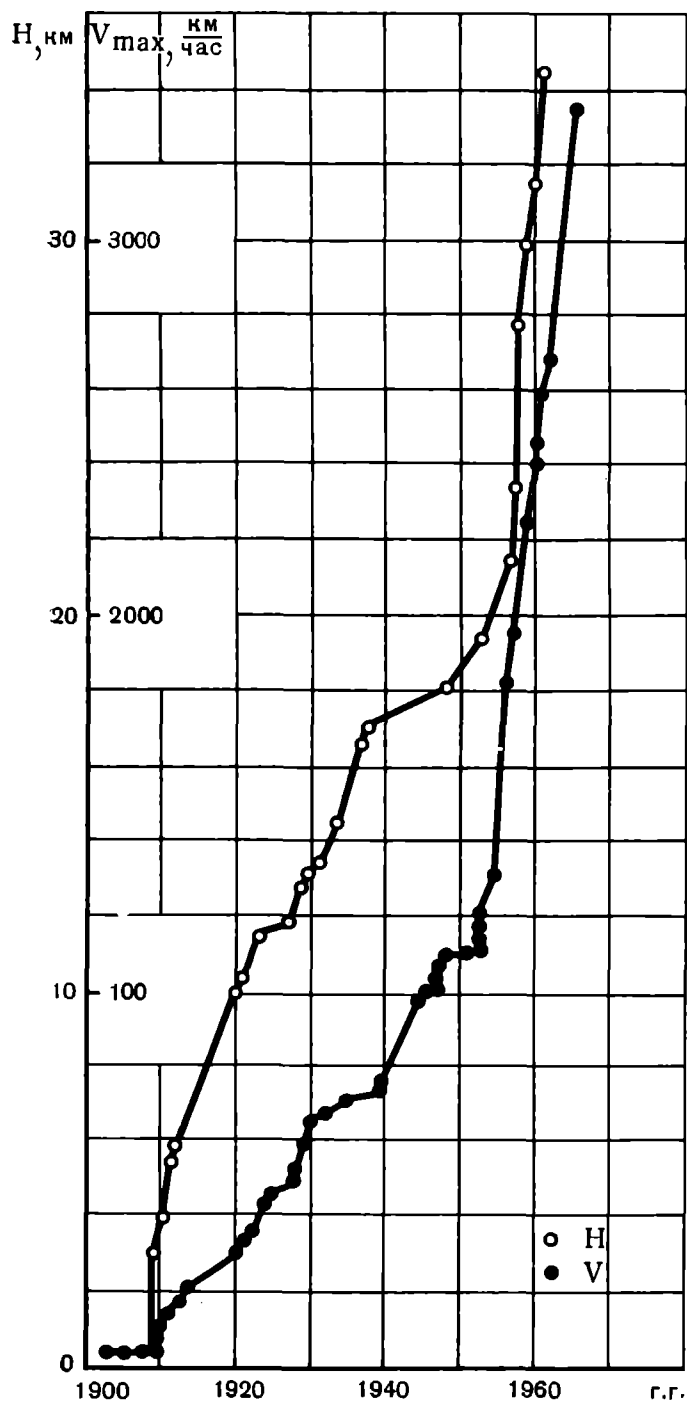
В 1952 г. на самолете МиГ-19 впервые была достигнута скорость, значительно превышающая скорость звука. Однако этот этап развития аэродинамики и науки о прочности летательных аппаратов более чем когда-либо ранее потребовал создания новых экспериментальных средств и методов исследования. Были построены сверхзвуковые аэродинамические трубы для изучения компо-

вок сверхзвуковых самолетов, для исследования сверхзвуковых вихрезаборников и сопел, а также специальные установки для испытания моделей на флаттер. Ученые ЦАГИ получили точные решения уравнений движения газа со сверхзвуковой скоростью, разработали методы расчета пространственного обтекания осесимметричных тел и вариационные методы определения оптимальных аэродинамических форм крыла, фюзеляжа и их комбинаций.

Движение со сверхзвуковыми скоростями выдвинуло перед создателями летательных аппаратов новую сложную проблему — аэродинамический нагрев. Подобно «волновому барьеру» при околозвуковых скоростях полета, возник «тепловой барьер» — спутник сверхзвуковых скоростей.

Потребовалось разработать инженерные методы определения прочности современных авиационных конструкций при высоких температурах, и для изучения проблем аэродинамического нагрева — новые методы исследования температурных полей и температурных напряжений, расчета несущей способности летательных аппаратов. Было исследовано влияние высоких температур на кратковременную и длительную прочность, на ползучесть, изучена усталость и выносливость авиационных конструкций. Широкий фронт теоретических и экспериментальных исследований обеспечил успешную разработку новых компонентов сверхзвуковых самолетов: скорость самолетов возросла до трех скоростей звука (~ 3300 км/час). С ростом скорости увеличилась высота и дальность полета.

Одним из новых направлений в развитии авиационной техники явилось использование крыльев с изменяемой в полете геометрией. При этом за счет изменения только одного геометрического параметра — угла стреловидности — крыло приобретает форму, обеспечивающую самолету наилучшие аэродинамические характеристики на заданном режиме полета. Решение этой сложной научной и инженерной задачи позволило соединить в одном аппарате свойства дозвукового и сверхзвукового самолетов.



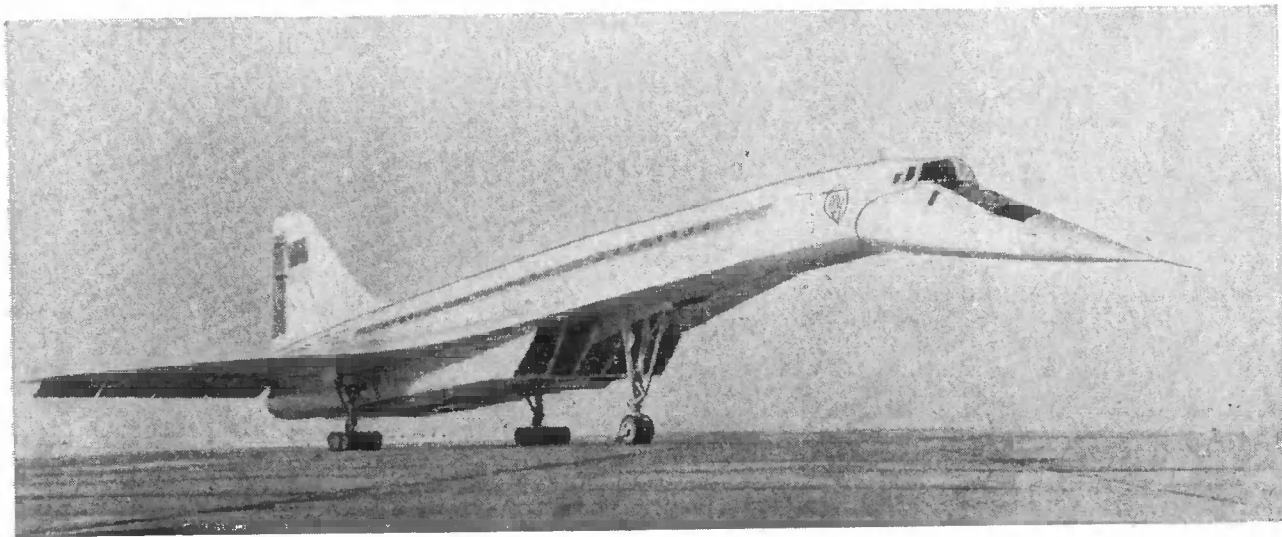
Изменение максимальной скорости (v) и высоты (H) полета за период 1900—1960 гг.



Еще одно направление — создание самолетов с укороченным взлетом и посадкой. В этих новых качествах сочетаются высокие летные данные реактивных самолетов с возможностью эксплуатации их на любой, даже самой малой площадке. Это направление стало возможным благодаря значительному росту энерговооруженности современных самолетов, но оно же выдвинуло целый ряд новых проблем в области аэродинамики и динамики. Потребовалось исследовать взаимодействие струй двигателя с потоком, обтекающим самолет, изучить рациональные способы создания подъемной силы, изыскать пути обеспечения необходимых характеристик устойчивости и управляемости в широком диапазоне углов атаки. Эти задачи были решены, что позволило ученым ЦАГИ рекомендовать промышленности ряд аэродинамических компоновок самолетов с укороченным взлетом и посадкой.

Выдающимся событием в области самолетостроения последних лет стало создание сверхзвукового пассажирского самолета Ту-144. Новый воздушный лайнер впитал в себя все современные достижения авиационной науки и техники. Четыре мощных реактивных двигателя; очень тонкое крыло малого удлинения, обладающее при сверхзвуковой крейсерской скорости высоким аэродинамическим качеством; переменная стреловидность передней кромки крыла; четыре элевона сзади крыла, предназначенные для управления; идеально отделанная поверхность — таковы внешние данные этого лайнера. На новом самолете — автоматическая система навигации; ему придана бортовая счетно-вычислительная машина, обеспечивающая полет по запрограммированному маршруту и выдающая экипажу всю информацию, необходимую для управления самолетом. Особо надежна система управления, построенная по принципу многократного дублирования. Летать этот исполин будет со скоростью 2 500 км/час на высоте 16—20 км.

Новейшие достижения во многих областях науки и техники, воплощенные в Ту-144, обеспечили этот замечательный успех в развитии советской авиации.



Сверхзвуковой пассажирский самолет Ту-144.

Гиперзвуковые летательные аппараты

Прогресс в создании сверхзвуковых самолетов стимулировал исследования аэродинамики, динамики и прочности при новых, еще более высоких скоростях. Успехи в разработке баллистических ракет и ракет-носителей орбитальных аппаратов свидетельствуют о новых возможностях летательных аппаратов с очень большими, так называемыми гиперзвуковыми скоростями ($M \gtrsim 5$). Область механики, рассматривающая течение газа с гиперзвуковыми скоростями, за последнее десятилетие значительно продвинулась вперед.

Были обнаружены новые качественные закономерности в обтекании тонких и затупленных тел; предложены эффективные численные методы интегральных соотношений, позволившие впервые рассчитать обтекание затупленных тел с неприсоединенной ударной волной, развита теория пространственного гиперзвукового течения около крыловых профилей и тел вращения.

Переход к гиперзвуковым скоростям значительно усложнил исследование проблем аэродинамики. Для решения задач по обтеканию тела стало

необходимым привлечение не только термодинамики, но и химии, а в ряде случаев потребовало учета электромагнитных явлений. Все большее значение стали приобретать проблемы теплопередачи к поверхностям тел различной формы, для чего понадобилось создание эффективных методов экспериментальных исследований. Важную роль в развитии гиперзвуковой аэродинамики и решении сопутствующих вопросов сыграло сооружение аэродинамических труб и установок с высокими числами M и большими тепловыми потоками, а также разработка и создание высокочувствительной измерительной аппаратуры, удовлетворяющей жестким требованиям по частоте и величине измеряемых величин. Для изучения гиперзвукового нагрева были привлечены новые физические методы исследования. Например, успешно применяется метод термоиндикаторных красок для определения величины тепловых потоков, идущих в летательный аппарат извне. В этом случае в рабочую часть аэродинамической трубы устанавливается модель, покрытая особой краской, реагирующей на изменение температуры изменением цвета. Наблюдая за моделью в процессе ее нагрева горячим потоком, можно видеть, как

на модели перемещается граница между изменившимся и первоначальным цветом. Расшифровка киограмм нагревания дает возможность проследить во времени характер обтекания модели и распределения тепловых потоков на ее поверхности.

Метод термоиндикаторных красок благодаря своей наглядности и обилию одновременно получаемой информации имеет неоспоримые преимущества перед известными способами дискретных измерений температуры поверхности модели температурными датчиками. Он применим также для моделей сложной конфигурации и малых размеров.

*

Достижения авиационной науки и техники последних десятилетий основаны на результатах исследований в различных областях знаний, и главным образом в области аэродинамики, динамики, прочности, материаловедения, электроники, автоматики, измерительной и счетной техники. Опираясь на успехи в этих областях знаний, советская авиация достигнет новых, непревзойденных высот в своем развитии.

Тепловой режим Земли

Б. Г. Поляк, Я. Б. Смирнов

Кандидаты геолого-минералогических наук



Борис Григорьевич Поляк, научный сотрудник Лаборатории геотермии Геологического института АН СССР. Занимается изучением теплового поля Земли, вулканизма, термальных вод, энергетики геологических процессов. Автор многих научных работ.



Яков Борисович Смирнов, научный сотрудник Лаборатории геотермии Геологического института АН СССР. Изучает природу геодинамических процессов в земной коре и верхней мантии. Автор многих научных работ.

Тепловое поле Земли — первое геофизическое поле, ставшее предметом научного исследования. Оно привлекало внимание античных натуралистов (жертвой своего энтузиазма стал Плиний-Старший, погибший во время наблюдений за извержением Везувия в 79 г. до н. э.), средневековых естествоиспытателей (Агрикола, А. Купфер), основоположников современной науки Р. Бойля, М. В. Ломоносова, Ж. Фурье. Гипотеза Канта — Лапласа и расчеты Кельвина в свое время подчеркнули космогоническое и геологическое значение исследований внутриземного тепла. Открытие радиоактивности дало им новую перспективу, сразу же оцененную В. И. Вернадским, Дж. У. Рэлеем, Дж. Джоли и изученную затем А. Холмсом, Г. Макдональдом, А. Н. Тихоновым, В. Г. Хлопиным, Г. Юри и многими другими. Одновременно нарастал интерес к геотермическому полю в связи с практической деятельностью человека. Горнодобывающая промышленность требовала точного прогноза температурного режима осваиваемых недр, а неудержимо растущее производственное потребление энергии поставило вопрос об использовании огромных ресурсов глубинного тепла.

Направление исследований

В проблематике геотермических исследований, представляющих собой, по выражению В. И. Вернадского, «важнейший, по существу геофизический комплекс проблем», сейчас выделяются три основных направления: теоретические, региональные и прикладные исследования.

Одна из важнейших проблем теоретической геотермии состоит в выяснении природы глубинного тепла и его роли в общем энергетическом балансе Земли. В этой связи исследуется значение радиоактивного распада, который большинством исследователей признается главным источником внутриземного тепла, а также процессов образования планеты, гравитационной дифференциации ее вещества, физико-химических преобразований, приливного трения в системе Земля — Луна, горообразования, сейсмических явлений, вулканизма, возможного изменения мировой гравитационной постоянной, поглощения Землей космических частиц и т. п.

Другая важная проблема — изучение механизмов передачи тепла в Земле. Анализ различных видов теплопереноса советским геофизиком Е. А. Любимовой привел ее к представлению о существовании в Земле на глубине около 100 км «теплозапирающего слоя». Отсюда следуют важные выводы о возможном разогревании недр, существовании полурасплавленной «астеносферы» на границе коры и мантии Земли и др.

Конечная задача теоретических работ в области геотермии — выяснение тепловой истории Земли и распределения температур в различных геосферах. Она требует синтеза результатов, полученных при решении двух названных выше проблем. И ряда других геолого-геофизических данных (например, об изменении по радиусу Земли скоростей распространения сейсмических волн и электромагнитных свойств ее вещества, о возможной глубине полно-

го или частичного его плавления и т. д.).

Такой синтез позволяет, в частности, предполагать, что в подошве земной коры (глубина 5—50 км) температура колеблется от 200 до 1200°, на границе мантии и ядра (2 900 км) она приближается к 6 000°, а в центре ядра достигает 6 000—8 000°.

Развитие региональной геотермии началось с картирования современного геотемпературного поля в пределах вскрытой бурением части земной коры. Исходным материалом для таких построений служат результаты измерений температуры пород в скважинах, шахтах, туннелях и других горных выработках.

Современная техника сделала возможным массовое бурение скважин на глубину 4—6 км. Некоторые скважины уже достигли глубин 7—8 км, и сейчас начинается сверхглубокое бурение, которое должно дать ценнейший материал о строении 10—15 верхних километров разреза земной коры. С глубиной происходит рост температуры, свидетельствующий о существовании постоянного потока тепла из недр Земли к ее поверхности: на забое наиболее глубоких скважин температура достигает 150—200° и более. Так, в одном из нефтяных районов США на глубине 7 730 м отмечена температура 180°, а у нас, в Ставрополье, на глубине 6 318 м — 220°. Еще выше температура недр в тех областях, где в последнее время происходила вулканическая деятельность. Здесь много так называемых геотермальных районов, характеризующихся выходами на поверхность Земли горячих подземных вод и пара. Известно, например, что в разбуриваемом еще с XIX в. геотермальном районе Лардерелло (Италия) горные породы на глубине всего 350—500 м нагреты до 220—240°; в новозеландском районе Вайотану отмечена самая высокая подземная температура — 295° (1000 м), а в Калифорнии (район Ниланд), где на глубине 900 м зафиксирована температура 260°, предполагается ее повышение до 340° на уровне 1400 м. Наибольший размах работы по региональной геотермии приняли именно в нашей стране, для всей территории которой построены различные

геотермические карты. Сопоставление их с данными геологического строения, гидрогеологических условий и параметрами других геофизических полей позволяет выявить основные влияющие на распределение глубинных температур факторы (особенности геологической структуры, состав горных пород, движение подземных вод) и оценить их роль в каждом отдельном случае. С другой стороны, мы получаем характеристики реальных температурных условий, в которых находятся геологические тела и развиваются многообразные физико-химические процессы. Другая разновидность региональных геотермических исследований — измерение теплового потока из недр Земли и выяснение особенностей его пространственного распределения. Характеризуя современный энергетический режим планеты в целом и отдельных различно построенных участков земной коры, этот параметр несет важную информацию о природе глубинного тепла, термической эволюции Земли, направлении и интенсивности геологических процессов и поэтому привлекает к себе особое внимание исследователей.

Закономерности распределения теплового потока

Исторически сложилось так, что другие разделы геотермии намного опередили изучение теплового потока — основного и наиболее стабильного геотермического параметра. Лишь в самое последнее время стало выясняться огромное значение исследований теплового поля и теплового потока для понимания геолого-тектонического развития Земли и происходящих в ней физических и химических процессов. Честь проведения первых (1939 г.) определений теплового потока на суше принадлежит известному английскому ученому Э. Булларду. Позднее, в 1952 г., по его же инициативе были начаты исследования теплового потока через дно океана.

В настоящее время число измерений теплового потока по земному шару составляет около 3 000, причем боль-

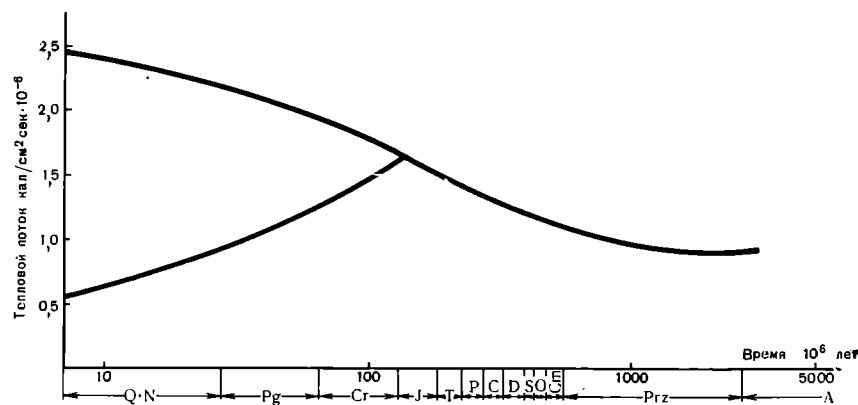
шая часть из них получена за последние 5—7 лет.

Географическое распределение пунктов измерений крайне неравномерно — на суше (около 700 измерений) они концентрируются в западной и восточной частях Североамериканского континента, в Центральной и Юго-Восточной Европе, западных и южных частях Советской Азии и на Японских островах. Небольшое количество измерений проведено в Австралии и Южной Африке. Более равномерно распределены измерения на океанических площадях, однако севернее 40° с. ш. и южнее 40° ю. ш. они практически отсутствуют.

При анализе полученных данных было подмечено, что различия между величинами теплового потока носят характер закономерности. «Кажется вероятным», — писал Ф. Берч в 1954 г., — что имеются естественные вариации теплового потока, связанные со структурными и химическими вариациями регионального масштаба¹. Еще раньше, в 1948 г., сходное предположение высказал чл.-корр. АН СССР П. Н. Кропоткин, изучив распределение геотермического градиента.

По мере накопления данных закономерности распределения теплового потока стали проявляться. Было установлено, что минимальными значениями теплового потока характеризуются наиболее древние и стабильные структуры Земли — докембрийские щиты. Максимальные же величины теплового потока характерны для интенсивно развивающихся в настоящее время структур кайнозойских и современных геосинклиналей (Альпийский и Тихоокеанский пояса), и срединно-океанических хребтов. Основываясь на этих заключениях и общих тенденциях энергетического развития Земли, мы предположили, что величины теплового потока должны быть специфичными для всех различно построенных участков земной коры. Расположение по земному шару, морфология и генезис таких участков составляют предмет исследований фундаментальной гео-

¹ F. Birch. The present state of the geothermal investigations, «Geophysics», v. 19, 1954, N 4, p. 647.



Зависимость теплового потока от возраста активного этапа развития земной коры. По вертикали отложен тепловой поток, по горизонтали — время в миллионах лет, а также стратиграфическая шкала.

логической науки — геотектоники. Используя основополагающие работы советских и зарубежных тектонистов, а также геотектонические карты, нам удалось выделить однородные множества величин теплового потока для основных тектонических структур Земли.

В дальнейшем эти множества были обработаны методами теории вероятностей и математической статистики. Оказалось, что всем различным тектоническим блокам земной коры соответствуют и различные величины глубинного теплового потока, причем в стабильных, наиболее древних структурах Земли тепловой поток минимален, в современных активных структурах — максимален, а в промежутке между ними — закономерно увеличивается.

Так, величина глубинного теплового потока в областях докембрийской складчатости (древнее 600 млн лет) составляет (в единицах, 10^{-6} кал/см²·сек) 0,9—1,0; в областях байкальской и каледонской складчатости (400—600 млн лет) — 1,10; герцинской (250—400 млн лет) — 1,25; мезозойской (100—250 млн лет) — 1,50; кайнозойской (0—100 млн лет) — 2,20. Это позволило сделать вывод, что величины теплового потока отражают возраст консолидации и активизации земной коры, т. е. возраст геосинклинального процесса.

В тектонически активных поясах величины глубинного теплового потока резко дифференцированы по конкретным структурным элементам.

Они низки $\sim (0,8—1,0) \cdot 10^{-6}$ кал/см²·сек — в интенсивно прогибающихся зонах (океанических желобах, краевых прогибах, межгорных впадинах и т. п.) и высоки $\sim (1,8—2,4) \cdot 10^{-6}$ кал/см²·сек — в воздымающихся структурах и областях молодого вулканизма.

Указанная закономерность носит общий характер для всех тектонически активных поясов Земли на континентах, в океанах, а также в зонах перехода между ними и свидетельствует о больших масштабах перераспределения глубинной энергии в этих активных поясах.

На океанических площадях нормальные величины теплового потока — порядка $(1,0—1,4) \cdot 10^{-6}$ кал/см²·сек свойственны стабильным глубоким впадинам (плитам), повышенные и высокие — различным положительным структурам дна океанов и срединно-океаническим хребтам.

Особенно интересно и сложно распределение теплового потока в пределах сравнительно недавно открытых тектонических зон дна океанов — срединно-океанических хребтов. Эти грандиозные структуры шириной до нескольких тысяч километров и длиной более 60 тыс. км создают концентрическую систему, опоясывающую весь земной шар. В центральных частях хребтов обычно выделяется рифтовая зона — чередование узких линейно вытянутых хребтов и долин с перепадом высот между ними в несколько километров. В этих центральных частях хреб-

та шириной до 200—300 км устанавливаются наиболее высокие потоки тепла — в общем более $3 \cdot 10^{-6}$ кал/см²·сек и нередко до 7—8 и даже $10 \cdot 10^{-6}$ кал/см²·сек. По направлению от центра хребта к его флангам тепловой поток резко снижается — до $(0,3—0,5) \cdot 10^{-6}$ кал/см²·сек. Таким образом, и здесь, вероятно, происходит мощное перераспределение энергии между отдельными элементами хребта. Очень высокие величины теплового потока в центральных частях хребтов свидетельствуют, по видимому, о неглубоком залегании очагов расплавленной магмы.

Выявленные закономерности в распределении глубинного теплового потока дали возможность построить схематическую карту теплового поля Земли и установить равенство потока тепла через площади с земной корой континентального и океанического типов. Кроме того, удалось уточнить одну из важнейших геофизических констант для Земли — величину средних потерь тепла. Она оказалась равной $1,18 \cdot 10^{-6}$ кал/см²·сек. Отсюда нетрудно получить и общее количество тепла, которое Земля излучает в космическое пространство в настоящее время: умножая средний тепловой поток на площадь поверхности Земли, получаем величину $(6,0 \pm 0,6) \cdot 10^{12}$ кал/сек или $(2,5 \pm 0,25) \cdot 10^{20}$ эрг/сек. В результате этого процесса Земля теряет за год столько энергии, что освоение лишь 2% ее удовлетворило бы все потребности мировой экономики.

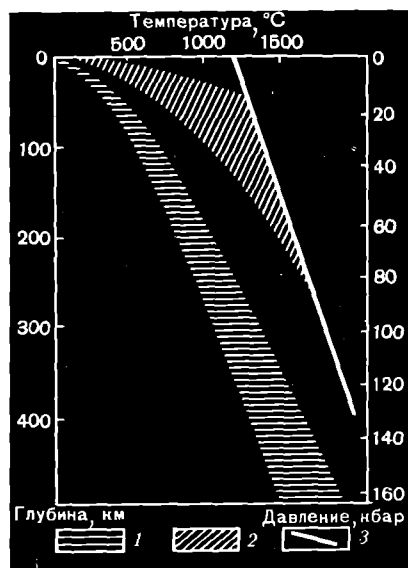
Тепловой поток и проблемы эволюции Земли

Изучение теплового потока дает важную количественную информацию о современном состоянии Земли и тем самым открывает новые перспективы разрешения коренных проблем геологии.

Кондуктивные теплопотери Земли — важнейший элемент геознергетического баланса, общая структура которого выясняется при анализе возможных источников глубинной энергии, путей ее трансформации и способов расхода. Подчеркивая важность такого анализа, В. И. Вернадский еще в 1933 г. писал: «Энергетика земной коры — есть та проблема, которая стоит сейчас перед геологом»¹. С тех пор разработка этого направления значительно продвинулась вперед благодаря трудам П. Н. Кропоткина, Е. А. Любимовой, Е. Н. Люстиха, В. А. Магницкого и многих других советских и зарубежных исследователей.

На нынешней стадии развития Земли кондуктивный теплопоток составляет более 98% общих потерь ее внутренней энергии. Остальная, совсем незначительная часть приходится на долю конвективного выноса тепла — в ходе вулканического процесса и разгрузки гидротерм.

Генерация тепла в Земле может быть следствием внутриатомных процессов, диссипации в различных гидросферах кинетической энергии ее вращения и преобразований потенциальной гравитационной энергии. По наиболее распространенным представлениям, главную роль в приходной части геознергетического баланса, как уже говорилось, играет распад радиоактивных элементов, рассеянных в земном веществе. Оценки его современного эффекта колеблются в диапазоне (1,4—3,0) · 10²⁸ эрг/год, из чего следует, что уже оди́н этот процесс может с избытком обеспечить весь наблюдаемый расход внутриземной энергии. Если учесть возможный вклад других



Распределение глубинных температур в земной коре и верхней мантии: 1 — минимальные температуры (для стабильных структур); 2 — максимальные температуры (для активных структур); 3 — линия фракционного плавления вещества мантии.

подобных явлений, то расхождение между приходной и расходной частями геознергетического баланса оказывается большим. Хотя не исключено, что это расхождение вызвано неправильной оценкой содержания радиоактивных элементов в глубоких частях Земли, сейчас его можно интерпретировать как признак постоянного накопления энергии в Земле или как признак осуществления очень мощного «энергоемкого» процесса (типа общего расширения Земли, предполагаемого П. Иорданом, Л. Эдьедем и некоторыми другими исследователями).

Таким образом, очевиден космогонический аспект изучения теплового потока: выявляемая им величина общих потерь внутриземного тепла служит одним из граничных условий в любой концепции о происхождении и развитии нашей планеты. В сочетании с уже установленными геохимическими и сейсмологическими закономерностями (определенное содержание радиоактивных элементов в горных породах, специфика свойств

различных геосфер и т. п.) величина теплового потока определяет круг удовлетворяющих природным фактам теоретических моделей Земли и возможных механизмов ее эволюции.

Сущность последней — процессы теплопереноса. Именно они являются физической основой современных универсальных геотектонических гипотез — будь то представления о тепловой или гравитационной конвекции в сейсмически твердой мантии Земли, наиболее распространенные среди зарубежных ученых, или концепция «зонной плавки», поддерживаемая советскими геологами.

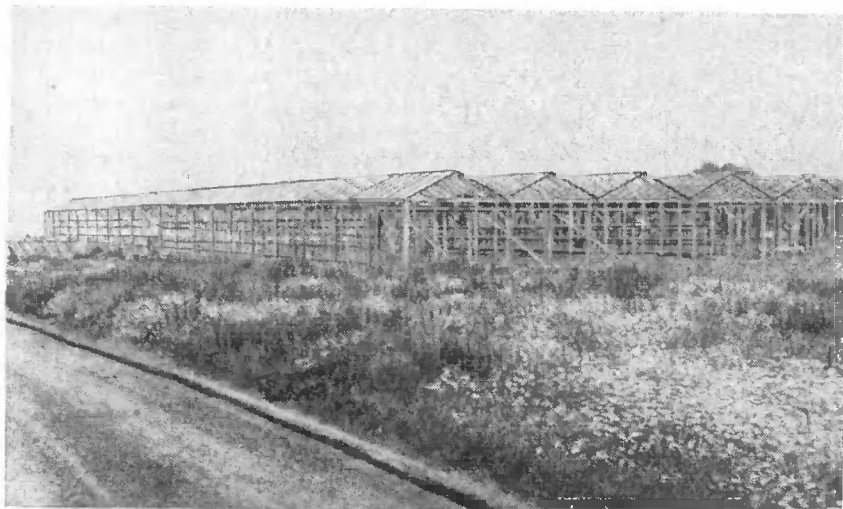
Закономерности распределения теплового потока проливают свет на многие более частные аспекты геологической эволюции — на природу тектонической активности, размещение вулканических центров, глубину возникновения магматических расплавов, условия метаморфических преобразований.

Давно сложившееся представление о связи геологических процессов с тепловым режимом недр очень четко сформулировал известный американский петролог Дж. Ферхуген: «Геолог, задавшийся целью удовлетворительно объяснить механизм таких явлений, как дислокации, горообразование или магматизм, неизбежно приходит к выводу, что главный источник энергии в таких процессах — теплота. То, что происходит на поверхности, зависит от характера источников тепла и их положения»¹.

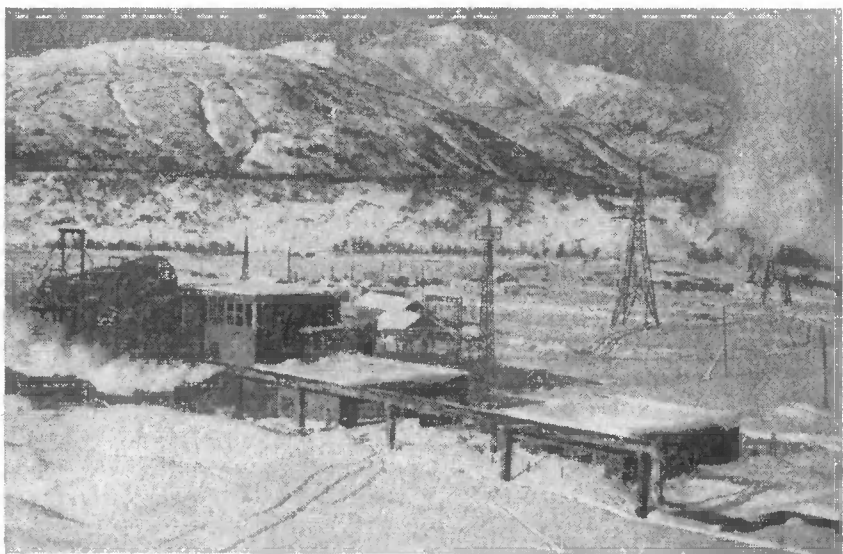
Геотермический анализ этих явлений основывается на неоднородности геотемпературного поля, вытекающей из геотектонической дифференциации теплового потока. Как показывают расчеты, в тектонически стабильных структурах на нижней границе земной коры (раздел Мохоравичича) температура составляет, в зависимости от мощности коры и возраста тектогенеза, от 400 до 800°.

¹ В. И. Вернадский. Избр. соч., т. IV, кн. 2, Изд-во АН СССР, 1960, стр. 157.

¹ Дж. Ферхуген. Температура в недрах Земли; в сб., «Физика и химия Земли», ИЛ, 1958, стр. 30.



Теплицы в районе Матачкалы, обогреваемые термальными водами.



Паужетская геотермальная станция им. В. В. Аверьева. Названа в память крупного советского ученого Валерия Викторовича Аверьева, пионера в области изучения и использования тепла Земли на Камчатке. Его исследования легли в основу строительства этой станции.

В подвижных поясах Земли (Альпийско-Гималайский пояс, Тихоокеанское кольцо, планетарная система срединно-океанических хребтов, тектонически активизированные участки древних платформ) температура у подошвы земной коры варьирует гораздо резче. В зонах высоких тепловых потоков (эвгеосинклинали, миогеосинклинали орогенной стадии развития, рифтовые гряды океанических хребтов) она достигает $900—1\,200^{\circ}$ и более, а в зонах низких потоков (краевые прогибы, океанические желоба, рифтовые долины) —

всего $200—600^{\circ}$. Такая неоднородность геотемпературного поля, приводящая к существованию на стыке этих зон в интервале глубин $20—100$ км горизонтальных градиентов температуры от 3 до 10° на километр, несомненно, является одной из причин тектонической мобильности подвижных поясов и, в частности, их сейсмичности.

Аналогичная неоднородность обнаруживается и в распределении на земном шаре вулканической деятельности. Все районы современного вулканизма приурочены к областям

с наибольшими значениями теплового потока. Его средняя величина в этих областях равна $2,2 \cdot 10^{-6}$ кал/см² · сек. (причем ареал этих значений обычно в большей или меньшей степени превосходит площадь поверхностных проявлений вулканизма), а на отдельных локальных участках — в кратерах и на склонах действующих вулканов или местах выхода на поверхность горячих глубинных вод — тепловой поток достигает значений, на два — три порядка превышающих фоновые. В районах, где вулканическая деятельность прекратилась,

средний тепловой поток долго еще остается повышенным, отражая время завершения тектоно-магматической активности (районы кайнозойского вулканизма Центральной и Западной Европы, мезозойского вулканизма Южной Африки и т. п.). Поэтому вспышки вулканической активности на древних платформах Восточной Сибири, Индии, Южной Америки, приведшие к образованию трапповых формаций — мощных толщ вулканогенных продуктов, служат признаком резкого увеличения теплового потока в определенные моменты геологической истории на участках этих, уже давно стабилизировавшихся, структур, т. е. доказательством их вторичной тектонической активизации.

Сопоставление неоднородностей геотемпературного поля с составом вулканических продуктов указывает на возможное происхождение последних и объясняет их изменение в ходе геологического развития тех или иных структур. Для плавления базальтов и других сходных пород с относительно малым содержанием кремнезема (этот процесс происходит лишь при $1\,200\text{--}1\,300^\circ$) наиболее благоприятны геотермические условия тектонически активных областей Земли, точнее, эвгеосинклинальных зон подвижных поясов и осевых частей срединно-океанических хребтов, а также миегосинклинальных зон в орогенную стадию их развития. Расплавы основного и ультраосновного состава должны возникать здесь на глубинах от $40\text{--}50$ км (в осевых частях океанических рифтов — начиная с $8\text{--}12$ км), причем возможности их появления сохраняются до глубин $400\text{--}500$ км. Этот интервал соответствует верхней мантии и, может быть, лишь самым нижним горизонтам земной коры. Таким образом, геотермический анализ устанавливает подкоровое происхождение основных и ультраосновных магм. Расплавы кислого состава (т. е. богатые кремнеземом), дающие начало гранитам и химически близким к ним изверженным породам, могут образовываться при менее высоких температурах — в присутствии воды до 700° . Такие условия создаются уже в коре. В этом свете массовые прояв-

ления гранитоидного магматизма в орогенную стадию развития миегосинклиналей хорошо объясняются увеличением глубинного теплового потока и соответствующим ростом температур.

Геотермическим режимом недр определяется характер постепенных изменений минералогического и химического состава горных пород, их внутренней структуры и физико-механических свойств, т. е. степень их метаморфизма. Например, на Японской островной дуге — на одном из звеньев Тихоокеанского подвижного пояса — наиболее высокотемпературная (андалузит-силлиманитовая) метаморфическая фация приурочена к районам с высоким тепловым потоком, а в зоне относительно небольших его значений развиты низкотемпературные (жадеит-глаукофановые) метаморфические сланцы. Установленные геотермические закономерности распределения различных метаморфических фаций в пределах современных подвижных поясов объясняют чередование их по площади и в разрезе более древних аналогов таких структур (Урала, Алтая и т. п.). Наблюдаемое распределение параметров геотермического поля тесно увязывается и со многими другими геологическими и геофизическими закономерностями — такими как направление и интенсивность новейших вертикальных тектонических движений, характер гравитационного поля, положение магнитных масс и многие другие. Эти связи говорят о генетической общности различных явлений, наиболее вероятной причиной которых кажется неоднородность температур в глубоких недрах Земли, обуславливающая различие плотности, вязкости и других свойств ее вещества в пространстве и времени.

Прикладное значение геотермических исследований

В сферу промышленного использования по мере углубления горных выработок вовлекаются все более и более глубокие горизонты земной коры. Уже сейчас отдельные шахты

в угольных бассейнах и рудных районах мира проникли на глубины, где естественная температура пород достигает $50\text{--}60^\circ$, а иногда и выше. Проведение горных работ при повышенных температурах требует создания систем вентиляции, обеспечивающей нормальные условия труда шахтеров. Общим основанием для проектирования этих систем служат результаты региональных геотермических исследований, а для уточнения даваемых ими прогнозных оценок делаются специальные термометрические наблюдения.

Не меньшее значение имеют геотермические исследования для правильной организации шахтного и другого строительства в условиях «вечной мерзлоты». Резкое различие физико-механических и фильтрационных свойств мерзлых и талых пород определяет важность установления границ мерзлой зоны и возможности их смещения как под влиянием природных факторов, так и в результате инженерно-технической деятельности человека. Расчеты геотемпературного поля, основанные на термометрических наблюдениях в скважинах, позволяют выяснить конфигурацию этих границ и поведение их во времени. Благодаря неодинаковой теплопроводности различных типов горных пород и некоторым температурным эффектам, возникающим при бурении скважин, геотермические исследования помогают уточнить строение геологического разреза, а в некоторых случаях и обнаружить полезные ископаемые (например, водоносные пласты, газовые залежи, «слепые» рудные тела). Большое значение имеют термометрические методы в промысловых исследованиях — для изучения технического состояния скважин, выяснения темпа и направления движения «законтурных» вод при эксплуатации нефтяных и газовых месторождений (особенно при распространной сейчас закачке вод в пласты для интенсификации добычи), для характеристики теплового режима нефтепродуктивных пластов в процессе термического воздействия на них, обеспечивающего большую подвижность нефтей и соответственно более полное их извлечение, и т. п.

Но горнопромышленный аспект не исчерпывает всего прикладного значения геотермических исследований. В последние десятилетия человечество особенно остро ощутило, что топливные и гидроэнергетические ресурсы нашей планеты ограничены, а постоянно растущие темпы развития экономики требуют дальнейшего расширения ее энергетической базы. Взоры науки и техники обратились к трем, поистине неисчерпаемым источникам энергии — к энергии ядерных превращений, солнечному теплу и геотермальным ресурсам.

На современном этапе технически наиболее приемлемым способом освоения тепловой энергии недр оказывается использование тепла, аккумулированного подземными водами и парами. Поэтому выявление геотермальных ресурсов — это второй, столь же важный, как и первый, вид приложения геотермических исследований к проблемам практики. Он сводится к увязке результатов исследований с материалами изучения природных водонапорных систем. Комплексный анализ геотермических и гидрогеологических данных выявил различные категории геотермальных ресурсов, определил конкретные участки возможного строительства геотермальных электростанций, теплофикационных сетей, парниково-тепличных хозяйств и других объектов на базе использования горячих вод и паров.

Раньше всего геотермальная теплоэнергетика приняла промышленные масштабы в странах относительно бедных другими видами энергетических ресурсов — в Италии, Исландии, Новой Зеландии. Эти страны расположены в зоне новейшего вулканизма, изобилующей горячими источниками, гейзерами, действующими вулканами. Позже такие работы начались и в других районах мира с аналогичными природными условиями — в Японии, Мексике, Сальвадоре, на западе США.

Успешно развивается это направление и у нас в СССР. Опыт региональных геотермических и гидрогеологических исследований, накопленный советской наукой, суммирован в сериях геотермических карт, созданных в Лаборатории геотермии Геологиче-

ского института АН СССР, а также в недавно опубликованной «Карте термальных вод СССР» 1:2500000 масштаба, составленной большим коллективом исследователей под руководством Ф. А. Макаренко и Б. Ф. Маврицкого. Эта карта отражает распределение напорных систем термальных вод на территории нашей страны и свидетельствует о возможности того или иного вида их теплоэнергетического использования во многих районах Кавказа, Крыма, Средней Азии, Западной и Восточной Сибири, Дальнего Востока.

На базе выявленных геотермальных ресурсов проектируются, а частично уже организованы теплично-парниковые хозяйства на Кавказе (г. Грозный и др.), Камчатке (крупнейший Паратунский комбинат на 60 тыс. м² укрытого грунта) и в других районах страны; осуществлены теплофикация, горячее водоснабжение предприятий и жилых домов (Махачкала, Тбилиси, Ташкент, Омск, многие курорты). В 1966 г. на Камчатке введена в строй первая в СССР опытно-промышленная Паужетская геотермальная электростанция мощностью 5 000 квт, турбины которой вращает природный пар, а в 1967 г. там же успешно испытана Паратунская ГЕОТЭС, на которой в качестве рабочего тела используется низкокиспящий промежуточный теплоноситель.

Современные установки работают на тепле подземных вод, на природном паре. С точки зрения техники — это «низкопотенциальные теплоносители». Еще выгодней использовать тепло магматических расплавов, нагретых гораздо больше. Во многих районах мира, подобных нашей Камчатке, магмы подступают к поверхности земли, заполняя промежуточные камеры вулканических аппаратов, и постоянно грозят разрушительными извержениями. Если же решить проблему отбора тепла из недр вулкана, можно покончить с угрозой внезапных катастроф и подчинить эту энергию человеку. Такая идея, ранее питавшая воображение одних фантастов, в наши дни становится реальной научно-технической задачей. Горячим ее сторонником был советский вулканолог В. В. Аверьев, предположивший разбурить промежуточ-

ный очаг под Авачинским вулканом, вблизи г. Петропавловска. На базе магматического тепла, указывал он, здесь могла бы в течение не менее 50 лет работать электростанция мощностью в 1 млн квт.

В будущем внутриземное тепло, безусловно, будет широко использоваться в энергетике, и освоение этого нового вида энергии составляет важнейшую практическую задачу геотермических исследований.

УДК 550.36

Почему рыбы летают?

Профессор В. Д. Лебедев



Владимир Дмитриевич Лебедев, доктор биологических наук, старший научный сотрудник кафедры ихтиологии Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. Работает в области изучения экологии и эволюции рыб. Автор более 50 научных работ, лауреат Государственной премии. Участник многих экспедиций в бассейн Амура, Лены, на Чукотку и острова Арктики.

Теплые воды Мирового океана встречают мореплавателя ярким солнцем, голубой прозрачной водой и стайками летучих рыб, легко скользящих над волнами. Летучих рыб, которые всегда привлекали внимание исследователей, выделяют в отдельное семейство Exocoetidae отряда сарганообразных (Beloniformes). «Все представители этого отряда,— как пишет Н. В. Парин¹,— обитают в поверхностных слоях воды, причем многие из них, спасаясь от хищников или преследуя добычу, совершают прыжки над водой. У летучих рыб эти прыжки в ходе эволюции трансформировались в планирующий полет, достигающий значительной продолжительности и дальности».

Способностью к полету, правда менее совершенному, обладают некоторые виды других семейств этого отряда, например летучие полурылы (Oxyporhamphus) и океанический полурыл (Euleptorhamphus). Чтобы понять причины столь необычного для рыб способа передвижения, следует ознакомиться с их средой и образом жизни. Ареал летучих рыб в основном расположен в тропической области Мирового океана. Все летучие рыбы теплолюбивы и обитают в воде с океанической соленостью при температуре 25° и выше. В субтропической зоне их мало. Населяют они самый поверхностный слой тропических вод до глубины трех метров (ниже они никогда не опускаются), а большинство держится в верхнем слое толщиной около 25 см. Размеры летучих рыб невелики — от 15 до

25 см (без хвостового плавника). Длина самой крупной летучей рыбы (с хвостовым плавником) не превышает 50 см.

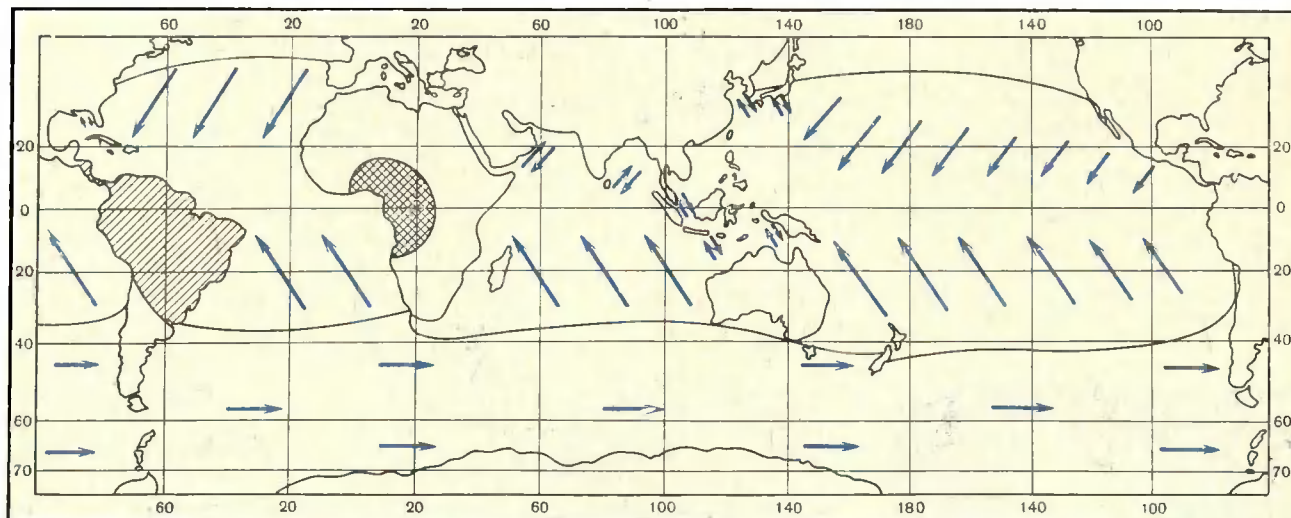
Летучие рыбы относятся к группе «короткоциклических» рыб. Они быстро растут, созревают уже к концу первого года и, по-видимому, после первого же нереста погибают. Питаются они планктонными организмами поверхностного слоя океана — ракообразными, моллюсками, сифонофорами, хетогнатами, сальпами, личинками рыб.

Летучие рыбы обычно держатся стайками из 2—3 штук, иногда же их бывает до 20—40, редко 100 и более. Только в местах концентрации планктона они образуют более крупные скопления, причем часто в одном месте собираются стайки различных видов. К. В. Беклемишев и Ф. А. Пастернак¹, проводившие учет летучих рыб, вылетающих из-под форштевня корабля во время перехода из Калининграда в Мирный, отмечают повышенную их концентрацию в зоне Северного и Южного экваториальных течений, соответственно 14° с. ш. и 2—3° ю. ш.

Способность к полету выражена у летучих рыб не одинаково. Лучше других летают «рыбы-бипланы», конструктивно напоминающие самолеты По-2 и АН-2. У этих рыб увеличены и грудные и брюшные плавники и перед вылетом они разгоняются в воде и на ее поверхности. Когда скорость возрастает до определенного

¹ Н. В. Парин. Сарганообразные рыбы открытого океана. Тихий океан, кн. III, «Наука», 1967.

¹ К. В. Беклемишев и Ф. А. Пастернак. Количественный учет летучих рыб в Атлантике и вопрос об оценке продуктивности тропических вод. «Вопросы ихтиологии», 1960, вып. 14.



1 — границы ареала летучих рыб семейства *Etosoetidae*, *Oxyporhaphidae* с планирующим полетом; 2 — ареал рыбы-бабочки *Pantodon buchholzi* с планирующим полетом; 3 — ареал рыб семейства *Gasteropelecidae* с машущим полетом; 4 — пассаты; 5 — муссоны; 6 — «веселые» западные ветры.

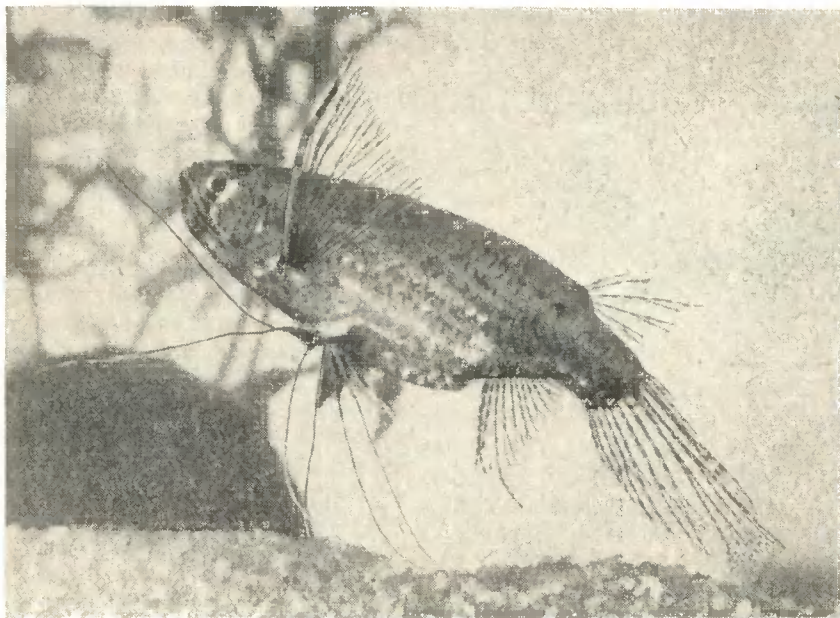
Ареалы рыб, способных к полету, и направления ветров в тропической и южной зонах Мирового океана. 1 — границы ареала летучих рыб семейства *Etosoetidae*, *Oxyporhaphidae* с планирующим полетом; 2 — ареал рыбы-бабочки *Pantodon buchholzi* с планирующим полетом; 3 — ареал рыб семейства *Gasteropelecidae* с машущим полетом; 4 — пассаты; 5 — муссоны; 6 — «веселые» западные ветры.

предела, рыбы отрываются от воды, расправляют брюшные плавники и переходят на планирующий полет. Рыбы летят не против ветра и не по ветру, а под каким-то углом к нему, выбирая, видимо, направление полета, наиболее благоприятное по отношению к ветру. Очень часто во время полета летучая рыба касается хвостом воды и, оттолкнувшись от ее поверхности (что дает дополнительную скорость), продолжает полет. Дальность полета колеблется от нескольких десятков до 200 и даже 400 м. «Рыбы-монопланы» летают хуже. У них увеличены только грудные плавники и они напоминают по форме большинство современных самолетов. «Монопланы» поднимаются в воздух без предварительного скольжения по поверхности воды, но и пролетают обычно не более 20 м. Продолжительность и дальность полета летучих рыб зависят от состоя-

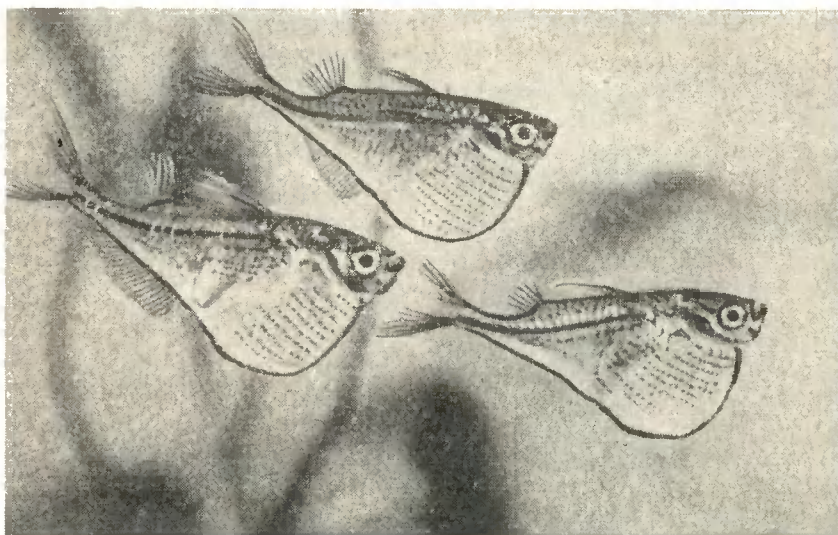
ния моря и ветра. При небольшом волнении, слабом ветре и восходящих токах воздуха продолжительность и дальность полета увеличиваются. При отсутствии ветра, в штиль, летучие рыбы взлетают с трудом, причем продолжительность и дальность полета резко сокращаются. Скорость полета летучих рыб по примерным подсчетам составляет от 70 до 100 км/час. Сарганообразные обитают и в умеренных водах, однако только в тропиках возникли семейства, способные к планирующему полету. Интересно, что планирующий полет свойствен также «летающим петухам» семейства *Dactylopteridae* отряда окунеобразных (*Perciformes*). Это донные рыбы, близкие к «морским петухам» семейства *Triglidae*. Как и последние, они имеют разросшиеся грудные плавники со свободными внутренними лучами. Несколько видов «летающих петухов» распространено в тропических и субтропических водах по обоим берегам Атлантического океана; есть близкие роды и в Тихом океане. Отсутствие летучих рыб и «летающих петухов» в умеренных зонах позволяет предположить, что их полет возник не как защитное приспособление от хищников, как это принято считать, а представляет особый способ передвижения, обусловленный гидрологическими особенностями структуры водных масс и воздушными течениями (вет-

рами) в условиях тропической зоны. В отличие от бореальных вод северного и южного полушария, тропические воды, несмотря на обилие света, бедны планктоном. Это объясняется тем, что на холодных, более плотных глубинных, но богатых биогенными веществами (нитратами и фосфатами), слоях воды лежат более теплые, а следовательно, и более легкие поверхностные воды. На границе поверхностных и глубинных вод происходит резкий перепад температур. Эта пограничная часть водной толщи носит название слоя температурного скачка, или термоклина. Термоклин отделяет верхний слой океана — эпипелагиаль, — от остальной толщи пелагических вод. Термоклин и пониженная плотность поверхностных вод препятствуют вертикальной циркуляции водных масс и притоку более плотных, но богатых биогенными веществами вод из глубины океана в верхние горизонты, где происходят процессы фотосинтеза и развивается фитопланктон, поглощающий биогенные вещества. Фитопланктон представляет первичную продукцию, на базе которой развивается зоопланктон и все дру-

1 Бореальные — умеренные воды Северного полушария, нотальные — умеренные воды Южного полушария.



Рыба-бабочка *Pantodon buchholzi* с планирующим полетом из пресноводных водоемов тропической Западной Африки.



Рыбки *Carnegiella marthae* с машущим полетом из водоемов южной Америки (по E. S. Herald, 1962).

гие животные организмы, включая рыб, рептилий, птиц и водных млекопитающих.

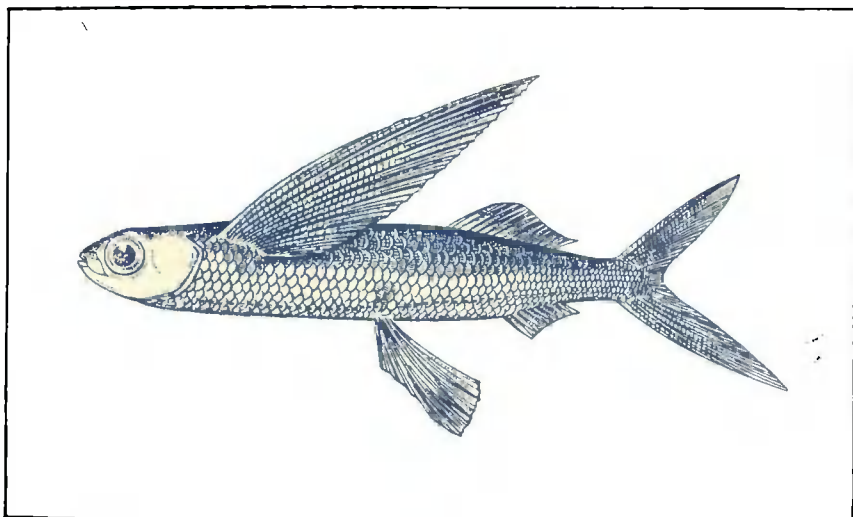
Продуктивность тропической эпипелагиали примерно в 10 раз меньше продуктивности умеренных зон Мирового океана. Для тропической зоны типично неравномерное пятнистое распределение планктона. Области повышенной продуктивности и высокой численности планктона приурочены к зонам дивергенции (расхождения водных масс), где глубин-

ные воды выходят на поверхность и обогащают эпипелагиаль биогенными веществами. Повышенная продуктивность наблюдается в области экваториальных течений и противотечений.

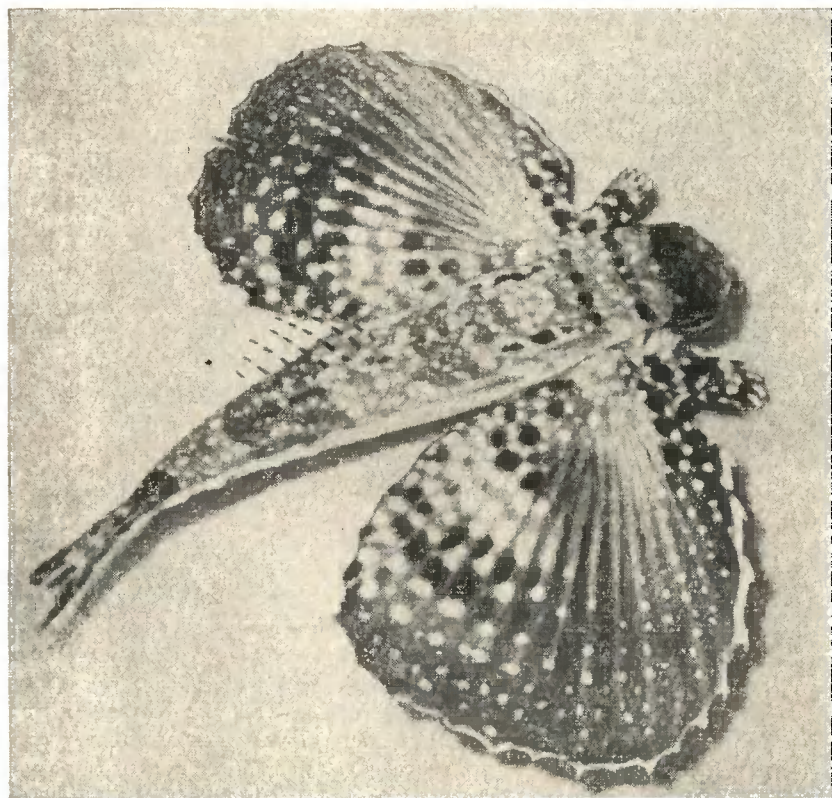
Другая особенность тропической области Мирового океана — это ветры — пассаты и муссоны.

Пассаты, постоянные устойчивые ветры, обусловленные своим происхождением положению областей повышенного атмосферного давления в суб-

тропиках Северного и Южного полушарий. В области повышенного атмосферного давления воздух, опускаясь в нижние слои атмосферы, нагревается, конденсация водяных паров прекращается и облака исчезают. Безоблачное небо, отражаясь в прозрачных водах океана, придает воде голубой цвет. Как оазисы и реки в пустыне, выделяются зоны повышенной продуктивности в местах выхода на поверхность глубинных вод в областях сгона пассатами поверхност-



Летучая рыба «биплан» *Cypselurus atrisignis* (по Н. В. Парину, 1960).



«Летающий нереис» *Dactylopterus volitans* (по Earl S. Herald, 1962).

ных вод по пути экваториальных течений. Пассаты мало изменяют свое направление и силу в зависимости от времени года. В Северном полушарии они дуют с северо-востока, в Южном — с юго-запада. Между пассатами Северного и Южного полушарий расположена узкая штилевая межпассатная зона.

Муссоны — сезонные, но также устойчивые ветры, которые меняют свое направление от зимы к лету или от лета к зиме на противоположное. Муссоны особенно хорошо выражены в областях тропического пояса в Индийском океане, у берегов Южной и Юго-Восточной Азии и Северной Австралии.

Пассаты и муссоны благоприятны для парусных судов. Идя правым или левым галсом, судно может перемещаться на тысячи миль на юг, север, запад или восток, не меняя положения парусов. Поэтому эти ветры играли огромную роль во времена парусного флота. Гонки «чайных клиперов», шедших дорогой пассатов из Индии и Китая с грузом чая нового урожая, прочно вошли в историю парусного флота. И сейчас, в период увлечения кругосветными гонками яхтсменов-одиночек, их маршруты строятся с учетом направления пассатов, муссонов и «веселых» западных ветров Южного полушария.

Границы тропических и субтропических вод не остаются постоянными, а перемещаются в меридиональном направлении от 300 до 1000 миль, в зависимости от положения солнца в «летнем» или «зимнем» полушарии. Одновременно перемещаются и области повышенного атмосферного давления.

Бедность и неравномерное распределение планктона вызвало разные направления эволюции способов передвижения мелких планктоноядных рыб. У одной группы, например семейства *Mystophidae* — светящихся анчоусов и др., выработались суточные вертикальные миграции, позволявшие им без особой затраты энергии на передвижение освоить планктон эпипелагиали. У второй группы — летучих рыб, летучих полурывлов и океанических полурывлов, — освоение бедного разрозненного «пятнистого» планктона и смещающихся

по меридиану, в зависимости от сезона, зон повышенной продуктивности, пошло по пути развития приспособлений к горизонтальному перемещению. Перемещение в воде требовало значительных затрат энергии, вероятно, не компенсировавшихся энергией, получаемой от мелкой пищи. Только когда прибрежные сарганообразные «овладели» энергией пассатов и муссонов, они смогли «оторваться от берега» и освоить пищу открытых вод тропической эпипелагиали Мирового океана. Летучие рыбы, расселившись по тропической эпипелагиали Атлантического, Индийского и Тихого океанов, освоили огромную акваторию океана с ее кормовыми возможностями. Таким образом, есть основание полагать, что не хищники, а характер распределения пищи и ветер были экологическими факторами эволюции сарганообразных и возникновения полета у летучих рыб.

Способность к полету облегчает псевдоокеаническим летучим рыбам возможность совершать нерестовые миграции к берегам, а молоди, постепенно отходящей от берега по мере роста, «становиться на крыло» и возвращаться к местам откорма. Океаническим летучим рыбам способность к полету позволила освоить плавучий нерестовый субстрат — «плавники», дрейфующие водоросли, куски деревьев, кокосовые орехи, пемзу, перья птиц и планктонные живые организмы — парусники (*Velella*), разбросанные по необъятным просторам океана. Пролетая небольшими стайками над волнами океана, они, подобно мотылькам, порхающим от цветка к цветку, используют те небольшие скопления планктона, которые попадают на их пути. У летучих рыб много врагов. Но по данным ихтиолога В. П. Максимова, вопреки сложившимся представлениям, это не хищники эпипелагиали, а кальмары и рыбы семейства *Gempylidae* и близкого к ним семейства *Lepidopidae*, рыбы-сабли (*Trichiuridae*) и алеписавры (*Alepisauridae*), поднимающиеся по ночам с глубины 150—200 м к поверхности. Хищники эпипелагиали — макрели, тунцы, марлины, меч-рыба, копёносы, парусники — питаются не летучими рыба-

ми, а кальмарами и представителями перечисленных выше семейств. Эти крупные хищники, поедая кальмаров и глубоководных рыб в поверхностных слоях, получают энергию, достаточную для больших горизонтальных перемещений и, в свою очередь, представляют источник энергии для горизонтального перемещения более мелких рыб. Рыбы-лоцманы (*Naucrates ductor*) используют пограничные слои воды, увлекаемые при движении крупных акул, рыбы-прилипалы (*Echineiformes*), прикрепляясь к крупным рыбам или к подводным частям судов, используют их энергию для передвижения в поисках планктона. В целом, полет летучих рыб, лоцманирование, присасывание рыб-прилипал — это различные способы передвижения, обеспечивающие преодоление больших пространств в поисках малочисленной и разрозненной пищи.

Следовательно, своеобразное сочетание биологической и гидрологической структуры океана и циркуляции воздушных масс направило эволюционный процесс сарганообразных и некоторых окунеобразных по пути развития способности к полету и освоения пищевой базы неретической и океанической эпипелагиали, используя передвижение по воздуху. Особенности летучих рыб органически вписываются в общую биологическую структуру тропической области Мирового океана. Привязанность летучих рыб к теплым «голубым» водам с океанической соленостью находит объяснение в том, что эти факторы сочетаются с пассатами и муссонами.

Полет стал жизненной необходимостью летучих рыб. Помещенные в бассейны со специальными стенками, предохраняющими их от ушибов, они, лишенные возможности летать, все равно через несколько часов погибают.

Палеонтологические находки летучих рыб скудны и не могут с достаточной полнотой осветить вопрос о времени их возникновения. Можно только предположить, что эволюция летучих рыб началась в верхнем мелу, т. е. около 70 млн лет тому назад, массовое видообразование, вероятно, приходится на конец палеоге-

на — начало неогена, когда очертания материков и физико-географические условия стали приближаться к современным.

Географическое распределение видов летучих рыб и наибольшее разнообразие их в водах Тихого океана, с точки зрения происхождения полета, как приспособления к экологическим условиям, не может найти свое объяснение в миграционных теориях, согласно которым Тихий океан был центром возникновения этой группы. По А. Бруну¹, летучие рыбы возникли в Индо-Малайском районе, откуда вокруг оконечности Африки проникли в Атлантический океан. К. Бредер² же считает, что летучие рыбы возникли в эоцене у западных берегов Америки и отсюда проникли, с одной стороны, в Атлантику, через существовавший тогда Панамский пролив, с другой — в Индо-Вест-Пацифику.

«Пассатно-муссонная» гипотеза позволяет предположить, что центром возникновения летучих рыб были не отдельные участки Тихого океана, а вся область тропической эпипелагиали. Процесс видообразования, с нашей точки зрения, носил массовый характер. Большое число видов летучих рыб в Тихом океане можно объяснить значительным разнообразием экологических условий в этом водоеме по сравнению с Атлантикой и Индийским океаном. Сходство фауны летучих рыб трех океанов, вероятно, связано не с миграциями этих рыб из одного океана в другой из центров их возникновения, а с сходством экологических условий. «Пассатно-муссонная» гипотеза позволяет также объяснить и филогению семейства летучих рыб, но это специальный вопрос, на котором мы не останавливаемся, так как он выходит за пределы нашей темы.

Несколько по-иному можно объяснить полет «летучих петухов». Это — донные рыбы, и полет их вряд ли обусловлен поисками пищи. Скорее всего, это нерестовая миграция (подоб-

¹ A. F. Bruun. Flying fishes (Exocoetidae) of the Atlantic «Dana Report», 1935, N 6.

² C. M. Breder. A contribution to the life histories of Atlantic ocean flying fishes, «Bull. Bingham. Oceanogr. Coll.» v. 6, 1938, N 5.

ная перелету птиц в гнездовой период), связанная с обеспечением пищей пелагической молоди. Но это тоже только гипотеза, еще нуждающаяся в фактических доказательствах.

Интересно, что в тропических пресноводных водоемах Западной Африки обитает рыба-бабочка (*Pantodon buchholzi*) отряда сельдеобразных (*Clupeiformes*), которая в погоне за насекомыми выскакивает из воды и с помощью увеличенных грудных плавников совершает планирующий полет до двух метров длиной.

У некоторых мелких харациновых рыб семейства *Gasteropelecidae*, населяющих тропические воды Южной и Центральной Америки, к которым относятся роды *Carnegiella*, *Gasteropelecus*, *Thoracocharax* возник машущий полет.

Эти рыбы во время полета, подобно птицам, машут грудными плавниками и с шумом пролетают над поверхностью воды. Размеры их не превышают 9—10 см. Грудные плавники увеличены, но относительно меньше, чем у океанических летучих рыб. Вес мышц, приводящих в движение грудные плавники, достигает до 25% веса тела. Кости плечевого пояса развиты значительно сильнее, чем у летучих рыб океана, и напоминают киль на грудице птиц¹.

Машущий полет рыб также принято рассматривать как средство защиты от хищников, преследующих их в воде. Однако есть основания считать его также приспособлением к добыче пищи. Пресноводные рыбы с машущим полетом плавают в поверхностных слоях воды и питаются воздушными насекомыми, упавшими в воду или пролетающими низко над водой. Машущий полет мог возникнуть в условиях знойного неподвижного воздуха как приспособление к схватыванию насекомых, пролетающих над водой. Естественно, что при нападении хищников эти рыбы, как и летучие рыбы океана, прибегают к полету как средству защиты, но все же более правильно предположить, что не хищники, а пища — источник

энергии и основа существования любого вида была ведущим экологическим фактором эволюции планирующего и машущего полета рыб. Кстати, полет птиц также представляет в первую очередь приспособление к освоению кормовой базы, хотя птицы при опасности и прибегают к полету, чтобы спастись от хищников.

В зоне пассатов, муссонов и «веселых» западных ветров Южного полушария, дующих по широте вдоль южного полярного моря, у альбатросов также возник планирующий полет. Размах крыльев достигает у них двух и более метров и эти гигантские «планеры», ни разу не взмахнув крыльями, пролетают тысячи миль, однако, попав в штилевую зону, они тут же беспомощно опускаются на воду.

Планирующий полет возник и у некоторых млекопитающих. Так, например, в Австралии можно встретить летающих, или, как их еще называют, сахарных белок (*Petaurus*), ловко планирующих с дерева на дерево, а также карликовых акробатов (*Acrobates pygmaeus*) размером всего в 6—8 см, порхающих, словно калибри, с ветки на ветку, управляя при этом своим хвостом, по форме напоминающим перо¹. Ну и, конечно, тут нельзя не упомянуть о гигантских летягах (*Schoinobates volans*), достигающих метровой и даже полутора-метровой величины и способных совершать стометровые полеты. Несмотря на свои внушительные размеры, эти животные умеют с легкостью переносить свое тело на большие расстояния. Такая летяга может в несколько приемов покрыть расстояние в полкилометра. И все эти «планеры» летают только по ночам. И тоже в поисках пищи. То же самое относится к летучим собакам и летучим лисицам в Индии, да и к нашим летучим мышам в Европе. Таким образом, можно предположить, что не враги, а пища и особые абиотические условия являются ведущими факторами эволюции летучих рыб с планирующим и машущим полетом.

Эволюция органического мира в первую очередь связана с освоением новых энергетических ресурсов, т. е. пищи. Защита от хищников, приспособления к особенностям кислородного режима и другие биотические и абиотические факторы, по-видимому, имеют второстепенное значение. Они скорее служат ареной, на которой происходит эта эволюция, но ареной активной, откладывающей свой отпечаток на характер эволюционных изменений.

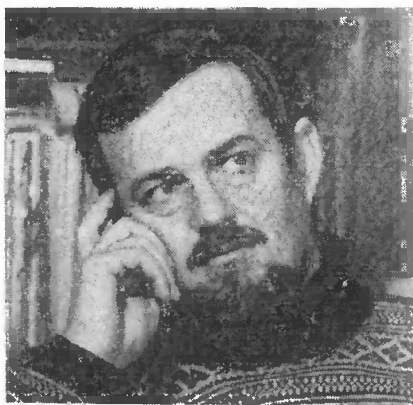
УДК 597.0/5

¹ В. В. Барсуков. Способны ли рыбы к активному полету, «Природа», 1962, № 6.

¹ B. Grzimek. Vierfüßige Australier, Kindler-Verlag, München, 1966.

Распространение летучих рыб в Мировом океане

Н. В. Парин
Доктор биологических наук



Николай Васильевич Парин, научный сотрудник Института океанологии им. П. П. Ширшова АН СССР, занимается изучением систематики, экологии и распространения рыб открытого океана, участвовал в 8 экспедиционных плаваниях на судах «Витязь», «Академик Курчатов» в тропических водах Тихого и Индийского океанов. Автор монографий: «Основы системы летучих рыб» (1961), «Ихтиофауна океанской эпипелагиали» (1968).

Летучие рыбы (семейство Exocoetidae), хорошо известные всем по описаниям морских путешествий, представляют собой неотъемлемую часть ландшафта теплых морей и служат одним из самых характерных внешних его проявлений. В экосистеме тропических вод открытого океана летучие рыбы занимают уникальное положение, будучи единственными массовыми планктофагами, постоянно обитающими в поверхностных слоях эпипелагиали¹.

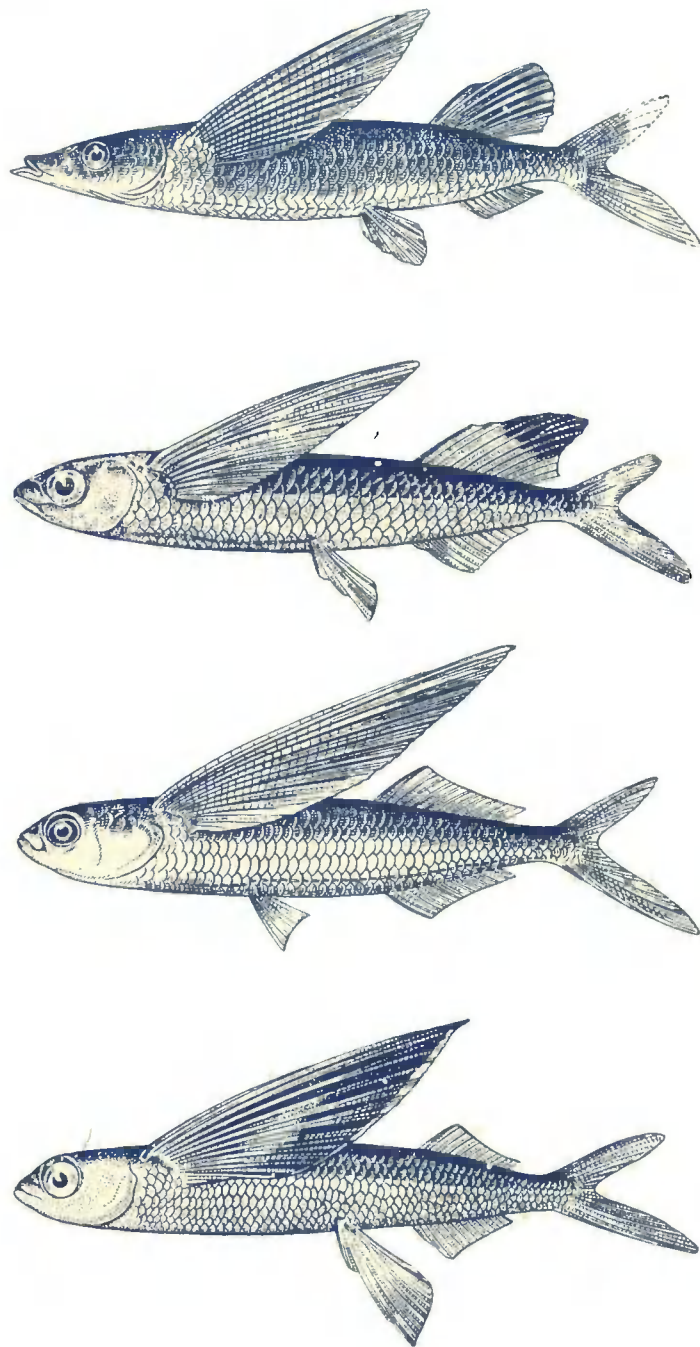
Сами летучие рыбы составляют, в свою очередь, немаловажный компонент питания хищных рыб — корифен, змеиных макрелей, мелких тунцов, а также морских птиц, кальмаров и дельфинов. В некоторых районах (Япония, Филиппины, Индия, Полинезия, острова Карибского моря) ведется специальный промысел летучих рыб, имеющий, правда, лишь местное значение, но дающий, по приблизительной оценке, не менее 500 тыс. ц ежегодно. Ловят летучих рыб с помощью жаберных сетей, кошельковых и ставных неводов, накидных сетей и специальных ловушек и удочек; имеются и другие методы, основанные на особенностях экологии этих рыб (в частности, на их положительной реакции на искусственный свет и на нерестовых подходах к берегам).

Летучие рыбы, как явствует из их названия, могут летать по воздуху. Откуда эта способность? Все представители отряда сарганообразных, к которому относятся летучие рыбы и кроме них еще полурыбы, сарганы и сайры, населяют самые верхние слои

воды. Многие из них при испуге или в погоне за добычей могут выскакивать из воды, совершая иногда целые серии последовательных прыжков, подобно рикошетирующему камню. Совершенствование этих прыжков привело в конце концов к планирующему полету, позволяющему летучим рыбам уходить от многих хищников, хотя, естественно, не гарантирующему им полной безопасности: например, корифена, всплывнув летучую рыбу, преследует ее под водой и хватает в момент, когда та опускается в воду. Тем не менее объяснение полета как приспособления для спасения от хищников сейчас общепринято и давно не подвергалось сомнению. Иную точку зрения высказывает проф. В. Д. Лебедев, который считает, что в развитии полета определяющую роль сыграли кормовые миграции с использованием постоянных ветров. Нужно сказать, однако, что существование дальних миграций летучих рыб в собственно тропической зоне до сих пор не доказано. Имеющиеся данные, напротив, свидетельствуют об «оседлом» образе их жизни.

Летучие рыбы весьма разнообразны — в состав семейства входит 7 родов и около 60 видов. Способность к полету выражена в разных родах в неодинаковой степени. Полет «примитивных» летучих рыб из родов *Fodiator* и *Parexocoetus*, обладающих сравнительно короткими грудными плавниками, менее совершенен, чем у рыб с длинными «крыльями». Эволюция полета летучих рыб шла, по видимому, в двух направлениях. Одно из них привело к образованию рода *Exocoetus* — «двухкрылых» лету-

¹ Эпипелагиаль — верхний слой водной толщи.



Летучие рыбы (сверху вниз): *Fo-diator acutus*, *Parexocoetus brachypterus*, *Exocoetus volitans* («двукрылая» летучая рыба) и *H. speculiger* («четырекрылая» рыба-ласточка).

чих рыб, использующих в полете только грудные плавники, которые достигают у них очень больших размеров (до 80% длины тела). Другое направление представлено «четырекрылыми» летучими рыбами (4 рода подсемейства *Cypselurinae* — *Proghichthys*, *Cypselurus*, *Cheilopogon*, *Hirundichthys*, — объединяющие около 50 видов). Полет этих рыб осуществляется с помощью двух пар несущих плоскостей: у них увеличены не только грудные, но и брюшные плавники, причем на мальковых стадиях развития и те, и другие имеют приблизительно одинаковую площадь. Оба направления в эволюции полета привели к образованию специализированных и хорошо приспособленных к жизни в эпипелагиали форм. Кроме развития «крыльев», приспособление к полету отразилось у летучих рыб в строении хвостового плавника, лучи которого жестко соединены между собой, а нижняя лопасть очень велика по сравнению с верхней, в необычном развитии плавательного пузыря, продолжающегося под позвоночником до самого хвоста, и в ряде других особенностей. Наибольшей дальности и продолжительности достигает полет «четырекрылых» летучих рыб. Развив в воде значительную скорость (около 30 км/час), такая рыба выскакивает на поверхность моря и некоторое время, иногда совсем недолго, скользит по ней с расправленными грудными плавниками-крыльями, энергично ускоряя движение при помощи колебаний погруженной в воду нижней лопасти хвостового плавника и увеличивая скорость до 60—65 км/час. Затем рыба отрывается от воды и, раскрыв брюшные плавники, планирует над ее поверхностью. В некоторых случаях летучая рыба при полете временами касается воды хвостом и, вибрируя им, получает при этом дополнительную скорость. Количество таких касаний может достигать трех-четырех, причем в этом случае продолжительность полета, естественно, возрастает. Обычно летучая рыба находится в воздухе не более 10 сек. и пролетает за это время несколько десятков метров, но иногда длительность полета увеличивается до 30 сек., а дальность его достигает 200 и



Перед взлетом в воздух «четырёхкрылая» летучая рыба скользит по водной глади, ускоряя свое движение с помощью колебаний остающегося в воде хвостового плавника, а затем отрывается от поверхности и планирует, пролетая десятки и даже сотни метров.

даже 400 м. По-видимому, длительность полета зависит от атмосферных условий, так как при наличии слабого ветра или восходящих токов воздуха, летучие рыбы пролетают большие расстояния и дольше находятся в полете.

Многие моряки и путешественники, наблюдавшие летящих рыб с палубы корабля, утверждали, будто они «ясно видели, что рыба машет крыльями точно так же, как это делает стрекоза или птица». В действительности, «крылья» летучих рыб сохраняют при полете почти неподвижное состояние и не совершают никаких взмахов. Лишь угол наклона плавников может, по-видимому, произвольно меняться, и это позволяет рыбе несколько изменять направление полета. Дрожание плавников, которое заметно наблюдателю, по всей вероятности, является лишь следствием полета, но вовсе не его причиной. Оно объясняется простой вибрацией расправленных «крыльев», особенно сильной в те мгновения, когда рыба, уже находящаяся в воздухе, еще

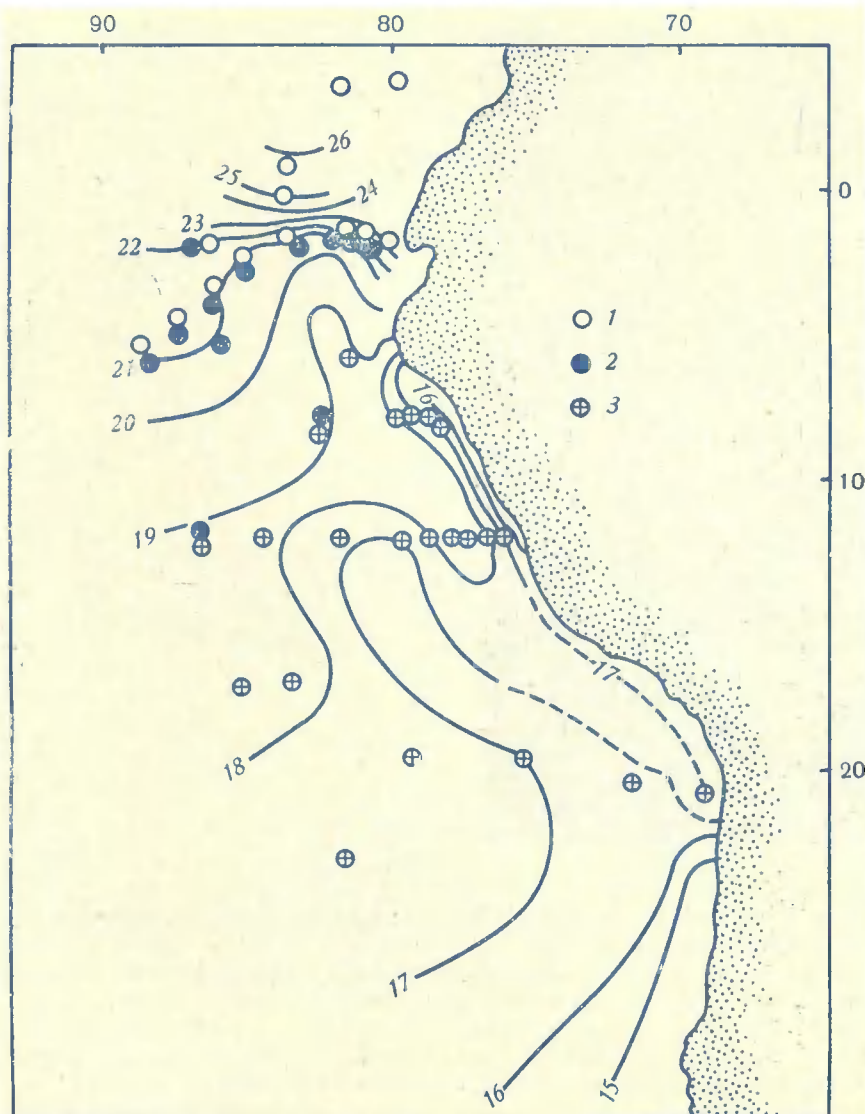
продолжает работать в воде своим хвостовым плавником.

Исследуя летучих рыб Атлантического океана, известный датский ихтиолог Антон Брун¹ впервые обратил внимание, что эта группа, всегда считавшаяся характерной для открытого океана, содержит не только океанические, но и неритические (прибрежные) формы. Брун отметил также, что в составе семейства имеются тропические («экваториальные», по его терминологии) виды, не встречающиеся за пределами собственно тропической зоны, и субтропические виды, обитающие только по краям этой зоны. По его мнению, фактором, лимитирующим распространение летучих рыб, служит температура поверхностных слоев воды. Дальнейшее изучение экологии этой группы показало, что разделение летучих рыб на океаническую и неритическую группировки несколько упрощает действительное положение. Кроме чисто

неритических видов и видов, приуроченных к открытым водам, существует еще псевдоокеаническая, или нерито-океаническая, группа видов, встречающихся вдали от берегов только в какой-то период своего жизненного цикла.

Разделение летучих рыб на эти группировки определяется экологическими различиями. Неритические виды обычно размножаются, откладывая прилипающую икру на твердый субстрат (водоросли, дно). К типичным представителям этой группировки относятся *Fodiator acutus*, *Paraxocoetus mento*, некоторые представители рода *Cypselurus* и ряд других видов. В отличие от них океанические летучие рыбы (все виды рода *Exocoetus*, некоторые *Cheilopogon*, *Prognichthys* и *Hirundichthys*) населяют только открытые районы, а икра их либо проходит развитие в толще воды, либо откладывается на плавучие объекты, которые всегда можно найти в море (дрейфующие водоросли, плавник, перья птиц). Наконец, псевдоокеанические виды (к их числу относится

¹ A. F. Bruun. Flying fishes (Exocoetidae) of the Atlantic, «Dana Report», 1935, N 6.



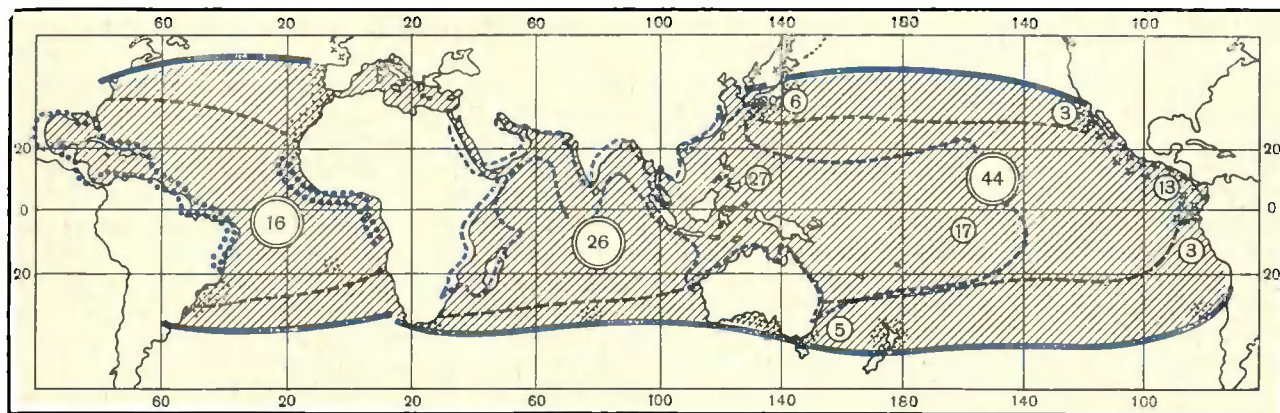
Места ловов собственно тропических (1), периферических тропических (*E. obtusirostris*) (2) и субтропических (3) летучих рыб в юго-восточной части Тихого океана осенью 1968 г.

основная масса видов, принадлежащих преимущественно к родам *Surseturus* и *Cheilorogon* могут существовать в открытом океане, но для размножения нуждаются в твердом субстрате прибрежных районов. Районы обитания неритических и океанических летучих рыб существенно различаются по сбалансированности сезонных трофических циклов населяющих их сообществ. Дело в том, что в открытых водах тропического океана продукция фитопланктона в течение продолжительного времени близка к выеданию зоопланктоном, а продукция последующих уровней — к выеданию хищниками, стоящими на более высоких ступенях пищевой системы. Поэтому океанические пела-

гические сообщества относятся к числу наиболее сбалансированных по трофическим циклам и пространственной однородности распределения организмов. В отличие от этих сообществ в неритических районах продукция длительно превышает выедание, и населяющие их биоценозы не сбалансированы по трофике. Пелагические животные здесь распределены весьма неравномерно в связи с «пятнистым» цветением водорослей и образуют стайки и косяки.

Все летучие рыбы stenotherмы, т. е. живут в довольно узком диапазоне температур, постоянном для каждого вида. Они более или менее теплолюбивы, причем большинство видов не встречается или почти не встречается при температуре воды ниже 23°. Эти виды составляют тропическую группировку. Лишь немногие представители семейства приспособились к жизни в субтропических водах при температуре 18—20° и ниже и проникают в летнее время даже в умеренно-теплые районы; минимальная температура, при которой был встречен наиболее «холодоустойчивый» вид — *Hirundichthys rondeletii*, составляет всего 15,5°. К субтропической группировке относится всего 6—7 видов летучих рыб (т. е. лишь около 10% всех видов семейства). В субтропических водах встречаются только высокоспециализированные летучие рыбы, в то время как представители примитивных родов *Fodiator* и *Perexoscoelus* обитают лишь в тропической зоне.

Географическое распространение неритических и нерито-океанических летучих рыб вполне подчиняется всем закономерностям распространения тропических прибрежных рыб вообще. Препятствием для их расселения служат не только материковые преграды, но и пространства открытых вод, в частности «восточнотихоокеанский фаунистический барьер» — лишенный островов район Тихого океана, между берегами Америки и крайними восточными архипелагами Полинезии. Именно этой причиной объясняется существенное различие фаун летучих рыб в западной и восточной частях Тихого океана. Ареалы неритических видов, как правило, относительно невелики в связи с раз-



1 2 3 4 5 6 7

Схема распространения летучих рыб в Мировом океане: границы ареала семейства (1); места ловов случайно зашедших рыб в летнее время (2); тропические границы области распространения океанического субтропического вида *H. rondeletii* (3); ареал неперитического субтропического вида *Cheilorogon pinnae barbatus* (4). Указаны также границы области распространения неперитических индо-западнотихоокеанской (5), атлантической (6) и восточнотихоокеанской (7) фаун летучих рыб. Цифры в кругах обозначено число видов в разных районах Тихого океана, а в двойных кругах — суммарное число видов для каждого океана.

нообразием экологических условий у берегов, и среди них нередки весьма узкие эндемики, обитающие в очень ограниченных районах. Факторами, ограничивающими распространение этих рыб вдоль берегов, служат температура воды, ее соленость (почти все виды избегают опресненных участков), кормность районов и, вероятно, также характер дна и наличие растительности в прибрежной зоне. Примеры такого рода достаточно многочисленны: есть виды, эндемичные для вод Южной Японии и Кореи, для вод Индонезии и прилегающих районов, для тихоокеанских вод Центральной Америки и т. д. Очень интересным распространением отличается субтропический вид — гигантская летучая рыба *Cheilorogon pinnae barbatus*, длиной до 50 см, обитающая в прибрежных водах Японии, Калифорнии, Северо-Западной Африки и Испании в Северном полушарии и в водах Чили, Новой Зе-

ландии, Южной Австралии и Южной Африки на юге. Ареал этого вида обнаруживает замечательное сходство с областью распространения сардин из родов *Sardina* и *Sardinops*.

Прерванное в тропической полосе распространение характерно также для таких летучих рыб, как *Ch. heterurus* и *Ch. agoo*. К ареалам всех этих видов вполне приложимо понятие биполярности¹, если его рассматривать в несколько более широком смысле, чем это делал Л. С. Берг, который отмечал в свое время, что биполярными являются организмы умеренных широт. Сейчас известно немало примеров «биполярного» (или, по терминологии американских авторов «антитропического») распространения и у субтропических животных.

Океанические летучие рыбы, как правило, имеют очень протяженные, часто даже циркумглобальные ареалы, причем их распространение, по всей вероятности, определяется только одной температурой поверхностного слоя воды. У некоторых видов очень узкий диапазон оптимальных температур и поэтому они встречаются лишь в наиболее тепловодных или, напротив, в менее прогретых водах тропической зоны. К числу таких видов можно отнести, например, тихоокеанскую популяцию вида *E. volitans*, встречающегося здесь при тем-

пературе 22—29°, но наиболее обычного при 24—28°. В результате область распространения этой рыбы в наиболее теплой западной части Тихого океана прервана в приэкваториальной полосе примерно на 15° по широте, а в центральной и восточной частях океана, где в области экватора температура в поверхностном слое понижена из-за поднятия глубинных вод, такого разрыва нет. Обитающий на южной периферии собственно тропической зоны в Тихом океане *E. obtusirostris* имеет особенно узкие температурные границы распространения в юго-восточной части своего ареала. Как показывают результаты 4-го рейса научно-исследовательского судна «Академик Курчатов» (осень 1968 г.), эта летучая рыба ловится только в узкой полосе вод, ограниченной изотермами 19° и 22—23°.

Особый интерес представляет распространение единственного среди представителей океанической группировки летучих рыб субтропического вида — *Hirundichthys rondeletii*, имеющего биполярный ареал. Для этой рыбы характерны, по-видимому, сезонные миграции: в северо-западной части Тихого океана нерест происходит зимой между 21° и 30° с. ш. при температуре воды 18—23°, весной начинается передвижение к северу для откорма (в это время рыбы встречаются при температуре 15—17°), а осенью — обратная миграция в южную часть ареала.

Количественное распределение летучих рыб в пределах занимаемого ареала определяется в первую оче-

¹ Под биполярностью здесь понимается распространение животных в умеренных или субтропических водах Северного и Южного полушария при отсутствии их в собственно тропической зоне.

редь количеством доступной пищи, а именно обилием зоопланктона в поверхностном слое океана. В связи с этим распределение летучих рыб в различных районах тропической области отличается большой неоднородностью. Районы открытого океана, характеризующиеся наибольшими скоплениями летучих рыб, располагаются, как правило, близ зон дивергенций, где происходит подъем к поверхности глубинных вод, богатых биогенными солями, и отмечается повышенная биологическая продуктивность. При этом наибольшая концентрация летучих рыб отмечается обычно в некотором удалении от дивергенций. Дело в том, что пики численности каждого последующего звена в трофической цепи (фитопланктон → растительноядный зоопланктон → хищный планктон → рыбы-планктофаги) несколько сдвинуты по течению относительно максимума численности предыдущего звена. Именно поэтому повышенные концентрации летучих рыб в открытых водах наблюдаются иногда даже в сотнях миль вниз по течению от скоплений фитопланктона у дивергенций.

Общее количество летучих рыб в Мировом океане весьма значительно. По данным В. П. Шунтова, их запас только в Тихом океане измеряется величиной порядка 1,5—4 млн т, что составляет около 20—40 кг на каждый квадратный километр всей тропической части этого океана. Эти цифры были рассчитаны по результатам визуальных учетов рыб, вылавливаемых из-под форштевня многих кораблей в самых разных районах, и, по-видимому, могут быть отнесены ко всему Мировому океану.

Число видов летучих рыб в различных районах океана существенно варьирует, главным образом, за счет различия в числе неритических и псевдоокеанических видов. Особенно много видов насчитывается в водах Индонезии (27) и в прилегающих районах Кораллового моря (26), у Филиппинских островов (не менее 21) и Южной Японии (25). Именно здесь — в западной тропической части Тихого океана — находится современный географический центр ареала летучих рыб и, по-видимому, так-

же исходный центр формообразования этой группы.

Сравнение фауны летучих рыб различных частей Мирового океана обнаруживает значительные различия (см. схему). Наиболее богата и разнообразна фауна летучих рыб Тихого океана, где насчитывается 47 видов и подвидов. В Индийском океане пока обнаружено лишь 26 видов, а в наиболее обстоятельно изученном Атлантическом океане — только 16. Каждому океану свойственны свои эндемичные виды, число которых, однако, заметно разнится. В Тихом океане обитает 16 эндемиков, в Индийском и Атлантическом — по 4 эндемичных вида.

Нужно отметить, что все виды, эндемичные для Атлантики, представлены в Тихом и Индийском океанах весьма близкими формами. В то же время здесь совершенно отсутствуют многие группы видов, объединяющиеся в особые подроды и обычные в других океанах. В целом фауна летучих рыб Атлантического океана представляет собой сильно обедненную (главным образом за счет специализированных видов подсемейства *Cypselurinae*) индо-тихоокеанскую фауну летучих рыб.

Летучие рыбы Индийского океана и западной части Тихого океана входят в состав единой фаунистической группировки. Различия в видовом составе летучих рыб разных районов тропической Индо-Вост-Пацифики объясняются в основном существованием узколокальных видов, занимающих ограниченные ареалы. Эта фауна наиболее разнообразна и полна в отношении представленных в ней родов и подродов (отсутствует только род *Fodiator*).

Фауна летучих рыб восточной части Тихого океана очень специфична. Она включает не более 20 видов, в том числе 9 эндемичных видов и подвидов. С Атлантическим океаном эта фауна связана родом *Fodiator*, однако в целом она представляется более родственной индо-вест-пацифическому комплексу.

Таким образом, можно различить три основные географические группировки летучих рыб, населяющие соответственно Индо-западнотихоокеанскую, Восточнотихоокеанскую и Ат-

лантическую фаунистические области. Можно предполагать, что исходные формы летучих рыб возникли в палеоцене или эоцене от близких к современным полурылам (семейство *Hemirhamphidae*), предков в тепловодных неритических районах, существовавших в течение исторически длительного периода на границе Тихого и Индийского океанов. Расселение летучих рыб из этого центра происходило, по-видимому, во всех направлениях (но в основном — к западу), хотя пути его пока еще недостаточно ясны.

Важную роль в этом расселении сыграл, по-видимому, океан Тетис, через который проникли в Атлантику вместе с другими теплолюбивыми элементами и примитивные тропические *Exocoetidae*. Летучие рыбы, несомненно, мигрировали и через Панамский пролив, оставшийся открытым вплоть до плиоцена, — только этим можно объяснить современное распространение рода *Fodiator* по обоим берегам Центральной Америки. Расселение относительно «холодолюбивых» субтропических рыб шло, видимо, значительно позднее при климатических условиях, близких к современным, а образование у них биполярных ареалов, следуя теории Л. С. Берга, вполне можно объяснить изменениями температурного режима океана в ледниковую эпоху.

УДК 597.01.5

Астроспектры в лаборатории

Л. А. Митрофанова

Кандидат физико-математических наук

Какие бы данные о небесных телах ни получали астрономы и астрофизики, расшифровать эти данные можно, как правило, только опираясь на закономерности, выведенные в наземных лабораториях при исследовании земных объектов. Об остроумном методе моделирования атмосфер планет в абсорбционной трубе и возможных применениях этого метода рассказано в предлагаемой статье.



Людмила Артыухина Митрофанова, старший научный сотрудник Главной астрономической обсерватории АН СССР в Пулковке, руководитель лабораторных исследований атомных и молекулярных спектров, представляющих астрофизический интерес. Ею выполнен ряд работ по исследованию таких спектров.

Спектры атмосфер планет

Спектральное изучение атмосфер планет — одна из актуальных задач современной астрофизики. Однако эта сложная, большая задача не может быть успешно решена только астрономами, без привлечения специалистов смежных наук. Например, астрономы не могут обойтись без результатов лабораторных исследований спектроскопистов-физиков по изучению молекулярных спектров поглощения, без определения физических постоянных молекул и их структуры. Только имея в распоряжении достаточное количество молекулярных постоянных и спектральных атласов молекул, можно отождествить спектры планетных атмосфер и других небесных тел. Это относится к любому способу наблюдений, будь то наземная астрономия (оптический или радиоастрономический методы) или результаты, полученные с помощью ракет, выведенных за пределы атмосферы Земли.

Спектры планетных атмосфер состоят главным образом из молекулярных полос, которые принадлежат молекулам углекислого газа (CO_2), окиси углерода (CO), метана (CH_4), аммиака (NH_3), азота (N_2), кислорода (O_2), т. е. в основном двух-, трех- и четырехатомным молекулам. В настоящее время мы можем почти уверенно говорить о качественном хи-

мическом составе атмосфер большинства планет. Он был установлен после тщательного изучения астрономических спектрограмм, полученных оптическими методами и с помощью радиоастрономических наблюдений. Кроме того, результаты советской космической станции «Венера-4» позволили не только дать сведения о более точном качественном химическом составе атмосферы Венеры, но и уточнить количественный ее состав, температуру и давление.

Что же касается количественного химического состава атмосфер других планет, то он еще требует серьезной проверки и уточнения. До сих пор астрономы при идентификации и изучении полосатых спектров атмосфер планет встречаются с большими трудностями. Трудности эти, как правило, вызваны тем, что наши лабораторные и теоретические знания о структуре и свойствах даже простых молекул ограничены. Поэтому при изучении астрономического спектра мы прежде всего должны определить, какая именно из молекул дала его, а затем, по лабораторным исследованиям, уточнить свойства и структуру полос этой молекулы.

Многоатомные молекулы, и в частности трехатомные, которые встречаются в кометах и планетах, изучены еще хуже.

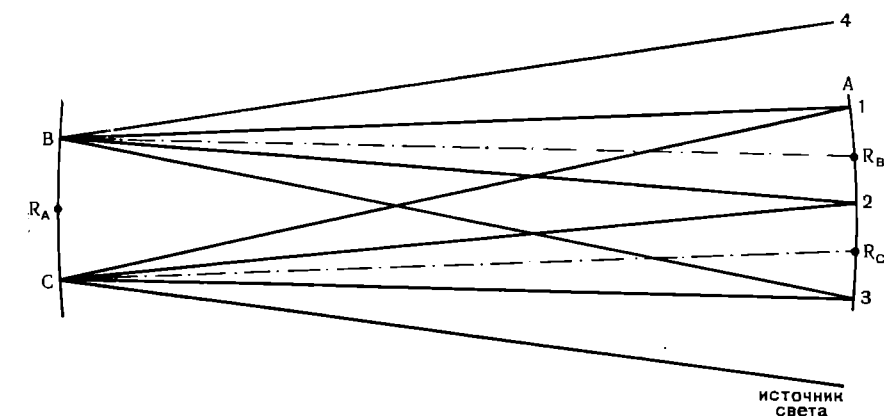
Необходимо отметить, что не всегда можно легко и просто получить в лабораторных условиях те же моле-

кулы, какие встречаются, скажем, в атмосферах звезд. Разберем один интересный пример.

В 1926 г. П. Мерилл и Р. Санфорд в некоторых углеродных звездах типа RV Дракона наблюдали очень сильные полосы поглощения, но уверенно их отождествить не удавалось в течение десятков лет. Правда, по теоретическим соображениям было сделано предположение, что эти полосы вызваны сложной молекулой — трехатомной SiC_2 .

Для правильного решения задачи были поставлены лабораторные эксперименты. В 1956 г. В. Клеман попытался получить эти полосы в лаборатории. При постановке опытов он исходил из следующего соображения: спектры молекулы C_2 наблюдаются в ряде звезд и хорошо изучены. Спектр молекулы кремния неплохо изучен в лаборатории, но не был отмечен среди астрономических спектров. Поэтому Клеман предположил, что в присутствии углерода и кремния образуется однополярная молекула SiC , которая должна наблюдаться в астрономических спектрах, а также и в лаборатории, хотя до 1961 г. осуществить это не удавалось. Затем Клеман рассуждал так: если в высокотемпературную печь Кинга, которая изготовлена из чистого прессованного угля, добавить Si , то при определенной температуре нагрева печи (в печи может быть получена температура $2500\text{--}3000^\circ\text{K}$) должен наблюдаться спектр поглощения, принадлежащий молекуле SiC . Однако полученный Клеманом спектр оказался более сложным и непохожим на ожидаемый для SiC . Тогда провели сравнение полученного в лаборатории спектра с неотожествленным спектром одной из холодных звезд типа RV Дракона, и оказалось, что полосы хорошо совпали. Из эксперимента стало ясно только одно, что Клеману удалось в лаборатории воспроизвести звездный спектр. Однако нельзя было определить, какая именно молекула дала этот спектр.

Молекула осталась неизвестной. Лишь появилось больше оснований считать, что только углерод и кремний могли дать такой спектр. Кроме того, вибрационный анализ



показал, что искомая молекула содержит один тяжелый атом, соединенный с двумя связанными более легкими. Отсюда было сделано заключение (требующее еще подтверждений): вероятнее всего, этот сложный спектр дает молекула SiC_2 . В своих исследованиях Клеман получал спектрограммы при высокой температуре источника спектра, поэтому тонкая структура полос не могла быть определена в деталях. Такое несовершенство проведенного эксперимента не позволило окончательно отождествить полосы Мерилла и Санфорда.

В настоящее время к этому вопросу исследователи вернулись вновь. Канадские физики уделяют большое внимание поискам источника света, дающего молекулярный спектр, аналогичный полосатым спектрам углеродных звезд. Проф. Г. Герцберг сообщает, что ему и его сотруднику Р. Верму в лаборатории удалось наблюдать при низких температурах полосы молекулы SiC_2 . Герцберг выражает надежду, что тщательное изучение новых спектров при большем разрешении позволит увереннее анализировать ротационную структуру и определить момент инерции этой загадочной молекулы.

Многие ученые с большим интересом ждут результатов этого исследования и надеются, что наконец будет найден источник молекулярного спектра, который даст возможность окончательно отождествить полосы Мерилла и Санфорда. Молекула SiC_2 окажется тогда первой многоатом-

Рис. 1. Оптическая схема Дж. Уайта. Справа — вогнутое сферическое зеркало А с центром сферы в R_A ; слева — вогнутые сферические зеркала В и С с центрами сфер в R_B и R_C . Штрих-пунктирами показаны перпендикуляры к поверхности зеркал В и С в месте падения луча света. Свет от источника падает на зеркало С, отражается в точке 1 зеркала А, затем падает на зеркало В, далее — точка 2 зеркала А, вновь зеркало С, точка 3 зеркала А и, отразившись второй раз от зеркала В, свет через выходную щель 4 уходит из трубы. Таким образом, свет проходит по всей длине трубы 8 раз.

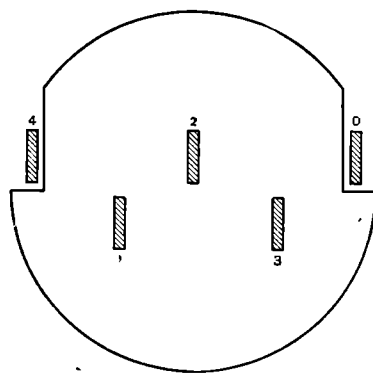


Рис. 2. Зеркало А с конструктивными изменениями Герцберга и Бернштейна. При заметном размере источника света такая форма зеркала дает возможность при удвоенном числе проходов избежать перекрытия изображений. 0 — входная щель для луча света; 4 — выходная щель; 1, 2, 3 — места отражения света от зеркала А.

ной молекулой, уверенно найденной в атмосфере звезды.

В атмосферах звезд и комет отождествлены в настоящее время и другие молекулы, такие как CH^+ , C_3 , NH_2 , которые могут быть лишь с большим трудом и очень редко получены в лабораториях при специально контролируемых условиях. Вообще же молекулярные спектры из-за своей сложной структуры изучены значительно хуже атомных.

Спектры атомов различных химических элементов изучены почти хорошо, хотя есть ряд вопросов, которые остаются неразрешенными. Сейчас мы располагаем необходимым количеством вполне надежных сведений о физических постоянных спектров атомов. Возможно, благодаря этому атомные спектры будут играть еще долгое время доминирующую роль над молекулярными в различных областях науки.

Лабораторному изучению спектров молекул, представляющих астрофизический интерес, уделяется особенно большое внимание с сороковых годов нашего столетия. Однако до сих пор еще нет хороших, полных справочников изучаемых молекул.

Абсорбционные трубы с большим поглощающим путем

Молекулярные спектры поглощения сложнее атомных. Они состоят из ряда полос, а каждая полоса — из большого числа отдельных спектральных линий. Молекула кроме поступательного движения имеет еще внутренние движения, состоящие из вращения молекулы вокруг своего центра тяжести, колебаний ядер атомов, составляющих молекулу, друг относительно друга и движения электронов, входящих в состав электронной оболочки молекулы.

Для разрешения молекулярных полос поглощения на отдельные спектральные линии необходимо применять спектральные приборы высокой разрешающей силы и пропускать свет через абсорбционные (поглощающие) трубы. Вначале работы проводили с короткими трубами и при давлениях исследуемых газов или их смесей в несколько десятков атмосфер.

Оказалось, что такая методика не способствует выявлению структуры спектра молекулярных полос, а, на-

оборот, замыкает их. Поэтому от нее сразу пришлось отказаться. После этого пошли по пути создания абсорбционных труб с многократным прохождением в них света. Оптическую схему такой абсорбционной трубы впервые предложил Дж. Уайт в 1942 г. В трубах, сконструированных по схеме Уайта, можно получать эквивалентные оптические пути поглощающих слоев от нескольких метров до нескольких сот тысяч метров. Давление исследуемых чистых газов или смесей газов изменяется от сотых до десятков и сотен атмосфер. Применение таких абсорбционных труб для изучения молекулярных спектров поглощения оказалось очень эффективным.

Итак, для разрешения спектров молекулярных полос на отдельные спектральные линии необходимо иметь особый тип оборудования, который состоит из спектральных приборов высокой разрешающей силы и абсорбционных труб с многократным прохождением в них света. Чтобы отождествить полученные спектры атмосфер планет, необходимо провести их непосредственное сравнение с лабораторными и таким спосо-

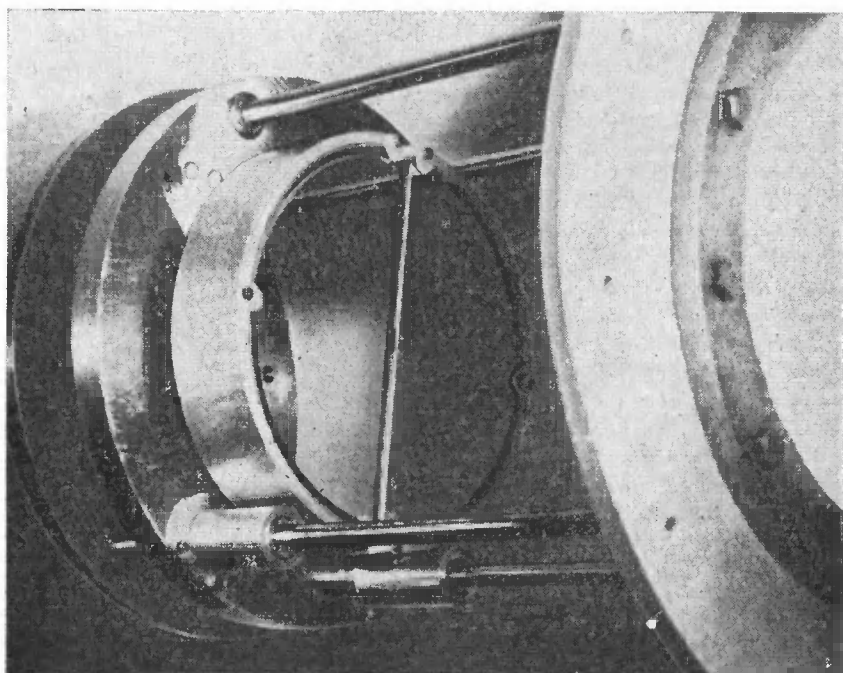


Рис. 3. Зеркала В и С (в оправе) абсорбционной трубы лаборатории Луны и планет Аризонского университета (обозначения см. на рис. 1).

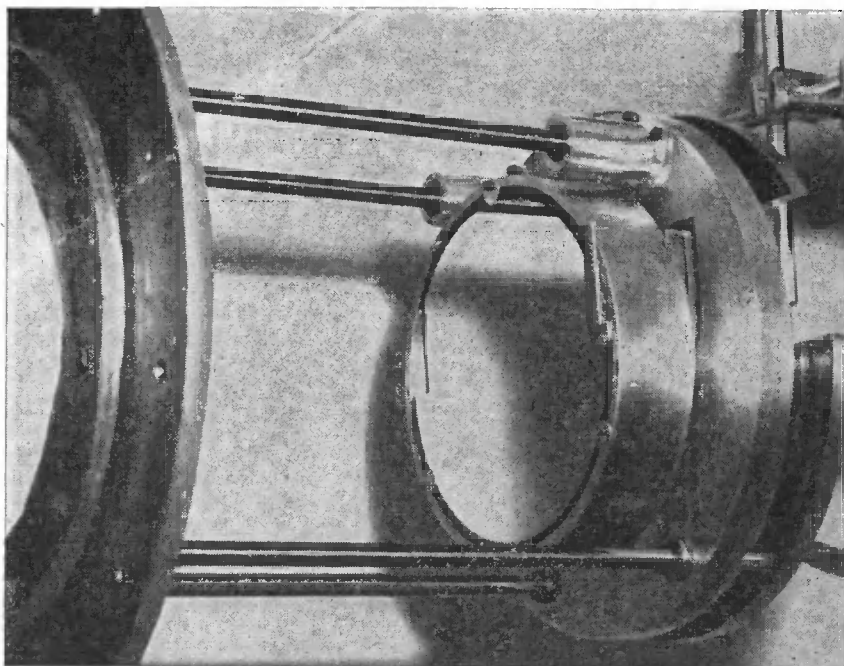


Рис. 4. Зеркало А (в оправе) той же лаборатории (обозначения см. на рис. 1).

бом найти не только длины волн, но уверенно определить химический состав, а по уширению спектральных линий сделать оценку давлений в атмосферах планет. Измеренное поглощение в абсорбционных трубах можно сравнить по величине с поглощением в атмосфере той или иной планеты. Следовательно, в абсорбционных трубах с многократным прохождением света при изменении давлений изучаемых чистых газов или их смесей можно как бы моделировать атмосферы планет. Это стало более реально теперь, когда появилась возможность изменять температурный режим в трубах в пределах нескольких сот градусов Кельвина.

Оптическая схема абсорбционной трубы Дж. Уайта

Сущность изобретения Дж. Уайта сводится к следующему: берутся три сферических вогнутых зеркала строго равных радиусов кривизны. Одно из зеркал (А) устанавливается на одном конце внутри трубы, а два других (В, С), представляющие собою две равные части разрезанного зеркала,— на другом конце. Расстояние

между первым зеркалом и другими двумя равно радиусу кривизны зеркал. Труба герметически закрыта. Разрежение воздуха в трубе создается до десятых или сотых долей мм рт. ст., а затем труба заполняется исследуемым газом до определенного (в зависимости от поставленной задачи) давления. Зеркала в трубе устанавливаются таким образом, что вошедший в трубу свет отражается от зеркал, проходя заданное число раз в прямом и обратном направлениях. На рис. 1 показано, что свет от источника падает на зеркало С, отражается в точку 1, затем падает на зеркало В и отражается в точке 2 и т. д., пока не пройдет путь по трубе 8 раз и выйдет через выходную щель 4. Оптическая схема, предложенная Уайтом, рассчитана таким образом, что угловые отверстия¹ зеркал не затемняются ни в точках на оптической оси, ни вне ее. Такая конструкция дает очень высокую точность передачи света. Потери света происходят только при отражении от поверхности зеркал.

В настоящее время все абсорбционные трубы делают по схеме

¹ Угол, под которым видно зеркало из его центра кривизны.

Дж. Уайта с изменением конструкции переднего зеркала, внесенным Г. Герцбергом и Н. Бернштейном в 1948 г. (рис. 2). Герцберг использовал оптическую схему для получения большого пути поглощения света в абсорбционной трубе с радиусом кривизны зеркал 22 м и диаметром трубы 250 мм. Труба сделана из электролитического железа. В одной из работ Герцберга по исследованию спектров поглощения углекислого газа (CO_2) поглощающий путь света был 5500 м, что соответствует 250 прохождениям между зеркалами. Такой большой поглощающий путь, т. е. большая оптическая толща, получен только благодаря остроумной оптической схеме, которая была предложена Уайтом.

Если зеркало С повернуть на небольшой угол вокруг оси, перпендикулярной к плоскости рисунка 1, можно изменить число изображений на зеркале А, т. е. число прохождений света в трубе.

Предел числу прохождений света ставится потерями при отражениях и числом изображений, которое можно получить на зеркале С. При создании абсорбционных труб конструкторы встречаются с большими трудностями механического харак-

тера. Прежде всего, это разработка оправы зеркал и их крепление, юстировочные и фокусирующие механизмы, выводы управляющих механизмов наружу. Если труба относительно небольшой длины — зеркала располагаются на общем плато, которое после установки на нем зеркал двигается в трубу; если труба большой длины — установка зеркал значительно усложняется.

На фото 3 и 4 показаны скрепленные между собой зеркала В, С и А в оправах. В таком виде их вставляют в трубу. На рис. 1, 2 и фото 3, 4 показаны детали абсорбционной трубы лунной и планетной лаборатории Аризонского университета. Нам их любезно прислал Т. Оуэн, за что мы выражаем ему глубокую признательность.

Очень важно, из какого материала делают трубы. Применяются электролитически чистое железо, нержавеющая высококачественная сталь и инвар. Внутри стальной трубы производится покрытие электролитически чистым железом. Насколько нам известно, никакими вакуумными лаками, особенно в последнее время, стенки внутри труб не покрывают. Выбор материала для покрытия поверхности зеркал зависит от той спектральной области, в которой будет проводиться работа. В соответствии с этим используют золото, серебро или алюминий. Применяются также и диэлектрические покрытия.

Абсорбционная труба Пулковской обсерватории

Наша абсорбционная труба¹ — стальная, цельнотянутая, сварена из отдельных частей длиной 8—10 м. Общая длина ее 96,7 м, внутренний диаметр 400 мм, толщина стенок 10 мм. Временно в трубе установлены два покрытые алюминием зеркала диаметром только 100 мм и радиусом кривизны 96 м. В трубе находятся также объективы. На рис. 5

изображена оптическая схема хода лучей в нашей трубе. С помощью двух зеркал мы получаем трехкратное прохождение. Если взять еще два зеркала и разместить их соответствующим образом в трубе, обеспечивается пятикратное прохождение света, что нами и было сделано в последнее время.

Итак, в проведенных нами работах мы имеем следующие поглощающие пути: 100 м, 300 м, 500 м. Это при учете расстояний от источника света до входного окна трубы и расстояния, которое проходит пучок света от выходного окна до щели спектрографа.

В дальнейшем зеркала предполагается заменить большими — диаметром 380 мм и радиусом кривизны 100 м. Соответствующая оптическая схема будет заменена классической схемой Уайта с изменением, которое внесено Герцбергом и Бернштейном. Все оптические расчеты должны быть осуществлены так, чтобы эффективная длина поглощающего пути стала 5000—6000 м при 50—60 проходах.

Наша абсорбционная труба — одна из самых длинных, поэтому при конструировании ряда ее узлов пришлось искать новые решения. Например, крепить ли зеркала на основании, связанном с корпусом трубы, или устанавливать их на отдельных фундаментах независимо от трубы? Это один из очень сложных вопросов (другие мы не приводим), и от его правильного решения будет зависеть надежность и точность юстировки и ориентировки зеркал. Так как зеркала находятся внутри трубы, то, естественно, при откачке или при создании давления в трубе произойдет вследствие деформаций крепления зеркал (если даже они миниатюрные) изменение направления пучка света. Этот вопрос также требует специального решения, как и определение числа прохождений света по трубе. Юстировку и фокусировку зеркал мы будем осуществлять с помощью лазера.

Рядом с абсорбционной трубой размещен вакуумный дифракционный спектрограф. Он собран по автоколлимационной схеме. Плоская дифракционная решетка с 600 штрихами на

миллиметр дает линейную дисперсию во втором порядке 1,7 Å/мм. В качестве источника непрерывного спектра мы использовали лампу накаливания 24 в, 100 вт.

Кроме установки и исследования трубы, в настоящее время закончено изучение полосы А молекулярного спектра поглощения кислорода (O_2). Работа была поставлена с целью выявить изменения эквивалентных ширин линий поглощения в зависимости от давления. Эквивалентные ширины вычислены для всех длин волн от 7598 до 7682 Å. На спектрограммах 1 и 2 (рис. 6) представлены спектры поглощения полосы А. Ведется также работа по выявлению эффекта увеличения эквивалентных ширин в зависимости от присутствия постороннего газа. Например, берется углекислый газ (CO_2) и к нему добавляется некоторое количество азота (N_2)¹.

В нашей лаборатории работы по изучению молекулярных спектров поглощения ведутся Л. Н. Жуковой, В. Д. Галкиным и автором настоящей статьи. Исследования мы стараемся направить так, чтобы результаты их способствовали решению астрофизических задач, главным образом в планетной астрономии.

Обработка как лабораторных, так и астрономических молекулярных спектров поглощения, полученных методами фотографической или фотоэлектрической регистрации, очень трудоемка и требует много времени. Для ускорения этой работы в Калифорнийском университете Дж. Филлипс еще в 1957 г. начал обработку молекулярных спектров поглощения с помощью вычислительной машины IBM-701. Вначале программа была составлена для спектров C_2 и NO . Тогда же были подготовлены таблицы для CN . Филлипс считает, что в первую очередь машиной нужно обрабатывать спектры молекул, представляющие астрофизический интерес: C_2 , CN , NH , BH , MgH , AlH , SiF , VO , ZrO .

Достоинства машинной вычислитель-

¹ Более подробное описание и исследование о ней можно найти в «Известиях ГАО АН СССР», т. XXIII, 1964, № 175.

¹ Работа выполнена совместно с проф. В. К. Прокофьевым из Крымской астрофизической обсерватории. «Известия ГАО АН СССР» (в печати).

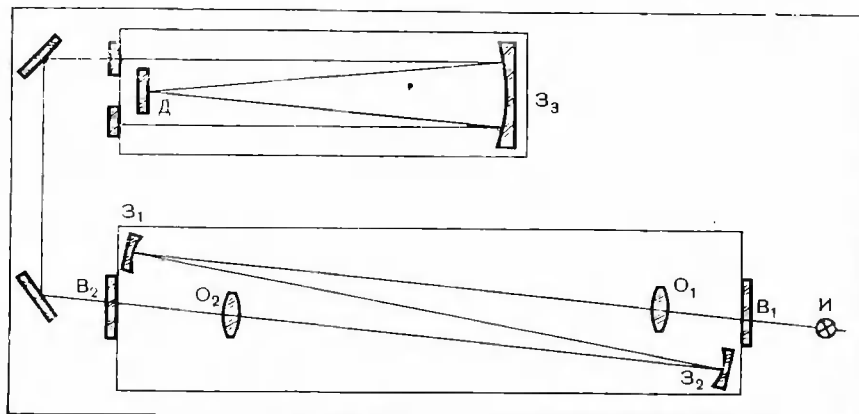
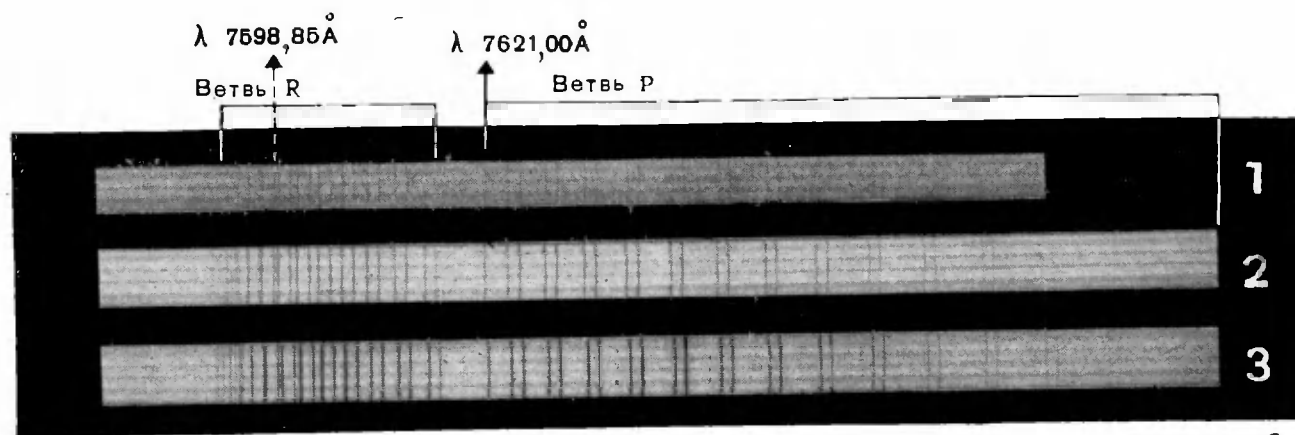


Рис. 5. Внизу — оптическая схема пулковой абсорбционной трубы для трехкратного прохождения света: И — источник света; В₁ и В₂ — окна входа и выхода света; О₁ и О₂ — объективы; З₁ и З₂ — зеркала. Вверху — спектрограф, в который попадает свет после выхода из трубы: Д — дифракционная решетка; З₃ — зеркало.



ной техники очевидны, и ее следует широко использовать для обработки результатов экспериментов.

Лабораторные исследования и астрономические спектры

Изучением молекулярных спектров поглощения, получаемых в абсорбционных трубах многократного прохождения света, занимается большой отряд физиков. Прежде всего, хочется отметить большую роль и заслугу проф. Г. Герцберга (Оттава, Канада). Его экспериментальные и теоретические работы, как и его монографии,

лежат в фундаменте этой области науки. Одно из ведущих мест в исследованиях, и особенно в изучении спектров квадрупольных молекул, занимают работы проф. Д. Ранка (Пенсильвания, США). Из более молодых исследователей нельзя не отметить работы Т. Оуэна (Аризона, США), который весьма успешно сочетает свои лабораторные эксперименты с астрофизическими наблюдениями.

Один пример плодотворного сочетания лабораторных и астрофизических методов мы уже привели в первой части данной статьи. Он касается отождествления молекулярных полос в спектре звезды типа RV Дракона. В качестве второго примера рассмотрим совместные работы Г. Герцберга и Д. Койпера по изучению планетных

Рис. 6. Спектры поглощения полосы Λ кислорода (O_2), полученные с пулковой абсорбционной трубой при пятикратном прохождении. Общий путь света составил 500 м; 1 — при давлении 0,1 атм; 2 — при давлении 0,5 атм; 3 — при давлении 1 атм; R — ветвь линий ротационно-вибрационных спектров в сторону больших частот; Р — то же в сторону малых частот.

спектров на основе прямого сравнения с лабораторными.

Койпером на обсерватории Мак-Дональд были получены спектры Венеры и Марса с большим разрешением в интервале длин волн $1 \div 2,5$ мк. Всего было отмечено 15 полос, отождествленных с молекулярными полосами углекислого газа (CO_2). Одна полоса около $\lambda = 2,16$ мк вызвала сомнение. Герцбергом и Койпером были поставлены дополнительные лабораторные исследования CO_2 , которые уверенно показали, что поглощение у $\lambda = 2,16$ мк в спектре Венеры обусловлено молекулой CO_2 . Для лабораторных исследований спектров поглощения CO_2 Герцбергом и Койпером использовалась многоходовая абсорбционная труба Иерхской обсерватории с радиусом кривизны зеркал 22 м, длиной тоже 22 м и диаметром 250 мм. Труба сделана из электролитического железа. До заполнения трубы исследуемым газом она откачивалась до нескольких мм рт. ст. (позже стали получать вакуум до десятых долей мм рт. ст.). В своей первой работе Герцберг и Койпер изменяли давление CO_2 в трубе в пределах от 0,12 до 2 атм. Длина поглощающего слоя была 88 м и 1400 м, т. е. свет в первом случае проходил по трубе 4 раза, а во втором — 64 раза. Из трубы свет направлялся в спектрометр. В данной работе использовался тот же спектрометр, которым были получены спектры Венеры и Марса. Длины волн полос поглощения CO_2 определялись в лабораторных спектрах. Методом сравнения спектрограмм легко отождествлялись неизвестные полосы поглощения в спектрах Венеры. Позже аналогичным способом были идентифицированы полосы в спектрах Марса и Луны. Измерения самоуширения спектральных линий, вызванного только изменением давления газа или за счет добавления другого газа, позволяют сделать оценку давления в атмосферах планет. Необходимо отметить, что в атмосферах планет существуют градиенты давления и температуры; это создает трудности моделирования их в лаборатории. Третий пример. Мы указывали на важность работ, возглавляемых проф. Д. Ранком. Многие из них по-

священы изучению спектров квадрупольных молекул: азоту (N_2), водороду (H_2) и другим молекулам. Кроме того, Ранк и его сотрудники занимаются весьма актуальными вопросами определения для различных молекул ротационных и вибрационных постоянных, которые так необходимы физикам и астрофизикам.

При изучении молекулярных спектров поглощения в лаборатории Ранка используется большая абсорбционная труба длиной 44 м и диаметром 90 см с многократным прохождением света. Сделана труба из нержавеющей стали. Давление исследуемых газов в ней можно получать до $6,4 \text{ кг/см}^2$, а длину пути света — до 5000 м. С этой трубой Ранк выполнил новые лабораторные измерения линий CO_2 и H_2O , которые позволили определить количество осажденной воды (H_2O) и CO_2 в атмосфере Марса. Измерения производились по просьбе американских астрофизиков Л. Каплана, Д. Мюнха и Н. Спинрада и должны были подтвердить правильность отождествления ими ротационных полос линий H_2O около $\lambda = 8300 \text{ \AA}$ и CO_2 около $\lambda = 8700 \text{ \AA}$.

С большим успехом проводятся лабораторные исследования молекулярных спектров поглощения в лунной и планетной лаборатории Аризонского университета. Активное участие в этих работах принимает Т. Оуэн. В лаборатории установлена абсорбционная труба длиной 22 м и диаметром 250 мм с многократным прохождением света¹. Труба стальная, облицованная внутри электролитическим железом. Лабораторные спектры получают на дифракционном спектрографе с линейной дисперсией $2,5 \text{ \AA/мм}$. Исследуются главным образом метан (CH_4) и аммиак (NH_3). Исследование ведется в широком диапазоне давлений и при большой поглощающей длине. Источником света служит либо Солнце, либо вольфрамовая лампа накаливания. Так, например, для работы «Определение состава атмосферы и давления на поверхности Марса», которая

выполнена Оуэном и Койпером (1964), потребовалось в лаборатории исследовать полосу $\lambda = 1,6$ мк в чистом углекислом газе (CO_2) при следующих условиях:

Длина пути в м	Давление в см рт. столба
2880	0,75
1440	1,50
720	3,00
180	12,00
90	24,00
360	6,00

Оуэн и Койпер провели исследование и при добавлении постороннего газа. Авторы отмечают, что если определить полное содержание CO_2 по слабым полосам, можно по измерениям полосы $\lambda = 1,6$ мк эмпирически найти атмосферное давление, в частности на Марсе, и обнаружить присутствие любой другой составляющей. Но эмпирическое определение эффектов давления в смесях газов на данной установке невозможно, потому что нужно иметь длину пути луча, равную двум высотам однородной атмосферы Марса, т. е. приблизительно 40 км. В экспериментах Койпера и Оуэна поглощающий путь был всего 4 км, т. е. в 10 раз меньше.

Когда в 1966 г. Дж. Койпер, Р. Вилот и Т. Оуэн получили спектры Урана и Нептуна, оказалось, что они содержат ряд неотожествленных полос поглощения. Так как вероятнее всего, что атмосферы этих планет состоят из метана (CH_4), лабораторные исследования были поставлены именно с ним. Лабораторные спектры получены при очень больших оптических путях и умеренных разрежениях. Например, часть спектров CH_4 в области длин волн 7671 и 7430 $\text{\AA}$ получена при эффективной поглощающей длине 1940 м атм., а часть спектров в области 7587, 7470 $\text{\AA}$ и короче — при длине 2860 м атм.

Только сравнение спектров Урана и Нептуна с лабораторными дало возможность уверенно отождествить неизвестные полосы и доказать, что поглощение в атмосферах этих планет вызвано в основном метаном. С аб-

¹ Д. Крухшэнк сообщает, что в настоящее время вошла в строй абсорбционная труба длиной 40 м.

сорбционной трубой многократного прохождения Иллинойского научно-исследовательского технологического института (длина 12,5 м, диаметр 125 мм; выполнена из нержавеющей стали) Оуэн провел исследования метана, водяного пара, аммиака. Длина пути света была 1000 м, т. е. свет в прямом и обратном направлениях в трубе проходил 80 раз. Полученные в лаборатории спектры газов сравнивались со спектрами Юпитера, Венеры и Луны. Таким путем Оуэн проводил отождествление неизвестных полос в спектрах указанных планет. Спектры этих планет были получены на обсерватории Мак-Дональд с 82-дюймовым рефлектором, 84-дюймовым рефлектором и 60-дюймовым солнечным телескопом Национальной обсерватории Китт Пик. Детальное изучение спектрограмм позволяет сделать вывод, что в атмосфере Юпитера уверенно отождествлены полосы поглощения, вызванные метаном, аммиаком и водородом. Для других газов необходимо провести еще ряд лабораторных исследований.

На международном симпозиуме в Киеве (1968) Оуэн сообщил результаты спектроскопического определения газов, содержащихся в атмосферах Юпитера, Сатурна и Урана.

Мы отмечали, что не всегда удается провести анализ и отождествление полученных спектрограмм небесных тел прямым сопоставлением с лабораторными спектрами. Это можно объяснить тем, что возбуждение и свечение газовых сред на небесных телах часто происходят в очень сложных физико-химических условиях, которые нельзя точно воспроизвести в наземных лабораториях. Поэтому при сопоставлении с лабораторными спектрами остается неоднозначность структуры молекулярных полос и их интенсивностей. Тогда приходится прибегать к косвенным методам идентификации. Приведем, например, случай со спектрограммой центрального пика лунного кратера Альфонс, которая была получена Н. А. Козыревым 3 ноября 1958 г. и в том же году им обработана¹. Спек-

Планеты	Газ и его содержание	Давление	Примечание
Юпитер	Аммиак 12 м атм.	$5 \pm 1,5$ атм.	Давление определено по линиям метана и аммиака. Дан верхний предел осажденной воды. Оценка возможного содержания гелия относится к внешней, надоблачной атмосфере.
	Водород 85 ± 15 км атм. Метан 133 ± 20 м атм. H ₂ O 80 мк	— 2,6 атм.	
	Гелий 26 км атм.	—	
Сатурн	Метан 350 м атм. Водород 190 ± 40 км атм.	—	
Уран	Метан 3500 м атм. Водород 1050 км атм.	—	

трограмма была отождествлена по совпадению ряда известных полос C₂. Однако максимум яркости полосы у $\lambda = 4740$ Å потребовал специального объяснения, так как не было возможности в лаборатории получить аналогичный спектр. Козырев этот сдвиг объясняет тем, что сложная молекула ионизуется под действием жесткой радиации Солнца, и в результате образуется радикал C₂, которому и принадлежит смещенная полоса, не совпадающая с известными в этой области полосами. Так как Козырев сделал на основании этих результатов весьма смелый вывод о внутренней энергии недр Луны и о вулканическом выбросе газов, было принято решение провести повторную обработку этой уникальной спектрограммы. Такую обработку провел А. А. Калиняк, применив метод микрофотометрии. Вывод Козырева был подтвержден.

В связи с развитием ракетной техники и выводом ракет за пределы атмосферы Земли стало возможным получение принципиально новых физических параметров планетных атмосфер и исследование ранее не доступных наблюдению свойств небесных тел. Но при обработке и анализе наблюдений, полученных как с помощью ракет, так и наземными средствами, встречаются большие трудности, которые обусловлены недостатком лабораторных исследований. Эти трудности могут быть устранены экспериментальными работами спектроскопистов-физиков и астрофизиков, интересы которых не только со-

впадают, но и перекрываются в области изучения атомных и молекулярных спектров поглощения и излучения. Следовательно, стоящие перед ними задачи успешно могут быть решены лишь совместными работами в наземных лабораториях. Поэтому, несмотря на огромные успехи в области изучения атмосфер планет с помощью ракетной техники, наземные лаборатории должны сыграть большую роль и ни в какой мере не теряют свое значение для астрофизики.

УДК 543.422
522.61

¹ См. «Природа», 1959, № 3, стр. 84—87.

Эволюционная теория, Дарвин и Ламарк

Г. В. Артемьев
Кандидат биологических наук



Георгий Васильевич Артемьев, доцент кафедры зоологии и дарвинизма Бирского государственного педагогического института (Башкирская АССР). Автор ряда научных работ по вопросам растительной патологии во влажных субтропиках и в Центральном Казахстане, а также по проблеме сельскохозяйственного освоения Крайнего Севера. Последние годы работает над общеметодологическими проблемами эволюционной биологии.

«Как Дарвин положил конец воззрению на виды животных и растений, как на ничем не связанные, случайные, «богом созданные» и неизменяемые, и впервые поставил биологию на вполне научную почву, установив изменимость видов и преемственность между ними,— так и Маркс положил конец воззрению на общество, как на механический агрегат индивидов... установив понятие общественно-экономической формации... установив, что развитие таких формаций есть естественноисторический процесс»¹.

Эти слова, проводящие параллель между Марксом и Дарвином, принадлежат В. И. Ленину. Как справедливо отмечает Ленин, в книге Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора, или переживание благоприятных пород в борьбе за жизнь» впервые на огромном фактическом материале неопровержимо доказано единство происхождения органического мира и то, что причиной многообразия видов и органической целесообразности в живой природе служат не обстоятельства трансцендентального порядка — Бог, Высший Разум и т. д., а саморазвитие органической материи, порождаемое противоречивым единством ее внутренней организации и внешней среды. Этим Дарвин нанес смертельный удар по метафизике и телеологии и совершил тот гносеологический переворот в воззрениях на природу, который послужил началом станов-

ления современной эволюционной биологии.

Открытие Дарвина сразу же было высоко оценено основоположниками философии диалектического материализма Энгельсом и Марксом. Энгельс писал: «Природа является пробным камнем для диалектики, и надо сказать, что современное естествознание... (в лице Дарвина.— Г. А.)... доказало, что в природе все совершается в конечном счете диалектически, а не метафизически»¹.

Маркс подчеркнул, что мысли Дарвина принимаются им как естественноисторическая основа его и Энгельса взглядов². Таким образом, открытие Дарвина вошло неотъемлемой составной частью в круг идей философии диалектического материализма, созданной Марксом и Энгельсом и развитой впоследствии Лениным.

Но как и всякое великое открытие, эволюционная теория Дарвина не возникла из ничего, а имела своих предшественников, которые, хотя и непоследовательно, но с разных сторон приближались к идее развития живой природы, к идее изменчивости видов и происхождению одних из других. В ряду таких предшественников эволюционизма видное место отводится талантливому и разностороннему французскому натуралисту Ламарку.

Жан Батист Ламарк (1744—1829) был автором «Французской флоры», «Системы беспозвоночных животных» и ряда других трудов, доставивших

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 1, стр. 139.

¹ К. Маркс, Ф. Энгельс. Собр. соч., т. 20, стр. 666.

² Там же, т. 30, стр. 102.

ему широкую и заслуженную известность. Не ставя задачи подробно рассказать о всей деятельности талантливого французского ученого, мы остановимся лишь на роли идей Ламарка в развитии эволюционной теории, наиболее полно изложенной им в книге «Философия зоологии», вышедшей в свет в 1809 г.

Дарвин писал, что Ламарку «принадлежит великая заслуга. Он первый остановил всеобщее внимание на возможном предположении, что все изменения в органическом мире происходят на основании законов природы, а не вследствие чудесного вмешательства». Однако, воздав Ламарку должное, здесь же, в подстрочном примечании, Дарвин пишет: «Любопытно, в каких широких размерах мой дед д-р Эразм Дарвин в своей «Зоономии», появившейся в 1794 г., предвосхитил воззрения и ошибочные основания взглядов Ламарка»¹. Так же объективно относился к творчеству Ламарка Энгельс. Высоко оценивая гениальные, поистине пророческие догадки Ламарка, предвосхитившие идею развития, Энгельс отметил в то же время и слабую сторону его учения — телеологизм: «Внутренняя цель в организме прокладывает себе затем, согласно Гегелю, ...путь через посредство влечения. *Pas trop fort...* (это не слишком-то убедительно.— Ред.). И тем не менее в этом суть Ламарка»².

Между тем в период с конца 30-х и вплоть до середины 60-х годов нашего века кое-кто из биологов и философов был склонен поднимать на щит не сильную сторону учения Ламарка — предвидение им эволюционизма, а как раз напротив, положенные им в основу своего учения слабые или даже явно ошибочные принципы: адекватно-приспособительную изменчивость под прямым воздействием внешней среды и наследование «приобретенных признаков». Эти принципы были возведены в ранг основных биологических законов³.

¹ Ч. Дарвин. Соч., т. 3, М., Изд-во АН СССР, 1936, стр. 261—262.

² К. Маркс, Ф. Энгельс. Собр. соч., т. 20, стр. 524.

³ И. И. Прозент. Биолог-материалист Ж. Б. Ламарк. М., Изд-во АН СССР, 1960, стр. 14—20.

Н. И. Фейгинсон, например, писал: «Вопрос о том, наследуются ли приобретенные свойства, является центральным вопросом биологической науки... Биологи, отрицающие наследование приобретаемых признаков и свойств, неизбежно попадают в лагерь идеалистов, реакционеров в науке»¹. Одновременно с неумеренным восхвалением Ламарка развернулась критика мнимых «промахов» и «ошибок» Дарвина («мальтузианство», «недооценка влияния внешней среды», «плоский эволюционизм»), а затем и самих основ дарвинской теории (принципа неопределенной изменчивости, дивергенции, борьбы за существование между особями одного вида).

По меткому замечанию А. Л. Зеликмана, Дарвина стали изображать как «беспомощного в вопросах философии, неграмотного в биологии, бездарного ученика Ламарка»², а их обоих вместе — как провозвестников подлинно научной биологии, называемой «творческим дарвинизмом». Дело дошло до того, что возникновение теории Дарвина вообще перестало рассматриваться как переломная веха в истории биологии и в университетском (I) курсе дарвинизма история биологии развивалась на такие периоды: первый — до Ламарка; второй — после опубликования «Философии зоологии» и третий — от возникновения учения И. В. Мичурина («творческого дарвинизма»)³.

Октябрьский Пленум ЦК КПСС 1964 г. положил конец ненормальному положению в биологии. Однако субъективистский подход к вопросам эволюционной теории и завуалированная пропаганда эклектических псевдодарвинских воззрений не прекращается. Так, например, в извращенном виде преподносятся читателям воззрения страстного борца за дар-

винизм К. А. Тимирязева, которого выставляют в роли почитателя Ламарка, «провозвестника» творческого дарвинизма¹. Удивляет опубликование в вузовском издании лишенной каких-либо экспериментальных оснований, построенной на принципах ламаркизма умозрительной «теории», устанавливающей несуществующую линейную связь между силой воздействия условий внешней среды и формой ответной наследуемой реакции организма². Эта «теория» переключается с фантастической гипотезой о чудодейственных рибосомах и нематричном образовании белка³. В настоящей статье, не претендующей на исчерпывающее освещение темы, мы хотим показать, что при всех частных заслугах Ламарка перед наукой как натуралиста роль его трансформистских воззрений в возникновении современной эволюционной теории явно гипертрофирована. Развитие же идей Ламарка в духе механистического материализма (у механоламаркистов) и в духе откровенного идеализма и телеологии (у психоламаркистов) сыграло в судьбах биологии весьма отрицательную роль.

Бесспорно, что Ламарка можно считать одним из предшественников Дарвина и современного эволюционизма. Однако дарвинизм нельзя рассматривать как простое «оживление гениальной идеи Ламарка», как это, к сожалению, практикуется⁴. Возникновение дарвинизма резко расширило границы объективного познания природы, ознаменовало начало новой эпохи в биологии, стало той переломной вехой, после которой узкие и неверные, но исторически необходимые тропинки продвижения вперед ощутяю сменялись широкой и уверенной дорогой современной эволюционной биологии.

¹ В. И. Колодяжный. Вопросы методологии в трудах Тимирязева. Киев, «Наукова думка», 1965.

² Г. В. Платонов. Философские аспекты изучения живого на молекулярном уровне. М., Изд-во МГУ, 1969.

³ А. Н. Студинский. Разум Вселенной. М., «Молодая гвардия», 1966.

⁴ Ф. Н. Правдин. Дарвинизм. М., «Просвещение», 1968, стр. 31.

О методологических концепциях Ламарка и Дарвина

Философские воззрения Ламарка обычно характеризуют как деизм последовательно материалистического типа. Указывается, что частые упоминания творца были необходимы Ламарку только как камуфляж для защиты от клерикализма¹. Для простоты в научно-популярных книгах и учебных пособиях Ламарк часто без обиняков аттестуется как «биолог-материалист», который первым отстранил творца от участия в изменчивости видов, признавал развитие природы по «естественным законам», был чужд агностицизма и телеологии, выступал против любых форм креационизма², витализма и пр. Тенденции изображать Ламарка последовательным материалистом не избежал, к сожалению, и столь серьезный зоолог-дарвинист, как И. И. Пузанов³. Однако И. М. Поляков все же был вынужден признать, что Ламарку, который «без конца повторяет... свой тезис о пассивности материи...» «...делает шаг назад по сравнению с Дидро, Гольбахом и др.»⁴. В. В. Лункевич характеризует Ламарка как бесспорного дуалиста⁵. Конечно, история знает много примеров, когда естествоиспытатель, высказывая те или иные ошибочные философские суждения, самой сущностью своих открытий на деле доказывал совершенно другое. Так, например, останавливаясь на деятельности Э. Геккеля, активно пропагандировавшего материалистические принципы эволюционизма, Ленин указывал: «...особенно характерно...»

что Геккель сам отрекается от материализма... не желает рвать с философами, но то, что он излагает... абсолютно не мирится ни с какими оттенками господствующего философского идеализма»¹. Однако фундаментальные естественнонаучные положения, выдвинутые Ламарком, — «закон прогрессивного развития» (образование «градаций») и адекватноприспособительная изменчивость, основанная на изначально целесообразной реакции организмов на условия внешней среды, — не вступает в противоречие с высказываемыми им мировоззренческими положениями.

Квадратный камень последних — убеждение в двойственности первоосновы всего сущего, слагающегося из инертной материи и деятельной нематериальной Природы, под которой Ламарк подразумевает «порядок вещей» — движение и управляющие им законы, установленные творцом. Излагая учение Ламарка, обычно настойчиво подчеркивают, что его ведущий принцип — формообразующее действие внешней среды. Но в действительности, по Ламарку, возникновение основных ступеней развития — «градаций» — не исторично и обусловлено не воздействием внешней среды, а проявлением «силы жизни» — предустановленного творцом «внутреннего стремления живого к прогрессу», обуславливающего постоянный путь развития от простого к сложному. Влияние внешней среды способно затрагивать только «второстепенную способность живого» — уклоняться от «градаций», образуя «приспособления»².

Таким образом и здесь, в вопросах о факторах развития, Ламарк выступает как дуалист, а его «эволюция» — не как создающее начало, а как начало, разрушающее гармонию, предустановленную творцом. «Градации» Ламарка — это не что иное, как «лестница сущего», впервые увиденная Аристотелем, вновь ожившая

вместе с монадологией¹ Лейбница и прочно вошедшая в представления натуралистов XVII—XVIII вв., в частности Ш. Бонье, воззрения которого оказали заметное влияние на Ламарка. Отличие состоит лишь в том, что Ламарк наделил сущего, располагающиеся на ступенях лестницы «предустановленного порядка вещей», предустановленной же способностью перемещаться со ступеньки на ступеньку снизу вверх.

По Ламарку, «было бы заблуждением приписывать природе цель, какую-либо преднамеренность в ее действиях», но только потому, что «если нам кажется, будто результаты действий природы отвечают заранее поставленным целям, то это происходит (в силу разнообразных обстоятельств, подчиненных постоянным законам.— Г. А.)... сотворенными Верховным Творцом для достижения поставленной им перед собой цели²...» Телеология налицо: природа и ее «естественные законы» выступают здесь как инструмент выполнения высшей цели Верховного Существа, всеобщей гармонии, абсолютной целесообразности, отраженной в «градациях». Метафизическая ограниченность мышления и здесь не позволила Ламарку вырваться за пределы телеологии и привела его к отрицанию реального существования видов и отрицанию их вымирания. Воззрения Ламарка на трансформацию живой природы прямо вытекают из его идейного кредо, сформулированного в следующих словах: «Без сомнения, все существует лишь по воле Всемогущего Творца всех вещей... Разве безграничное могущество Творца не могло создать порядок вещей, обусловивший постепенное возникновение всего того, что мы видим?... Почитая законы этой бесконечной мудрости, я ограничусь

¹ И. М. Поляков, Эволюционное учение Ламарка. В кн.: Ламарк. Избр. произведения, т. II, М., Изд-во АН СССР, 1956, стр. 689.

² Креационизм (от лат. creatio — создание) — учение о сотворении мира, живой и неживой природы в едином творческом акте.

³ И. И. Пузанов, Ж. Б. Ламарк, М., Учпедгиз, 1960, стр. 38.

⁴ И. М. Поляков, цит. соч., стр. 682—684.

⁵ В. В. Лункевич. От Гераклита до Дарвина, т. II, М., Учпедгиз, 1960, стр. 280.

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 371.

² Ж. Б. Ламарк. Избр. произведения, т. II, М., Изд-во АН СССР, 1959, стр. 313—326.

¹ Монада (от греч. *μοναδα* — единица) — философский термин, означающий структурную, субстанциальную единицу бытия. Монады у Лейбница — это простые, неделимые, духовные субстанции, «элементы вещей», возникающие из непрерывных «излучений божества», которое представляет собой первичную монаду. Монады, полагал Лейбниц, обладают способностью непрерывной деятельности.

² Ж. Б. Ламарк, цит. соч., стр. 245.

ролью простого наблюдателя природы. И если мне будет дано хоть отчасти постичь путь, которым шла природа, создавая свои произведения, я скажу, не боясь ошибиться, что Творцу было угодно наделить ее этой способностью и этим могуществом»¹. (Здесь и далее подчеркнуто нами.— Г. А.)

Для иллюстрации того, какая пропасть отделяет эту веру Ламарка от убеждений Дарвина, приведем высказывание последнего, в котором Дарвин как бы отвечает на теологические построения Ламарка: «Руководствуясь обычной точкой зрения..., мы можем лишь сказать, что Творцу было угодно повелеть, чтобы бывшие и настоящие обитатели земли появились в известном порядке... Но, утверждая это, мы не приобретаем новых познаний, мы не связываем факты с законами, мы не объясняем ничего»².

Любопытным примером предвзятости субъективистских оценок, дававшихся еще недавно, может служить то, что воззрения Дарвина, столь четко сформулировавшего несовместимость познания с признанием идеи творца и на деле изгнавшего эту идею из биологии, расценивались как «сложившиеся под влиянием агностического позитивизма»³. В то же время воззрения Ламарка, удовлетворявшегося формулой «так благоугодно Творцу» и писавшего, что «источник, из которого берут начало (природа и ее компоненты.— Г. А.)... непостижим для нас»⁴, объявлялись «чуждыми агностицизма»!

Отнесение Энгельсом теории Дарвина к трем величайшим открытиям XIX столетия⁵, характеристика «Происхождения видов» как произведения, составившего эпоху⁶, защита Дарвина от спекулятивных обвинений в «мальтузианстве», выдвинутых Дюрингом⁷ и всячески раздувавших-

ся еще недавно сторонниками псевдодарвинизма, признание Марксом воззрений Дарвина естественноисторической основой своих взглядов, высказывавшееся им же желание посвятить Дарвину 2-й том «Капитала», проведение Энгельсом аналогии между значением вкладов Дарвина и Маркса в общую сокровищницу человеческих знаний¹— таково далеко не полное перечисление фактов, не оставляющих сомнения в созвучии идей великого натуралиста с диалектикой — материалистическими представлениями его гениальных современников.

Краеугольным камнем, лежащим в основе дарвинизма, служит вскрытое Дарвином диалектическое единство случайности и необходимости в виде неопределенного, объективно случайного характера индивидуальных наследственных уклонений, подвергающихся естественному отбору и приводящему с железной необходимостью к органической целесообразности — возникновения приспособлений. Именно это решение позволило Дарвину вырваться за рамки телеологического детерминизма и объяснить эволюцию живой природы, исходя из противоречивого единства и борьбы «внутреннего» и «внешнего» в развитии организма и среды. Ленин писал: «Раздвоение единого и познание противоречивых частей его... есть суть... диалектики...»². «Условие познания всех процессов мира в их «самодвижении», в их спонтанном развитии, в их живой жизни, есть познание их как единства противоположностей... Две основные... концепции развития (эволюции) суть: развитие как уменьшение и увеличение, как повторение, и развитие, как единство противоположностей... При первой концепции остается в тени с а м о движение, его д в и г а т е л ь н а я сила, его источник, его мотив (или сей источник переносится во вне — бог, субъект, etc.). При второй концепции главное внимание устремляется именно на познание источника «с а м о д в и ж е н и я».

Первая концепция мертва, бледна, суха. Вторая — жизненна. Т о л ь к о вторая дает ключ к «скачкам», к «перерыву постепенности»... к уничтожению старого и возникновению нового»¹.

Принципы, на которых построена теория Дарвина: раздвоение сущего на внутреннее (природа организма) и внешнее (природа условий); борьба за существование как выражение противоречивого единства этих частей и вытекающее отсюда следствие — естественный отбор; единство случайности (возникновения индивидуальных уклонений) и необходимости (развития вследствие действия естественного отбора); единство непрерывности (эволюции) и дискретности (реально существующих обособленных видов) и т. д. Эти принципы вскрывают механизм самодвижения органической материи и, отражая объективную диалектику природы, делают дарвинизм и диалектический материализм неотделимыми друг от друга.

Из этих положений вытекает полная методологическая несовместимость дарвинизма и ламаркизма по стержневому вопросу теории развития, источник которого Ламарк видел лежащим вне материи — в постоянных законах, установленных творцом. Как ни странно, но эту методологическую несовместимость дарвинизма и ламаркизма до сих пор не могут еще понять авторы некоторых работ по философским вопросам биологии². Однако эту несовместимость ясно представлял Дарвин, указавший в письме к Ч. Лайелю: «Платон, Бюффон, мой дед до Ламарка принимали как очевидное мнение, что если виды не созданы отдельно, то они должны происходить от других. Вот все, что я нахожу общего между «Происхождением видов» и Ламарком». И, как бы предвосхищая замечание Энгельса о «сути Ламарка», Дарвин в письме к Д. Гукеру писал в 1844 г.: «Боже, избави меня от Ламарковских бессмыслиц вроде «склонности к прогрессу», «приспо-

¹ Ж. Б. Ламарк. Избр. произведения, т. I, 1955, стр. 228.

² Ч. Дарвин. Соч., т. 4, стр. 105.

³ Ф. Л. Дворянкин. Дарвинизм. М., Изд-во МГУ, 1964, стр. 203.

⁴ Ж. Б. Ламарк. Избр. произведения, т. II, стр. 378—379.

⁵ К. Маркс, Ф. Энгельс. Собр. соч., т. 20, стр. 511—512.

⁶ Там же, т. 20, стр. 535.

⁷ Там же, т. 20, стр. 69.

¹ Там же, т. 19, стр. 350.

² Там же, т. 29, стр. 316.

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 317.

² Г. В. Платонов. Догмы старые и догмы новые. «Октябрь», 1965, № 8.

собления вследствие медленного действия воли животного» и т. п.»¹. Однако, подобно тому как объективная недостаточность знаний его эпохи не позволила Ламарку вскрыть материальные движущие силы эволюции, так слабость эпохи Дарвина — полная неизученность природы и механизмов наследственности и изменчивости — не позволила Дарвину полностью освободиться от некоторых ошибок Ламарка. Это и было использовано некоторыми для того, чтобы, опираясь на Дарвина, во-первых, возвести ошибки Ламарка и свои собственные в ранг объективной истины и, во-вторых, представить Дарвина единомышленником Ламарка.

О «признании» Дарвином принципов ламаркизма

Еще недавно в некоторых работах утверждалось, будто бы Дарвин, в начале якобы отрицавший все пути образования видов, кроме естественного отбора, впоследствии убеждается в своей ошибке и начинает придавать все большее значение прямому направленному влиянию внешней среды, т. е. ведущему принципу ламаркизма². Это не так. Величайшей заслугой Дарвина явилось то, что из всех многообразных проявлений изменчивости (т. е. разнокачественности особей одного поколения) он первый сумел вычленить индивидуальную неопределенную изменчивость как источник новообразований, подпадающих под действие отбора. В последующем развитии науки это вылилось в современные представления о возникновении первичного материала для отбора в виде фенотипического проявления мутаций, возникших у предшествующих поколений и переработанных в процессе панмиксии (неизбирательного скрещивания внутри популяции). Однако, правильно определив природу

неопределенной изменчивости как результат ненаправленного («неопределенного») взаимодействия организма и среды, Дарвин, в силу отмеченной выше неизученности явлений наследственности, не смог столь же успешно решить вопрос об определенной изменчивости. Как известно, понадобилось почти сто лет упорного труда и весь арсенал современных генетических представлений, чтобы на основе созданной И. И. Шмальгаузен теории стабилизирующего отбора вскрыть наследственную природу определенной изменчивости (модификации) как исторически сложившейся нормы реакции организма на колеблющиеся условия внешней среды, и показав механизм замены фенотипа его генокопией¹, диалектически снять знаменитую альтернативу Г. Спенсера — «или есть наследование приобретенных признаков, или нет эволюции».

Несмотря на великолепное по своей прозорливости замечание — «быть может самая верная точка зрения на этот предмет (о наследовании. — Г. А.) заключается в том, чтобы считать наследование каждого признака правилом, а ненаследование — исключением»², Дарвин, как и все естествоиспытатели (в том числе и Ламарк), вплоть до поры создания теории стабилизирующего отбора, принимал определенную, изменчивость за новообразование и, следовательно, был вынужден признать и прямое направленное формообразующее действие внешней среды. Однако, указывая, что «естественный отбор был самым важным, но не исключительным фактором изменения»³, т. е. делая определенную уступку принципу ламаркизма, Дарвин не мог не сознавать, что признание адекватно-приспособительной изменчивости подрывает основы его теории и устраняет в конечном итоге

саму необходимость естественного отбора. Это, кстати, подметил и Энгельс, указавший, что «геккелевские «приспособление и наследственность» и могут обеспечить весь процесс развития, не нуждаясь в отборе»¹... Поэтому на протяжении всей своей деятельности Дарвин неоднократно возвращается к вопросу о влиянии внешней среды, высказывает по этому вопросу различные, иногда противоречивые суждения, показывающие, однако, что он не только не «приходит постепенно к Ламарку», но, напротив, до конца жизни не перестает чувствовать слабость своей позиции в этом отношении и внутренне протестовать против своих же компромиссных высказываний.

Так, еще в 1856 г. в письме к Д. Гукеру Дарвин пишет: «Внешние условия сами по себе имеют весьма мало значения». В 1857 г. в письме к А. Уоллесу он говорил: «Я абсолютно согласен с Вами относительно незначительного действия «климатических условий», на которые ссылаются во всех книгах *«ad nauseam»* (до тошноты)². В 1862 г. в письме к Д. Гукеру Дарвин признается: «В течение многих лет я борюсь с самим собой за то, чтобы не приписывать чересчур многое естественному отбору, приписывать что-то и прямому действию условий, и, возможно, я слишком сильно подавил свою склонность почти не принимать во внимание условия жизни»³. Несколько позже Дарвин сетует: «Не знаю, почему я несколько огорчен, но моя теперешняя работа (изменение при одомашнивании. — Г. А.) приводит меня к значительно большему допущению прямого действия физических условий. Вероятно, что я жалею об этом, ибо это умаляет славу естественного отбора и потому чертовски сомнительно»⁴. 19 июля 1881 г., т. е. менее чем за год до смерти, Дарвин писал по поводу работ Г. Гофмана, пытавшегося вызвать наследуемые уклонения у растений: «... поистине удивительно, сколь ма-

¹ Цит. по кн.: М. А. Энгельсгардт. Ч. Дарвин, СПб, 1894, стр. 59.

² Н. И. Нуждин. Значение работы Дарвина «Изменение растений и животных». В кн.: Ч. Дарвин. Соч., т. 4, стр. 24.

¹ И. И. Шмальгаузен. Пути и закономерности эволюционного процесса. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1940; И. И. Шмальгаузен. Факторы эволюции. М., «Советская наука», 1946; С. С. Шварц. Принцип оптимального фенотипа. «Общая биология», т. XXIX, 1968, № 1.

² Ч. Дарвин. Соч., т. 3, стр. 279.

³ Там же, т. 3, стр. 273.

¹ К. Маркс, Ф. Энгельс. Собр. соч., т. 20, стр. 621.

² Ч. Дарвин. Соч., т. 4, стр. 22.

³ Ч. Дарвин. Избранные письма М., ИЛ, 1950, стр. 158.

⁴ Там же, стр. 166.

лое действие он произвел... Несомненно, я первоначально приписывал слишком мало значения прямому действию условий существования, но статья Гофмана поколебала меня. Быть может, необходимо воздействие на сотни поколений. Это очень запутанный вопрос... (Имеются свидетельства в пользу того, что.— Г. А.)... поразительные изменения почти всех культурных растений должны быть приписаны отбору и выведению от варьирующих особей. Эта мысль приходила мне на ум много лет назад, но я побоялся опубликовать ее, чтобы не говорили — «как он преувеличивает значение отбора»¹.

Везде, где заходит речь о наследовании «приобретенных признаков», Дарвин проявляет большую осторожность и предпочитает высказываться в предположительной, но не утвердительной форме. Не считая возможным Дарвин опираться и на явления «наследования», возникающие при прививках и послужившие впоследствии для создания якобы «мичуринской» теории вегетативной гибридизации, возможность которой по существу отрицал и сам И. В. Мичурин².

Все это, как видим, противоречит версии о «приходе» Дарвина к ламаркизму. Конечно, в сочинениях и в переписке Дарвина можно выискать противоречивые места и по различному комментировать, «признавал» или «не признавал» он наследование прямого воздействия внешней среды. Главное состоит в том, что никакие ссылки на столетней давности высказывания Дарвина, даже если некоторые из них и были ошибочными, не могут ни умалить величия сделанного им открытия, ни изменить фактического состояния современной науки.

Современные же представления о ненаправленном возникновении мутаций, стабилизирующем отборе и замене модификаций их генокопиями лежат целиком в русле дарвини-

стских представлений о творческой роли естественного отбора и укрепляют дарвинизм. В то же время они снимают свойственное ламаркистским и псевдодарвинистским воззрениям априорное отождествление онтогенетической приспособляемости и филогенетического приспособления организмов к условиям внешней среды.

О причинах непризнания Ламарка современниками

Весьма часто утверждается (к сожалению, и в наши дни), что трансформистские идеи Ламарка прошли незамеченными и были забыты потому, что они намного опередили свою эпоху и не могли быть поняты современниками¹. Что касается до собственноручных положений Ламарка об изменчивости органических форм и вызывающих ее факторах, то они высказывались уже задолго до него, а в его время, как правильно отмечает И. И. Пузанов, стали ходячими представлениями, «вытекали из тогдашнего состояния науки и как бы носились в воздухе. Ламарк со свойственной ему энергией собрал и объединил эти идеи в одну цельную теорию»². Больше того. Разносторонность интересов, самобытность, склонность к дедукции и чрезвычайная живость фантазии помешали Ламарку составить углубленное представление о современном ему состоянии вопроса. Это привело к тому, что не современники у Ламарка, а Ламарк у своих современников-натуралистов не увидел и не использовал передовые идеи того времени. Так, например, уже в книге Де Мелье «Телеамед», вышедшей в свет в 1749 г., развивавшей представления древних о зарождении жизни в воде и о превращении летающих рыб в птиц, а придонных — в ползающих наземных животных, содержится намек на оставшуюся недоступной Ламарку идею отбора. Автор пишет: «Пусть сто миллионов из них погибло, не будучи в состоянии привыкнуть к новой среде; доста-

точно это сделать двоим, чтобы возник новый вид»³.

Утверждения, совершенно аналогичные ламарковским, можно найти у Ж. Бюффона (1707—1788), его ученика П. Кабаниса (1757—1808), а также у Эразма Дарвина (1731—1802), который в «Зоономии» и «Храме природы» прямо пишет об изменчивости, вызываемой пищей и климатическими условиями, отклонениях в эмбриональном развитии вследствие влияния внешних условий на материнский организм, отмечает огромную роль упражнения и неупражнения органов, подчеркивает наследование приобретенных признаков, а также привычек, порождаемых новыми потребностями⁴. При этом у Эразма Дарвина мы находим многое из того, что не было замечено Ламарком, — указания на мимикрию, половой подбор и др.⁵. Кабанис писал, что если представить условия, к которым должны были приравливаются расы, то «вряд ли можно серьезно считать чем-то невозможным первоначальное возникновение крупных животных от животных микроскопических»⁶. «Хорошо известен приводимый Бюффоном пример верблюда, который приобрел горбы под влиянием выюка, давившего на спины бесчисленных поколений, и мозоли на суставах передних ног от частого опускания на колени при погрузке»⁷.

В 1802 г. Г. Тревиранус (1778—1837) в книге «Биология, или философия живой природы» впервые употребляет приписываемый Ламарку термин «биология». Утверждая в природе существование «вечно деятельной и неуничтожаемой материи»⁸, Тревиранус пишет: «природа постепенно переходит от простого к сложному (и) может достигнуть высоких ступеней организации», т. е. за 7 лет до Ламарка формулирует ту мысль, которая в некоторых учебниках по дарвинизму аттестуется как гениаль-

¹ Цит. по кн.: В. В. Лунжев и ч., цит. соч., стр. 172.

² Там же, стр. 184.

³ И. И. Пузанов, цит. соч., стр. 156.

⁴ Там же, стр. 155.

⁵ Там же, стр. 154.

⁶ В. В. Лунжев и ч., цит. соч., стр. 175.

¹ Ч. Дарвин. Избранные письма, стр. 286—287.

² С. Я. Краевой. Возможна ли вегетативная гибридизация. М., «Наука», 1967, стр. 129.

¹ Ф. Н. Правдин, цит. соч., стр. 31.

² И. И. Пузанов, цит. соч., стр. 157.

ная и впервые в мире высказанная Ламарком¹.

Невозможно расценивать как прогрессивные для своего времени и представления Ламарка о происхождении человека. Допустив, что некая гипотетическая порода «четвероногих» (т. е. обезьян) в результате «внутренней потребности» к общению и установившихся новых привычек приобрела прямохождение и способность к членораздельной речи, свойственные человеку, Ламарк пишет: «Вот какие выводы можно было бы сделать, если бы человек... отличался от животных только признаками своей организации и если бы его происхождение не было бы иным, чем у них»² (подчеркнуто нами.— Г. А.).

Оговорка, сделанная Ламарком, не упускающим случая восславить творца, доказывает, что он в своих убеждениях недалеко ушел от креациониста Линнея, который, восклицая: «О, сколь похожа на нас зверь гнусный, обезьяна!»,—так же как и все натуралисты, начиная от Аристотеля, видел сходство человекообразных обезьян с человеком, поместил человека в отряд приматов, но снабдил это (аналогично Ламарку) примечанием «Memento Creatoris Tui!» (помни твоего Творца!).

Для сравнения можно указать, что задолго до опубликования своего труда «Происхождение человека и половой отбор» Дарвин писал: «Я думаю, было бы нечестно полностью скрывать свое мнение. Конечно, каждый волен верить, что человек появился вследствие особого чуда, однако я не вижу ни необходимости, ни вероятности этого»³ (подчеркнуто нами.— Г. А.).

Приведенное выше, как нам кажется, убедительно говорит о том, что не признание трансформистских идей Ламарка современниками было вызвано отнюдь не громадным опережающим характером этих идей, а их тривиальностью и необоснованностью фактическим материалом. Кроме того, Ламарк скомпрометиро-

вал себя как ученый своими дилетантскими занятиями в разных областях, неудачными прогнозами погоды, слабыми химическими лекциями, яростной борьбой с окислительной теорией Лавуазье и т. д. Неудивительно поэтому, что даже то «рациональное зерно», которое содержалось в обобщающих сочинениях Ламарка (идея трансформизма), осталось не оцененным до тех пор, пока могучая волна дарвинизма, сметающая креационизм, не вынесла на своем гребне идеи Ламарка, казавшиеся в тот момент созвучными дарвинизму.

О прогрессивной роли и некоторых социально-исторических корреляциях ламаркизма и дарвинизма

Пройдя незамеченной научной общественностью, «Философия зоологии» Ламарка при ее выходе в свет (1809) отнюдь не способствовала ослаблению позиций креационизма и популяризации трансформизма.

Более того, домыслы Ламарка по поводу образования рогов у оленей под воздействием флюидов, притекающих к голове от ярости при виде соперника в период гона, вытягивания шеи у береговых птиц вследствие нежелания замочить ноги и т. п., вызывали насмешки и только компрометировали идею трансформизма в глазах натуралистов и просвещенных слоев общества, и без того решительно склонявшихся под влиянием авторитета Ж. Кювье в пользу неизменяемости видов. Подобную же роль сыграла вышедшая в 1844 г. книга анонима (оказавшегося впоследствии известным шотландским публицистом Р. Чемберсом) «Следы естественной истории творения». Написанная живым и доступным языком, книга Чемберса завоевала широкую популярность и выдержала несколько изданий. Однако высказываемые в ней идеи были совершенно бездо-

казательными в научном отношении, как, например, предположение об электрическом происхождении деревьев, основанное на том, что молнии во время сильной грозы часто имеют ветвистую форму!

Как писал один из современников и биографов Дарвина М. А. Энгельгардт, «эволюционисты вроде Ламарка и Чемберса действовали в ущерб своей идее... Вместо того, чтобы готовить ученый мир к приему теории, они только компрометировали ее своими фантазиями»¹. В период, предшествовавший «Происхождению видов», как указывает А. Д. Некрасов, «стало казаться, что вообще быть «трансмутационистом», т. е. сторонником превращения эволюции видов, значило отдать самую безудержную фантазию... Оказаться в одной компании с Чемберсом и Ламарком не могло быть приятным (для Дарвина)»². Что это именно так, подтверждают слова самого Дарвина в письме к Д. Гуке-ру в 1849 г.: «Ламарк... не отрицал изменчивости видов, но он своим нелепым, хотя и талантливым трудом повредил делу, так же, как мистер «следы»³. Столь же определенно высказывался Дарвин 10 лет спустя в письме к Ч. Лайелю: «Вы считаете мои воззрения видоизмененным учением Ламарка... Представлять дело в таком виде, как Вы его представляете, значит вредить приему теории, так как Ваша точка зрения ставит взгляды Уоллеса и мои в связь с книгой, которую я после двухкратного внимательного чтения должен признать жалкой книгой и из которой я, к своему величайшему изумлению, ничего не мог вынести»⁴. Эти слова Дарвина в сопоставлении с высокой оценкой Ламарка в «Историческом очерке» к «Происхождению видов» показывают, что Дарвин отчетливо сознавал и плюсы и минусы в воззрениях своего предшественника.

¹ М. А. Энгельгардт, цит. соч., стр. 59.

² В кн.: Ч. Дарвин. Соч., т. 3, стр. 50.

³ Ч. Дарвин. Избранные письма, стр. 47.

⁴ Цит. по кн.: М. А. Энгельгардт, цит. соч., стр. 59.

¹ Ф. Н. Пrawdин, цит. соч., стр. 31.

² Ж. Б. Ламарк. Избр. произведения, т. 1, стр. 429.

³ Ч. Дарвин. Избранные письма, стр. 117.

При всей гениальности высказанных им догадок, воззрения Ламарка, обобщенные им в «Философии зоологии», не получив признания современников, не ускорили крушения креационизма и победы эволюционизма. В противоположность этому дарвинизм пробил последнюю сокрушительную брешь в твердыне метафизического естествознания и, с самого начала, объективно связав свою судьбу с философией диалектического материализма, ознаменовал начало новой эпохи в биологии. Сравнивая забытые воззрения Ламарка и получившие всеобщее признание положения Дарвина, К. А. Тимирязев писал: «Неудивительно, что судьба двух учений была столь различна — она вполне соответствовала их внутренней ценности. Идеи Ламарка не могли убедить не только таких (религиозно настроенных.—Г. А.) ученых, как Бэр, как Агассис, как Оуэн... но и представителя наиболее передового течения научной мысли, каким был Лайель»¹.

Учение же Дарвина переросло рамки научной теории и стало одним из мощных рычагов воинствующего антиклерикализма и атеизма.

Чем же объяснить, что одновременно с признанием дарвинизма извлекаются из забвения и получают распространение отвергнутые идеи Ламарка, которому в 1909 г. в Париже торжественно воздвигается памятник с многозначительной надписью, вложенной в уста одной из дочерей Ламарка — Корнелии: «Потомство отомстит за Вас, отец!»?

Причина этого кроется прежде всего в самом возникновении и победе дарвинизма. Как справедливо отмечал Энгельс, «Дарвин и его последователи были первые, кто вновь поднял его (т. е. Ламарка.—Г. А.) на щит»². Однако победа дарвинизма выразилась в форме признания идей эволюционизма вообще, что заслонило собой центральную в методологическом отношении дарвинскую идею о творческой роли естественного отбора, объективно случайных

(неопределенных) отклонений. Даже Энгельс, наиболее глубоко разобравшийся во вскрытом Дарвином единстве случайности и необходимости в эволюции, писал: «В учении Дарвина я принимаю теории развития, дарвиновский же способ доказательства (борьбу за существование, естественный отбор) считаю всего лишь первым, временным, несовершенным выражением только что открытого факта»¹. Недостаточно четкая позиция Дарвина в отношении унаследования результатов влияния внешней среды привела к возникновению мнения об общности взглядов Ламарка и Дарвина в этом вопросе, к ламаркистской интерпретации дарвинизма и к возникновению неоламаркистской концепции Г. Спенсера («раньше приспособление — потом отбор»).

Наряду с этими причинами, которые могут быть охарактеризованы как заблуждение, в возвеличении Ламарка немалую роль сыграли обстоятельства, лежащие вне науки: шовинизм французских и реакционность немецких научных кругов. По поводу открытия памятника Ламарку Тимирязев писал: «Это, с виду внушаемое только чувством справедливости, желание восстановить Ламарка в его законных правах оказывается одним из проявлений плохо скрываемого стремления умалить или даже совсем уничтожить значение учения Дарвина,—стремления, внушенного тем реакционным течением европейской мысли, которое тщетно пытается дать отпор научному мировоззрению, завоевывающему все новые и новые области знания»².

Воззрения Ламарка в последующем стали источником формирования различных антидарвинистских течений, в возникновении которых не меньшую роль, чем поиск объективной истины, играла скрытая или явная неприязнь к дарвинизму. Последняя особенно обострилась после Октябрьской революции, когда дарвинизм, близкий по методологии диалектическому материализму, прочно ассоциировался в глазах многих ученых с непри-

емлемой для них идеологией коммунизма. Не случайно поэтому до настоящего времени в США, ЮАР и других капиталистических странах предпринимаются попытки запретить преподавание дарвинизма, поскольку, по мнению клерикалов, преподаватели дарвинизма «занимаются по существу подрывной деятельностью»¹.

Как это ни странно, но диалектико-материалистическая сущность дарвинизма, отлично осознаваемая реакционными силами за рубежом, остается, к сожалению, непонятой некоторыми отечественными учеными. Так, в широкой печати до сих пор пропагандируются механоламаркистские представления², считается положительным то, что после августовской сессии ВАСХНИЛ 1948 г. дарвинизм «перестал изображаться «как марксизм-ленинизм в биологии»»³.

Советские биологи, стоявшие на позициях дарвинизма, на протяжении многих лет лидировали в развитии мировой эволюционной биологии и обогащали ее выдающимися открытиями. Сюда относится, например, теория биологического прогресса и теория филогенеза акад. А. Н. Северцова⁴, теория стабилизирующего отбора и теория хологенеза акад. И. И. Шмальгаузена, которые предвосхитили современный кибернетический подход к онто- и филогенезу и к процессу эволюции⁵; блестящие работы советской генетической школы Н. К. Кольцова, в том числе С. С. Четверикова, заложившего основы популяционной генетики⁶; закон го-

¹ «Известия», 19 апреля 1967 г.; «Литературная газета», 1 января 1969 г.

² Г. В. Никольский. Вид и видообразование. М., «Знание», 1962.

³ За партийную принципиальность в науке. «Октябрь», 1966, № 2, стр. 152.

⁴ А. Н. Северцов. Морфологические закономерности эволюции. Изд-во АН СССР, 1939.

⁵ И. И. Шмальгаузен. Факторы эволюции. М., «Советская наука», 1946; он же. Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии. М., Изд-во АН СССР, 1942; он же. Кибернетические вопросы биологии. Новосибирск, «Наука», Л., 1966.

⁶ С. С. Четвериков. О некоторых моментах эволюционного процесса. «Бюллетень МОИП»; т. LXX, 1965, вып. 4.

¹ К. А. Тимирязев. Избр. соч., т. IV, М., Сельхозгиз, 1949, стр. 248.

² К. Маркс, Ф. Энгельс. Собр. соч., т. 20, стр. 74.

¹ Там же, т. 34, стр. 133.

² К. А. Тимирязев, цит. соч., стр. 236.

мологических рядов в наследственной изменчивости Н. И. Вавилова¹ и др.

Биологи псевдодарвинистского, эклектического механоламаркистского направления не преумножили славы отечественной биологии и ничего не внесли в современную мировую науку. Предпринимавшие ими попытки создания собственных сенсационных теорий — «порождения» и «закона жизни» вида², образования клеток из «живого вещества»³, превращения вирусов в бактерии и наоборот⁴ и т. д., потерпели вполне закономерный крах, так как не опирались на факты и искали опору в идейном багаже ламаркизма. С устранением преимущественного положения этого направления после октябрьского Пленума ЦК КПСС 1964 г. советская эволюционная биология, опираясь на дарвинистское направление, вновь

выходит на передовые рубежи мировой биологии.

*

Суммируя изложенное, можно сказать, что ленинская оценка роли Дарвина в становлении современной научной биологии отражает объективную историческую истину — гносеологический переворот в биологии, совершенный стихийными диалектико-материалистическими представлениями Дарвина, развитыми им в «Происхождении видов путем естественного отбора».

Ни по своей гносеологической сущности, ни по фактическому естественнонаучному содержанию чисто умозрительные представления Ламарка не имеют ничего общего с научно аргументированными представлениями Дарвина об историческом развитии органического мира как форме самодвижения органической материи. Поэтому, опираясь на высказывания самого Дарвина, нет никаких оснований изображать теорию Дарвина как простое развитие или «оживление» эволюционных идей, впервые высказанных Ламарком.

Взгляды Ламарка, включающие элементы дуализма, явились шагом назад в философском отношении по сравнению с передовыми воззрениями его эпохи — деизмом французских материалистов-энциклопедистов и могут быть охарактеризованы как эклектические.

Современная наука не подтвердила основополагающих представлений Ламарка об адекватно-приспособительной изменчивости и наследовании приобретенных свойств. Поэтому нет никаких оснований называть его воззрения «теорией», это лишь «гипотеза», не подтвержденная последующим развитием науки.

Установившаяся традиция изображать Ламарка прямым идейным предшественником Дарвина и создателем «первой эволюционной теории», а дарвинизм простым развитием или «оживлением» гениальной идеи Ламарка, обесценивает гносеологическое значение переворота в науке, совершенного Дарвином, и, искажая объективную историческую и естественнонаучную истину, должна быть изжита.

УДК 576.11

Новые книги

БИОЛОГИЯ

Гэйто Дж. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ПСИХОБИОЛОГИЯ. Пер. с англ. Под ред. Л. В. Крушинского и К. Г. Романовой. М., «Мир», 1969, 275 стр., ц. 1 р. 22 к.

Крылов Г. В. и Салатова Н. Г. ИСТОРИЯ БОТАНИЧЕСКИХ И ЛЕСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СИБИРИ И НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ. Новосибирск, «Наука», 275 стр., ц. 2 р. 32 к.

МОЛЕКУЛЫ И КЛЕТКИ. Сб. ст. Вып. 4. Пер. с англ. Под ред. и с предисл. Г. М. Франка. М., «Мир», 1969, 238 стр., ц. 1 р. 19 к.

Сало В. М. ВИТАМИНЫ И ЖИЗНЬ. М., «Наука», 1969, 173 стр., ц. 53 к.

Сунсон К., Мерц Т. и Янг У. ЦИТОГЕНЕТИКА. Пер. с англ. Под ред. и с предисл. А. А. Прокофьевой-Бель-

говской. М., «Мир», 1969, 280 стр., ц. 1 р. 04 к.

Фатеев К. Я. МИГРАЦИЯ ЗВЕРЕЙ. М., «Лесная промышленность», 1969, 72 стр., ц. 25 к.

Филиппович Ю. В. ОСНОВЫ БИОХИМИИ. М., «Высш. школа», 1969, 574 стр., ц. 1 р.

Шмальгаузен И. И. ПРОБЛЕМЫ ДАРВИНИЗМА. Изд. 2-е, переработ. и доп. Отв. ред. А. В. Иванов и И. М. Медведева. Л., «Наука», 1969, 494 стр., ц. 3 р. 13 к.

ГЕОЛОГИЯ, ГЕОГРАФИЯ

АТЛАС АНТАРКТИДЫ. Т. 2. Глав. ред. Е. И. Толстиков. Л., Гидрометеиздат, 1969, 598 стр., ц. 3 р. 80 к.

Будыко М. И. ПОЛЯРНЫЕ ЛЬДЫ И КЛИМАТ. Л., Гидрометеиздат, 1969, 36 стр., ц. 15 к.

Нансен Ф. В СТРАНУ БУДУЩЕГО. ВЕЛИКИЙ СЕВЕРНЫЙ ПУТЬ ИЗ ЕВРОПЫ В СИБИРЬ ЧЕРЕЗ КАРСКОЕ МОРЕ. Авториз. перевод с норвежск. Магадан. книж. изд-во, 1969, 303 стр., ц. 93 к.

Святловский А. ВУЛКАНЫ СЛУЖАТ ЛЮДЯМ. Владивосток. Дальневосточ. кн. изд., 1969, 135 стр., ц. 32 к.

СОВЕТСКИЙ СОЮЗ. Геогр. описание. В 22-х т. Украина. Авт. **Д. И. Богорад** и др. Отв. ред. **И. А. Кугукало** и **А. М. Маринич**. М., «Мысль», 1969, 359 стр., ц. 1 р. 84 к.

Щербаков Д. И. Избранные труды. В 3-х т. Т. 2. ЗАДАЧИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК. ПРОБЛЕМЫ МЕТАЛЛОГЕНИИ. Глав. ред. А. П. Виноградов. М., «Наука», 1969, 304 стр., ц. 2 р. 65 к.

Биологическое значение вида

Эрнст Майр



Профессор Э. Майр

В минувшем году в Лондоне вышел первый номер нового «Журнала Линнеевского общества». В нем опубликована статья профессора Гарвардского университета Эрнста Майра «Биологическое значение вида». Особенность ее в том, что она дает не простую сводку наших представлений о виде, а выдвигает ряд еще не разрешенных, связанных с видообразованием проблем, в том числе касающихся и нерешенных вопросов современной генетики.

Э. Майр — один из ведущих биологов-эволюционистов нашего времени. Его работы представляют особый интерес в связи с тем, что владея огромным фактическим материалом полевого зоолога-систематика и зоогеографа, он в то же время суверенно владеет идеями и методами современного направления в изучении эволюционных процессов. Майр учился у известнейшего и крупнейшего орнитолога Е. Штреземана, создавшего большую интернациональную школу крупных орнитологов. Уже первая крупная работа Э. Майра, его докторская диссертация, посвященная анализу расселения канареечного вьюрка в Западной и Средней Европе за более чем полтора столетия, создала ему заслуженную известность. В этой работе на основании огромного музейного и литературного материала с большой тщательностью было прослежено продвижение ареала западно-средиземноморского вида на восток и северо-восток с конца XVIII в. и до конца 70-х годов нашего столетия по десятилетиям; это капитальное исследование заканчивалось интересным обсуждением проблемы возможных причин относительно быстрых расширений видовых ареалов.

Вскоре Э. Майр приехал в Америку в Нью-Йоркский национальный музей естественной истории, где и проработал до перехода (в начале 60-х годов) в Гарвардский университет. В 30-е годы Э. Майр провел целый ряд интересных орнитологических экспедиций в островную тропическую Азию, в Полинезию и в Центральную и Южную Америку. Исследования по систематике и зоогеографии птиц, а также изучение их внутривидовой изменчивости естественно привели Э. Майра к проблемам видообразования и микроэволюционных процессов. Этим вопросам был посвящен ряд работ конца 30-х и 40-х годов. Э. Майр, однако, в отличие от огромного большинства зоологов-систематиков и зоогеографов — решил подойти к решению интересующих его проблем во всеоружии современных научных методов: он серьезно овладел генетикой и вступил в группу исследователей, возглавлявшуюся Ф. Г. Добжанским и С. Райтом, по экспериментальному изучению популяционной генетики ряда видов дрозофилы, опубликовав несколько исследований по этой проблеме. Ниже публикуется его статья из «Журнала Линнеевского общества».

Проф. Н. В. Тимофеев-Ресовский.

Значительные успехи молекулярной биологии, достигнутые в последние годы, отвлекают внимание от достижений в других областях биологической науки. Чтобы сохранить равновесие и гармонию в биологии, нам кажется важным кратко остановиться на успехах в других ее областях.

В настоящей работе я хочу рассмотреть одно из самых старых биологических понятий, а именно понятие вида, и показать те тонкие, но решающие изменения, которые претерпело понятие вида в биологии. Безусловно, иногда все еще встречаются утверждения, будто виды — это не больше чем произвольные изобретения систематиков. Достаточно, однако, взглянуть на страницы любого нашего журнала, чтобы убедиться, что все больше и больше научных статей посвящаются тому или иному аспекту какого-либо определенного вида, часто в сравнении с различными свойствами близких видов. Все исследования такого рода издавна страдают неопределенностью в представлении об истинной природе вида. Дарвин был совершенно уверен в важности представления о виде и еще в 1859 г. назвал свою классическую работу «Происхождение видов...». Но даже он колебался, когда дело доходило до определения вида. Иногда он говорил о видах как об отдельных биологических единицах, в других же случаях он рассматривал их как случайные соединения особей, ни в чем не отличающиеся от разновидностей. Поскольку Дарвину не удалось четко развить концепцию вида, он не смог разрешить и проблему видообразования.

Запутанность представления о виде была также главным источником противоречий в палеонтологии. Очевидно, мы не можем успешно обсуждать биологическое значение вида до тех пор, пока мы не представляем себе, что же такое вид и как он должен быть определен.

С этого мы и начнем. В биологии нет, пожалуй, другой такой темы, кроме концепции вида, по которой бы так долго велись споры.

В чем же причины такой путаницы? Они столь многочисленны, что вряд ли стоит рассматривать их все. Мно-

гие из трудностей в концепции вида были решены в последние годы. Позвольте мне начать с элементарного лингвистического анализа. Необходимо различать таксоны и категории.

Понятие «дерево» является категорией, но какие-то определенные деревья, например, ива, дуб, сосна, суть таксоны, которые мы относим к категории «дерево». К категориям, используемым систематиками, относятся вид, род, семейство, отряд и так далее, а слова дрозд, малиновка, пеночка-кузнечик и синица означают таксоны и должны быть отнесены к категории вида.

Здесь мы сразу видим два уровня трудностей: определение границ таксонов и отнесение их к определенным категориям.

Позвольте иллюстрировать это на примере человека. В начале XIX в. существовала широко распространенная теория, что человеческие расы произошли от трех сыновей Ноя и представляют собой различные виды. На уровне таксона здесь возникла проблема, куда поместить промежуточные популяции, например народы Северной Африки; относятся ли они к кавказцам или неграм? Таким образом, это была первая проблема вида. Во-вторых, надо было решить, к категории вида или подвида относятся эти человеческие типы. Решение этой проблемы всецело зависело от принимаемой концепции вида, хотя, с другой стороны, отнесение жителей Северной Африки к белой или негритянской расе не имеет ничего общего с концепцией вида как таковой.

Большинство споров о понятии вида были результатом путаницы этих двух классов проблем, а именно отнесение популяции к какому-нибудь таксону и помещение этих таксонов в категорию.

В дальнейшем мы более подробно рассмотрим это положение. Начнем с исторического обзора различных концепций вида. При рассмотрении огромного количества материала, посвященного этой проблеме, неожиданно оказалось, что возможно разделить все бесчисленные определения вида всего на три основные концепции вида.

1. Типологическая, или эссенциальная¹, концепция вида

Согласно этой концепции, наблюдаемое разнообразие мира отражает существование ограниченного количества «универсалов» или типов. Особи не находятся в каком-либо отношении друг к другу, а просто являются выражениями одного типа. Вариации же есть результат несовершенного проявления идеи, выраженной в каждом виде.

Подобное представление о виде, исходящее из философии Платона и Аристотеля, было свойственно Линнею и его последователям.

Эту философскую школу вслед за К. Поппером обычно называют эссенциализмом, а упомянутая концепция вида рассматривается как «эссенциальная».

Согласно этой концепции, вид может быть узан на основе существенных отличий, обычно морфологических. Практически это представление обычно называют морфологической концепцией вида.

Ретроспективно становится ясно, что даже школа Линнея не стояла исключительно на морфологическом представлении о виде. Например, Линней описал самца и самку утки-кряквы как два самостоятельных вида. Когда же оказалось, что два так называемых вида всего лишь самец и самка, их без колебаний соединили в один вид, хотя морфологические различия между ними не стали меньше.

Несмотря на то, что морфологические данные все еще употребляются в систематике для разграничения биологических видов, морфологическая концепция вида не поддерживается современными биологами.

Кроме различных теоретических доводов, отвергающих морфологическую концепцию вида, имеется два практических. Во-первых, обнаруживаемые в природе особи часто, несомненно, относятся к одному и тому же виду, несмотря на значительные морфологические отличия, происходящие из-за полового диморфизма, возрастных различий, полиморфизма

¹ У автора — «essential» (прим. перев.).

и других форм индивидуальной вариативности.

Эссенциальная концепция вида беспомощна, когда она сталкивается с фактом существования гусеницы и бабочки или спорофита и гаметофита у растений или с какими-либо другими резкими формами внутривидовой вариации, обнаруженной в природе.

Столь же беспомощна она, во-вторых, и в объяснении явления так называемых видов-близнецов, которые генетически представляют собой виды, хотя у них полностью отсутствуют морфологические отличия.

Всеобщий отказ от эссенциальной концепции вида был вызван как теоретической, так и практической слабостью этого представления.

2. Номиналистическая концепция вида

Номиналисты (Окам и его последователи) отрицают существование реальных «универсалов». Для них существуют только особи, а виды придуманы человеком. Номиналистическая концепция вида была популярна во Франции в XVIII в. и имеет некоторых сторонников доныне, особенно среди ботаников. Бессэ (1908 г.) особенно хорошо выразил эту точку зрения: «Природа производит особей и ничего более... Виды на самом деле не существуют в природе. Они лишь придуманы... Виды были изобретены для того, чтобы могли собирательно рассматривать большие группы особей».

Когда я читаю подобные утверждения, то всегда вспоминаю время, когда я сорок лет тому назад жил совершенно один среди примитивных племен папуасов в горах Новой Гвинеи. Эти тонкие наблюдатели знали 136 названий для 137 видов птиц, которые я различал (путая только два неописанных вида славков). То обстоятельство, что примитивные люди каменного века различали те же самые реально существующие в природе принципы, что и западные ученые с университетским образованием, решительно опровергает утверждение, будто вид всего навсего продукт человеческой фантазии.

То же самое, несомненно, справед-

ливо и для строгого определения видов животных вблизи нашего жилья. Когда вы изучаете птиц в ваших лесах и полях, разве находите вы когда-нибудь промежуточные формы между синицей-лазоревкой и большой синицей, между двумя видами дроздов или между грачом и галкой? Конечно нет. Каждый вид птиц, млекопитающих и других высших животных удивительно хорошо определен в данной местности и гибридные или промежуточные формы являются редким исключением. Виды — продукт эволюции, а не человеческого ума. С другой стороны, номиналистическая концепция вида может применяться, когда мы имеем дело с неодушевленными предметами и особенно с продуктами человеческой деятельности. Однако эта концепция игнорирует факт, что есть принципиальное различие между классами объектов, которые являются продуктами человеческого разума, например виды мебели, и классами организмов, которые представляют собой продукты эволюции, а не человеческого воображения.

Как правильно указывал Дж. Симпсон, основное заблуждение номиналистов заключается в неправильной интерпретации причинной связи между сходством и родством. Члены одного и того же видового таксона сходны друг с другом потому, что они имеют общий генофонд. Неверно думать, что они принадлежат к одному таксону из-за их сходства, как утверждают номиналисты.

Ситуация, сходная со случаем идентичных близнецов. Два брата являются идентичными близнецами не потому, что они так сильно схожи, наоборот, они так схожи потому, что они произошли из одной зиготы.

Точно такое же неправильное понимание связи между сходством и родством является фатальной слабостью числовых таксономистов. Всякий человек, признающий эволюцию, должен отвергать номиналистическую концепцию вида.

3. Биологическая концепция вида

Уже в конце XVIII столетия начали понимать, что ни одна из двух средневековых концепций вида, ни эссен-

циальная, ни номиналистическая не может быть применима к биологическому виду. Полностью новая концепция начала складываться после 1750 г., но потребовалось еще 150 лет, прежде чем она была достаточно полно разработана. Эта третья концепция в корне отличается от концепций «неодушевленного» вида. Она отрицает типологическое определение вида как «класса объектов». Она действительно разрушает все философские традиции, чисто биологически определяя вид следующим образом: «Вид — группа скрещивающихся природных популяций, репродуктивно изолированных от других таких же групп».

Вид, благодаря свойствам, отмеченным в этом определении, имеет три различные функции. Во-первых, он составляет репродуктивное сообщество. У животных особи одного вида (у растений ситуация несколько отлична) узнают друг в друге потенциального партнера для скрещивания и разыскивают друг друга для размножения. Во-вторых, вид представляет собой экологический союз, который, независимо от особей, составляющих его, взаимодействует как единица с другим видом. Вид, наконец, представляет собой генетическую единицу, состоящую из огромного взаимодействующего генофонда, в то время как отдельная особь — только временный сосуд, содержащий небольшую долю общего генетического запаса в короткий отрезок времени.

Эта концепция вида называется «биологической» не потому, что здесь идет речь о биологическом таксоне, а потому, что само определение — биологическое, т. е. она использует критерии, для неодушевленной природы бессмысленные.

Вид обладает двумя качествами, которые отличают его от всех других таксономических категорий, например от рода. Прежде всего, несомненное определение вида можно дать, исходя из предполагаемой нескрещиваемости видов. Во-вторых, в то время как все другие категории определяют, основываясь на присутствии им видимых качеств, вид же может быть определен только относительно. Слово «вид» очень близко

соответствует такому относительному термину, как, например, слово «брат». Данная личность является братом не на основе каких-то внутренних качеств, а только по отношению к другой личности. Так и популяция является видом только в отношении к другим популяциям. Виды можно считать различными не на основании их морфологической несхожести, а лишь исходя из их взаимоотношений.

Относительное определение вида одновременно является и слабостью и силой биологической концепции вида. При помощи этого определения легко рассматривать сосуществующие, т. е. синхронные и симпатрические популяции видов. Именно в данном случае эта концепция наиболее успешно применяется биологами. В данной ситуации виды не отделены в пространстве. Чем дальше разделены две популяции в пространстве и во времени, тем труднее определять их видовой статус по отношению друг к другу и тем более неинтересным это становится с биологической точки зрения.

Прежде чем начать дискуссию о биологическом значении вида, мне бы хотелось сказать несколько слов о количественной стороне этой проблемы. Очень немногие несистематики представляют себе степень биологического разнообразия. Уже сейчас описано более одного миллиона видов животных и около полумиллиона видов растений. Ежегодно описывается только около трех новых видов птиц, что является незначительным дополнением к уже известным 7600 видам.

Но давайте взглянем на другие виды животных. Я еще помню время, когда в генетической литературе описывали организмы, называя их просто *Drosophila*, рассматривая такое сокращенное определение как синоним *Dr. melanogaster*. В настоящее время известно более 1000 видов дрозофил, причем в последние 17 лет описано столько же новых видов этой группы, как за 170 лет, предшествующих 1950 г.

Можно упомянуть еще об одном статистическом примере. Оказалось, что группа клещей, а именно краснотелки (*Trombiculidae*), является

переносчиком клещевого энцефалита и других риккетсиозных заболеваний. В 1900 г. было известно только 3 вида, относящиеся к этой группе клещей, в 1912 г. — 33 вида, в 1932 г. — 517 и в 1966 г., наконец, около 2250 видов. Подсчитано, что несколько сот тысяч видов клещей, относящихся к различным семействам этого отряда, ждут еще своего открывателя.

Никто не знает, сколько всего на Земле видов животных. Может быть, пять миллионов, а возможно, что и десять.

В настоящее время большинство систематиков тратят свое время как на классическую работу систематики (т. е. на описание и классификацию видов), так и на изучение биологических аспектов вида. Нет ничего более перспективного, чем посвятить всю свою жизнь бесконечному коллекционированию, описыванию и наименованию новых видов. Подобная деятельность схожа с коллекционированием марок. Для ученого недостаточно описать феномен, необходимо объяснить и понять его. Исследователи стремятся определить причины множества явлений и их взаимоотношения на уровне видов.

Какие же вопросы волнуют нас? Мне представляются главными шесть проблем.

1) Прерывистость. Почему разнообразие в природе организовано в форме видов, а не является непрерывным?

Откровенно говоря, у нас есть решающий ответ на этот вопрос, хотя, возможно, и эмпирический, поскольку причинный анализ его начат лишь недавно. Чтобы прояснить нашу точку зрения, представим себе мир без видов. Каждая особь в таком мире может во время размножения обмениваться генетическим материалом с любой другой особью. К чему приведет игра с такими правилами? Время от времени вследствие мутаций и рекомбинации будут получаться особи, чрезвычайно успешно использующие источники внешней среды. Однако во время следующего репродуктивного периода подобная уникальная комбинация генетических факторов будет разрушаться и

«удачный» генотип навсегда утратится.

Имеется два пути для предотвращения такой элиминации, и природа их использовала.

Первый из этих путей — ограничение размножения половым путем для сохранения «удачного» генотипа путем бесполого размножения до тех пор, пока существуют условия среды, к которым данный генотип хорошо приспособлен.

Второй путь — это, конечно, «изобретение» видов или, если можно так выразиться, принятие такой генетической программы, которая предусматривает размножение и генетическую рекомбинацию только между генетически схожими особями, т. е. особями, принадлежащими к одному виду.

Разделение общей генетической вариативности природы на дискретные единицы, так называемые виды, которые отделены друг от друга репродуктивными барьерами, мешает возникновению слишком большого количества негармоничных и несовместимых генетических комбинаций. Именно это обстоятельство обуславливает биологическое значение вида и поэтому между симпатрическими видами существует прерывистость. Мы твердо знаем, что генотипы представляют собой на редкость сложные эпигенетические системы. Имеются четкие барьеры, ограничивающие генетическую вариативность, содержащуюся в генофонде и не приводящую к слишком частому появлению несовместимых комбинаций генов. До сих пор мы не знаем, почему у растений гибриды появляются чаще и обычно они жизнеспособнее, чем у животных.

Механизмы, которые обеспечивают дискретность видов, называются изоляционными. Существует большое разнообразие таких механизмов, барьер стерильности является одним из них, причем у животных отнюдь не самый важный. Наибольшее значение у животных имеет поведенческий барьер. Необходимо указать, что в генетической программе каждого вида закодировано, на какие сигналы особь должна отвечать во время репродуктивного периода. Изучение изоляционных механизмов

стало одним из важнейших и интереснейших областей в биологии, и практически автор любого учебника по эволюционной биологии, цитологии, генетике или этологии вынужден внимательно разбирать эти механизмы.

2). Вторая большая проблема вида сформулирована в названии великой книги Чарлза Дарвина «Происхождение видов...». Как умножаются виды? В настоящее время ответ на этот вопрос может быть сформулирован с гораздо большим смыслом, чем поколение назад. Виды образуются, когда популяции приобретают изоляционные механизмы. За исключением немногих специальных случаев, виды возникают или путем полиплоидии (процесс ограничен в основном растительным царством), или путем географического видообразования, т. е. путем генетической перестройки пространственно изолированных генофондов. Поскольку этот вопрос подробно разбирается в нескольких последних книгах, я ограничусь сказанным. Однако мне бы хотелось указать на три группы нерешенных проблем видообразования:

(а). Какую роль играют хромосомные перестройки в видообразовании? Как часто появление изоляционных механизмов происходит путем генной мутации без добавочной перестройки хромосом?

(б). До какой степени появление генетических изоляционных механизмов влечет за собой реорганизацию всей эпигенетической системы?

(с). Как часто имеют место исключения, такие как симпатрическая эволюция рас животных-паразитов, связанных с каким-то определенным видом-хозяином, в полные виды?

Некоторые из этих вопросов могут показаться странными человеку, не следящему за последней генетической литературой. Однако, если только я не ошибаюсь, в последнее время наблюдается появление новой области в генетике, которая создает третью группу проблем, имеющих отношение к биологическому значению вида.

3). Генетика вида.

В 30-х годах, когда я был студентом, еще не затихла борьба между мута-

ционистами и биометриками. В это время широкое распространение имела идея о том, что менделевские факторы контролируют лишь внутривидовые признаки, видовые же различия контролируются генетическими факторами, содержащимися в цитоплазме. Эта идея была отброшена 40 лет назад, и даже открытие ДНК в митохондриях и других клеточных органеллах не оживило ее.

Однако наше представление об организме как о «пакете с генами» слишком упрощенное. Это показало в последние годы открытие ряда явлений. Примером подобных явлений служит замечательная фенотипическая однородность большинства видов в пределах огромных расстояний, такую однородность невозможно объяснить исключительно обменом генами между разными популяциями.

В своей книге 1963 г. я утверждал, что такие популяции сохраняют свое сходство, поскольку они имеют общую систему эпистатических взаимоотношений, или, по К. Уоддингтону, единую систему канализации. Надо сказать, что есть лишь косвенные данные в пользу существования такой системы.

Начатое Р. Левонтином и другими исследователями изучение распределения энзимных систем открывает совершенно новую область для исследования. Большинство этих исследований пока еще не опубликовано, однако создается впечатление, что одни и те же локусы энзимов вариabильны во многих популяциях *D. pseudoobscura* и, если я правильно понял, имеют даже одни и те же частоты аллелей. Исключением служат лишь изолированные периферические популяции.

Если эти открытия будут подтверждены для других видов, это послужит в пользу упомянутой идеи о том, что вид может иметь характерную для него эпистатическую генетическую систему, на которую накладывается географическая вариabильность и другие типы полиморфизма.

Можно предположить, что такая основная эпистатическая система претерпевает генетическую революцию в связи с видообразованием. Безу-

ловно, сейчас слишком рано делать решающие выводы на основании таких предварительных, неопубликованных данных, но поскольку они очень хорошо согласуются с вышеупомянутыми положениями, я счел возможным упомянуть о них.

Позвольте мне сказать еще об одном пути, открытом в terra incognita. До совсем недавнего времени, когда спрашивали специалиста по дрозофиле, как много генов имеется у этого объекта, он мог ответить 10 000 или, если он был в благодушном настроении, он мог назвать цифру 50 000; генетик, работающий с мышами, дал бы примерно такой же ответ. Однако, если измерить количество ДНК в одном ядре клетки млекопитающего, окажется, что оно содержит количество ДНК, достаточное для примерно пяти миллионов цистронов, т. е. для пяти миллионов генов. Совершенно непонятно, чем занимаются остальные 4 950 000 генов. Мы до сих пор не можем ответить на этот вопрос.

Однако последние исследования В. Бриттена и группы сотрудников в Институте Карнеги, а также Г. Вокера в Эдинбурге показали высокую гетерогенность ядерной ДНК и, что особенно интересно, обнаружили, что определенные геномы могут содержать большие количества идентичных последовательностей ДНК.

Если такая особая ДНК окажется видо-специфической, на что указывает ряд фактов, это породит совершенно новую группу проблем. Я обратился к этим исследованиям, чтобы показать, как мало мы знаем о том, что я выше назвал генетикой вида, т. е. совершенно особенной генетической структуры вида. Очень вероятно, что появление изоляционных механизмов является просто случайным побочным следствием гораздо более фундаментального генетического процесса, т. е. генетической перестройки популяции.

Только одновременное изучение нескольких локусов или нескольких признаков даст нам искомый ответ. В любой день в этой области можно ждать новых волнующих открытий. Позвольте мне теперь вернуться к некоторым классическим проблемам.

4). Роль видов в эволюции.

Биолог, размышляя об эволюции, говорит о направлениях, адаптациях, специализациях и открытиях новых адаптивных зон и ниш. Однако объяснение этих явлений бывает затруднено из-за того, что забывают о роли агента, участвующего во всех этих эволюционных событиях. В действительности, в каждом случае в этих эволюционных явлениях участвует вид или группа видов.

Виды являются истинными единицами эволюции, они представляют собой сущности, которые специализируются, становятся адаптированными или изменяют свою адаптацию. Видообразование, т. е. появление новых генных комплексов, способных к экологическим сдвигам, служит методом, при помощи которого происходит эволюция. Роль видов в определенном смысле сравнима с ролью мутаций. Большинство мутаций обычно бывают вредными. Несмотря на это, имеет место генетическое совершенствование, происходящее путем внедрения новых мутаций в улучшаемый генотип. То же самое можно сказать и о виде. Последние таксономические исследования показали, насколько часты зарождающиеся виды. Очевидно, что видообразование происходит часто, но большинство новых видов имеют очень короткое время существования, рано или поздно вымирая. Но один из 100, 1000 или 10 000 новых видов может сделать эволюционное изобретение и занять новую адаптивную зону.

Живущие сейчас на земле птицы, млекопитающие, насекомые, — это, несомненно, потомки когда-то возникших необычно успешных видов. Каждый вид — это эволюционный эксперимент. Большинство из них претерпевает неудачи, но иногда возможен и успех. Даже если взять группу близкородственных видов, мы почти наверняка найдем необычную специализацию или адаптацию у некоторых из них. В большинстве случаев это приводит к эволюционному тупику, но иногда открывает дверь в совершенно новый мир.

5). Виды и экосистемы.

До сих пор неясно, почему некоторые виды, вернее, огромное боль-

шинство их, характеризуются узкой экологической специализацией, в то время как отдельные виды имеют необычайно широкое экологическое распространение. Например, известно, что некоторые виды бабочек так специализированы, что их гусеницы могут есть только листья одного определенного вида растения — хозяина, в то время как гусеницы других видов могут питаться на листьях растений, относящихся к восьми или десяти различным семействам.

Другим примером такого рода служат муравьи, одни виды которых всегда имеют небольшие колонии с ограниченной численностью их на единицу площади, в то время как другие виды того же самого или близкого рода высоко приспособлены во многих областях земного шара, основывая колонии везде, куда их заносит. До сих пор на редкость мало известно о причинах подобных различий между видами. Е. Карсон, изучавший эту проблему на дрозофиле, нашел, что виды, которые могут успешно жить в большинстве стран, при разном климате, на многих типах пищи, значительно отличаются кариотипическими особенностями от менее приспособленных, сравнительно редких, более локализованных видов. Однако это только начало, и до сих пор мы очень слабо представляем себе генетическую основу огромных различий в экологическом распространении между разными видами.

Очевидно, что классический метод описания видовых различий и изучение генных частот и приспособленности, обуславливаемой отдельными генами, вряд ли продвинет нас в таком анализе. Генетика экологической роли видов находится лишь в самом начале своего развития.

6). Виды и видовое разнообразие.

До сих пор я подробно останавливался на одиночном виде, но имеется и другой аспект проблемы вида, а именно общая разнородность видов в данном районе. Безусловно, общая разнородность видов в данном месте в данное время является продуктом свойств всех индивидуальных видов, из которых складывается общее. Тем не менее, как и в случае сложных систем, анализ подобной систе-

мы в целом дает нам совершенно новые представления о свойствах составляющих компонентов. Точно так же, например, изучение молекул воды раскрывает определенные свойства водорода и кислорода, которые было бы трудно выявить, изучая эти элементы в чистом состоянии.

Изучение видового разнообразия одна из самых интенсивно разрабатываемых областей экологии, и имеется еще огромное количество неразрешенных вопросов. Например: неясно, что представляет собой экологическое взаимодействие видов? Здесь я имею в виду не довольно простые взаимодействия в цепях питания, а более сложные проблемы, связанные с такими понятиями, как ниша, соревнование, вытеснение (exclusion). Концепция ниши довольно стара, еще Дарвин говорил о «месте, которое в природе занимает растение или животное», используя те же самые выражения.

С самого начала понятие «ниша» было совершенно правильно сформулировано как потребность вида. Другими словами, ниша была определена как нечто во внешней среде животных и растений, совершенно необходимое для их выживания и существования. К несчастью, имеется все возрастающая тенденция рассматривать природу как огромный старомодный письменный стол с огромным количеством ящичков, каждый из которых служит нишей для вида. Подобная интерпретация приводит ко многим трудностям. Гораздо правильнее рассматривать ниши в смысле наличия определенного генетического потенциала вида, необходимого для использования определенных условий внешней среды.

Таким образом, ниша — не статическое свойство внешней среды, а выражение содержащихся в ней видов. Имея это в виду, можем понять, как происходит расширение и утилизация ниш при инвазии вида в новый район или, в другом случае, как такая утилизация сужается, когда другой, более приспособленный вид, который успешнее использует определенные условия обитания, появляется в той же самой нише.

Нет ничего нового в подобном рас-

смотрении концепции ниши, но можно избежать огромного количества противоречий, если рассматривать нишу как внешнюю проекцию генетического потенциала вида. Подобный подход позволяет также понять видовую разнородность по разным широтам. Там, где резкие сезонные флуктуации выдвигают высокие требования к генетическому потенциалу, сравнительно небольшое количество видов может приспособиться к такой ситуации. Это является одной из причин относительно небольшого количества видов в зонах с умеренным климатом по сравнению с тропиками.

Всегда справедливо указывают, что успешное видообразование зависит не только от приобретения изоляционных механизмов, но также от способности использовать внешнюю среду успешнее, чем это делают другие виды. Вид, таким образом, является одной из важнейших единиц эволюции, его значение определяется тем фактом, что любой данный генофонд имеет лишь ограниченную экологическую приспособленность.

Выводы

Боюсь, что я слишком быстро и поверхностно коснулся чрезвычайно широкого круга вопросов.

Естествоиспытатели, изучающие местную флору и фауну, издавна поняли важность вида как биологической единицы.

Однако неверные эссенциальные и номиналистические философские теории и их применение для морфологического определения видового таксона долгое время мешали правильной оценке великого биологического значения вида. Мне кажется, что теперь это дело прошлого.

Особенно большая роль в доказательстве, что виды не являются произвольной выдумкой, принадлежит исследователям поведения и особенно тем из них, которые изучали видо-специфические изоляционные механизмы.

В недавнее время были проведены генетические, биохимические и иммунологические исследования, подтверждающие эту точку зрения. Мне

кажется, нет сомнения в том, что вид представляет собой один из уровней интеграции среди множества уровней от субклеточного до общественного, который имеет огромное значение во всех областях биологии, особенно в физиологии, этологии, экологии и эволюции. Изучать виды так же важно, как, скажем, молекулы, для правильного объединения всех областей биологии; чрезвычайно существенно учитывать этот особый уровень биологической интеграции.

Именно изучение видов более чем что-либо еще объединяет интересы разобщенных ветвей биологии, делая, таким образом, вклад в единство биологической науки.

«Biol. J. Linn. Soc.»,
N 1, pp. 311—320, Sept. 1969.

УДК 576.16.

Перевод с английского М. Б. Евгеньева и Л. Е. Улицкой.

Читайте в № 6 журнала «Природа»

Физика и технический прогресс

Н. Г. Басов

Минеральное сырье будущего

В. В. Ляхович

Протеиназы — ключ к изучению белков

Е. В. Раменский

НОВЫЕ ПРОСТОРЫ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Гленн Т. Сиборг

Внимание: мутьевые потоки!

Г. А. Сафьянов

Только ли инстинкт управляет поведением насекомых?

Г. А. Мазохин-Поршняков
Доктор биологических наук

Поведение насекомых принято называть инстинктивным, шаблонным, противопоставляя его поведению высших позвоночных, отдельные действия которых иногда именуют «разумными». Но как оценить уровень поведения животных, что принять за критерий разумности? Этому посвящена предлагаемая статья, содержащая новые сведения о способности пчел к отвлеченным операциям типа обобщения.



Георгий Александрович Мазохин-Поршняков, старший научный сотрудник Института проблем передачи информации АН СССР. Многие годы изучает механизмы зрения и оптической ориентации насекомых. Его перу принадлежит монография «Зрение насекомых» (Москва, 1965), переведенная в 1969 г. в США на английский язык.

В середине прошлого века, когда передовые умы были увлечены материалистическим толкованием биологической целесообразности и самой жизни, работал знаменитый французский натуралист Ж.-А. Фабр. Ставшие широко известными наблюдения и опыты Фабра оказали заметное влияние на развитие биологии, и в частности, на ту ее ветвь, которую теперь называют этологией, или наукой о поведении животных.

Наблюдая за насекомыми, Фабр заметил, что действия их иногда очень сложны, но далеко не всегда целесообразны. Отсюда Фабр и его последователи сделали вывод об отсутствии у насекомых даже проблеска разума; с тех пор утвердился распространенный и поныне взгляд об инстинктивном, шаблонном поведении пчел, жуков и других насекомых. Дальнейшие наблюдения и эксперименты различных исследователей, выявившие способность насекомых к обучению и существование у них хорошо развитой памяти, несколько смягчили категоричность исходного взгляда, но и теперь поведение насекомых обычно резко противопостав-

ляют поведению высших позвоночных¹.

Однако в последнее время, в результате накопления новых экспериментальных данных и появления тенденции к формализации и моделированию поведения живых существ, представление о стереотипности поведения насекомых выглядит все более ограниченным и утрачивает свою плодотворность. О неуместности и даже вреде приложения теории инстинктов ко всем формам деятельности насекомых высказывался известный польский зоопсихолог Я. Дембовский². К его соображениям мы еще вернемся. А пока обратим внимание на новые факты, которые невозможно увязать с теорией инстинктов, в частности, на опыты по обучению пчел опознавать различные фигуры и рисунки, которые автор проводил совместно со студентами-дипломниками кафедры энтомологии

¹ Л. Г. Воронин и др. Типы приобретенных реакций у беспозвоночных (К вопросу о филогенезе механизмов памяти), «Успехи совр. биологии», т. 64, 1967, стр. 312—332.

² Ян Дембовский. Психология животных. М., ИЛ, 1969.

Московского университета Л. Бушковской, О. Грицай и Л. Шамухамедовой¹. Изложению этих опытов и вытекающих из них следствий и посвящается в основном данная статья.

Постановка вопроса, замысел и организация опытов

В последние годы биологи, математики, инженеры усиленно интересуются проблемой опознавания, как одной из неперенных операций, лежащих в основе мышления². Опознавание в свою очередь неразрывно связано с обобщением, как более простой, отвлеченной операцией, которая сравнительно легко экспериментально может быть изучена. Умение обобщать можно расценивать как самое элементарное проявление интеллекта, доступное подробному изучению. Очевидно, что без отвлечения и обобщения немислимо устойчивое управление целенаправленным поведением (не только у человека, но и у всех животных) в сложных условиях, какими является естественная среда обитания. Именно поэтому мы избрали умение обобщать в качестве меры организованности поведения насекомых (на примере пчел). Под обобщением понимается здесь узнавание (выбор) разных объектов по какому-либо общему им признаку, позволяющему свести эти объекты в единый образ или понятие. Например, понятие «пестроты» есть результат обобщения различных предметов по признаку многоцветности окраски; какой цвет имеют эти предметы — неважно, существенно лишь, что они окрашены в несколько цветов. Следовательно, обобщению должно сопутствовать отвлечение или абстрагирование от остальных признаков, кроме избранного.

Идея основных опытов заключалась в том, чтобы на основе условного пищевого рефлекса обучить пчелу отличать фигуру А от фигуры Б, или группы фигур Б, а в экзамене —

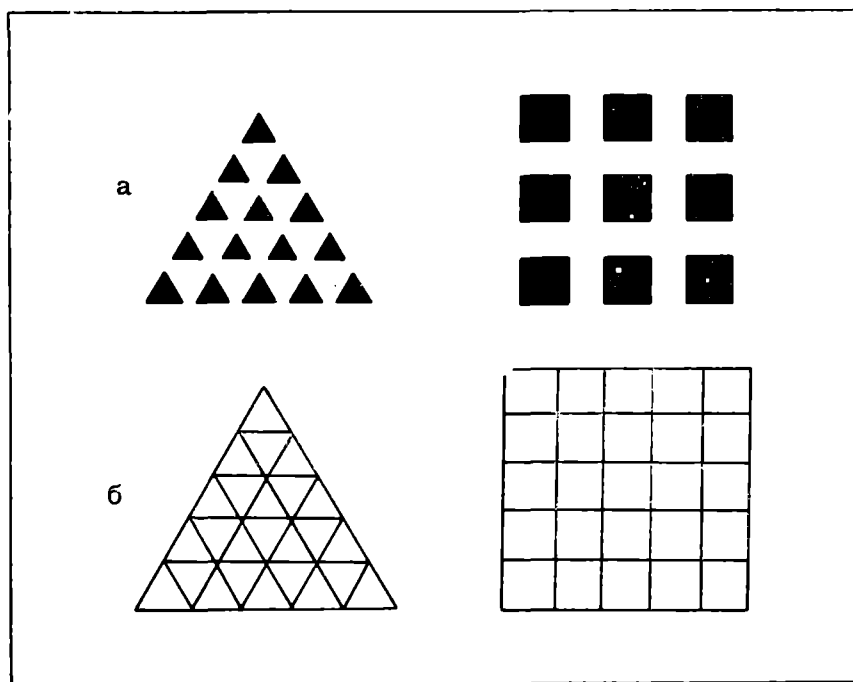


Рис. 1. Два варианта (а и б) треугольной и четырехугольной фигур, использованных в опытах.

всегда без пищевого подкрепления — проверить, отличает ли она новую видоизмененную фигуру класса А от видоизмененной фигуры (или нескольких фигур) класса Б. Узнавание (выбор) в экзамене видоизмененной фигуры класса А расценивалось как свидетельство, что у пчелы возник образ или обобщенное представление о фигурах обоих классов. Следовательно, экзамен здесь — не просто проверка памяти на раздражитель, а испытание способности обобщать.

В упрощенном виде схема этих опытов, обычно с последовательным доучиванием на материале предыдущего экзамена, такова: исходное обучение → экзамен I → доучивание на материале экзамена I → экзамен II → доучивание на материале экзамена II → экзамен III → и т. д. (рис. 1 цветной вклейки, рис. 2, 3 в тексте). Такая схема с последовательным доучиванием и многостепенными экзаменами позволяла уловить момент, когда, после какого этапа обучения, возник образ. Отсутствие поощрения в экзамене хотя и усложняло обучение, зато гарантировало выбор

фигуры только по контролируемому экспериментатором признаку, а не по запаху, оптическим или другим особенностям приманки. Поэтому экзамен в данной форме был одновременно контролем «чистоты» эксперимента.

Чтобы получить надежные выводы, каждую пчелу экзаменовали по многу раз на одном и том же тест-объекте; а чтобы при этом не угасал условный рефлекс на положительный стимул, экзамены чередовали (в случайном порядке) с коротким доучиванием. Поэтому рабочая схема обучения была несколько сложнее: обучение (подряд 8—10 визитов к той или другой фигуре) → экзамен I (1 визит) → доучивание на исходных фигурах (1—2 визита) → экзамен I (1—2 визита) и так далее, пока число визитов в экзамене не достигнет 5—8. Затем, после очередного доучивания экзамен II (1—2 визита) → доучивание на материале экзамена I (1—2 визита) и т. д.

В экзамене учитывали каждый визит, или прилет, пчелы к той или другой фигуре, точнее, каждую посадку на любое часовое стекло (с приманкой

¹ Пользуясь возможностью поблагодарить своих добрых помощниц.

² М. М. Бонгард. Проблема узнавания. М., «Наука», 1967.

или чистой водой), лежащее над тестовыми фигурами. По отношению числа правильных выборов к числу ошибочных судили об узнавании тест-объектов, для чего результаты экзамена обрабатывали статистически: вычисляли вероятность (P) случайного выбора (нулевой гипотезы) по способу χ^2 .

Все тестовые фигуры, за исключением цветных, были нарисованы черной тушью на белой бумаге или вырезаны из черной бумаги и наклеены на белые карты. В одном случае это были треугольник и четырехугольник, составленные из многих подобных фигурок (рис. 1а). В другом — поле каждой фигуры было заполнено контурными подобными фигурами (рис. 1б). Такое сложное построение геометрических фигур потребовалось для того, чтобы пчелы их легче узнавали¹.

О других использованных тестах легко судить по рис. 4, 6 и рис. 3 цветной вклейки. Цветные тесты различной формы представляли собой аппликации из цветной бумаги на белых картах.

Перед опытом тестовые карты помещали на горизонтальный, застланный светлой бумагой столик (40×40 см) и покрывали единым листом стекла. Поверх стекла над центром фигуры подкрепляемого класса (+) ставили часовое стекло с раствором сахара; фигуры неподкрепляемого класса (—) имели часовое стекло с чистой водой. В ходе опыта после каждого прилета пчелы столик поворачивали вокруг своей оси на некоторый угол, протирали стекло влажной тряпкой и там, где это было необходимо, изменяли взаимное расположение фигур, чтобы исключить возможность запоминания тестов по их положению. В каждом опыте участвовала обычно одна, меченная краской, пчела. Если же пчел было две, их метили индивидуально и принимали меры, чтобы они прилетали к столику в разное время; в противном случае они могли копировать поведение друг друга.

Обучению различать тестовые объекты предшествовала, иногда трудоемкая, процедура привлечения вни-

мания пчелы к дрессировочному столику, но описывать ее нет смысла. Все опыты были поставлены летом 1967—1969 гг. в основном на смешанной расе медоносной пчелы — *Apis mellifera* L. и частично на ее кавказской расе. Сразу же оговоримся, что различия в поведении этих рас пчел в наших опытах пока не замечено.

Обучение опознавать объекты, преобразованные различным образом

Опознавание фигур независимо от их окраски и цвета фона

Сначала мы попытались выяснить, узнают ли пчелы одни и те же фигуры, если они изображены разным цветом на фоне разных цветов. Для этого каждую пчелу, например, обучали отличать треугольник от прямоугольника, которые были нарисованы синим по оранжевому фону (рис. 1 на цветной вклейке). После 10—20 прилетов, когда пчела уже не ошибалась в выборе треугольника, вводили экзамен I — синюю карту с оранжевыми фигурами, — чередуемый через один или два раза с доучиванием на исходной карте. В этом первом экзамене выбор оказался случайным — пчелы одинаково часто садились на обе фигуры. Но после доучивания на карте первого экзамена, во втором экзамене, на новой (желто-зеленой) карте они уже почти не ошибались — садились, за редким исключением, только на треугольник. Суммарный результат экзамена II шести участвовавших в опытах пчел вполне достоверен: 38 правильных выборов на 44 прилета ($P < 0,01$). Уверенным было узнавание и в последующих экзаменах на картах другого цвета.

Итак, достаточно было обучить пчелу на двух картах разного цвета, чтобы она стала обобщать фигуры независимо от того, каким цветом и на каком фоне они изображены. Но одного образца фигур здесь было мало. Это и понятно, так как если дело касается узнавания незнакомого объекта, то для формирования образа, инвариантного к некоторому классу преобразований, требуется минимум два примера данных преобразований.

Опознавание фигур независимо от их размеров и ориентации

У читателя, знакомого с литературой по физиологии насекомых, может создаться представление, что пчелы опознавали в наших опытах треугольник и четырехугольник по размеру, а не по форме, поскольку считается, что пчелы не различают фигур, если у них простой контур или они не расчленены¹. Но сравнительно недавно было показано, что такой взгляд на восприятие формы насекомых упрощен². Пчелы легко различают простые фигуры, если только они не велики по размеру и при рассмотрении вблизи их контур (абрис) попадает в среднюю часть поля зрения глаз, а не на периферию, как в случае больших объектов. Убедиться в этом можно на материале опытов, в которых проверялась способность пчел опознавать фигуры (на примере треугольника и четырехугольника) независимо от соотношения размера и их взаимной ориентации. Тест-объекты были здесь относительно крупные — площадь треугольника варьировала от 15 до 30 см², а четырехугольника — от 17 до 36 см², но поле каждой фигуры было расчленено подобными ей контурами (рис. 1б). Поэтому каждая фигура могла быть опознана как таковая и издали, и вблизи, когда пчела вплотную облетела дрессировочный столик в поисках приманки.

Результат опыта вполне четкий (рис. 2). В первом же экзамене, несмотря на то, что треугольник был повернут относительно четырехугольника иначе, чем во время обучения, и размер обеих фигур был существенно иным, пчелы узнавали треугольник очень хорошо — 8 пчел сделали всего 4 ошибки в 48 пробах. Успех этих опытов дает право сделать два вывода. Во-первых, пчелы опознают фигуры не только независимо от соотношения их размеров,

¹ K. von Frisch. *Tanzsprache und Orientierung der Bienen*, Springer-Verlag, Berlin, 1965.

² Г. А. Мазохин-Поршняков и Т. М. Вишнева. Доказательство способности насекомых различать круг, треугольник и другие простые фигуры. «Зоологич. журн.», т. 44, 1965, стр. 192—197.

¹ Подробнее об этом говорится ниже.

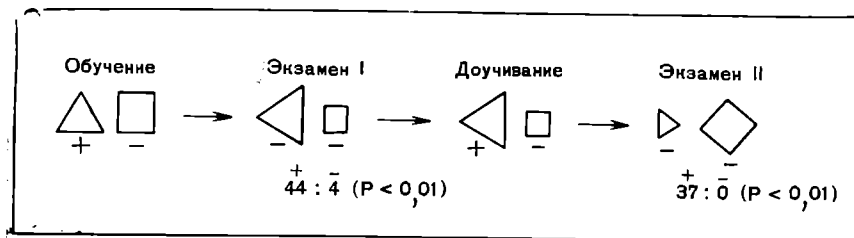


Рис. 2. Опознавание фигур независимо от соотношения их размера и взаимной ориентации. В натуре фигуры были такими, как на рис. 1б. Знаком «плюс» отмечено число правильных выборов, знаком «минус» — число ошибочных выборов.

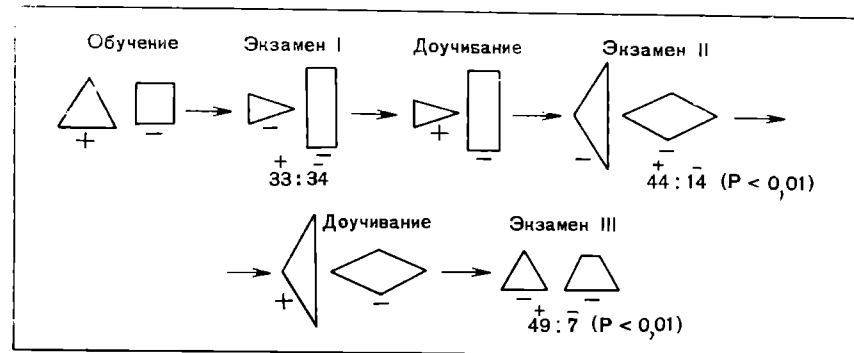


Рис. 3. Опознавание фигур независимо от их проективного преобразования. Подлинный вид фигур был, как на рис. 1б. Обозначения те же, что на рис. 2.

т. е. по форме, но и независимо от их взаимной ориентации. Во-вторых, с задачами такого рода пчелы явно встречаются в природе, ибо только переносом прошлого навыка в новую ситуацию, в обстановку эксперимента, можно объяснить хорошее узнавание треугольника в первом же экзамене¹.

Опознавание проективно преобразованных фигур

Затем задача была усложнена по сравнению с предыдущей — изменялись от обучения к экзамену не только размер и взаимное расположение треугольника и четырехугольника, но и их форма; неизменным сохранялось только число углов и сторон. По результатам обучения девяти пчел видно (рис. 3), что знакомства с одной парой противопоставляемых фигур оказалось недостаточным, чтобы опознать треугольник и четырехугольник другого вида. Но после доучивания на второй паре фигур результат изменился. Теперь — в экзамене II — опознавание стало уверенным независимо от преобразований тест-объекта. Это можно объяснить тем, что у пчел возникло обобщенное представление

о фигурах, основанное на числе углов (сторон), т. е. сформировался образ фигур. Особенно показателен в этом отношении последний экзамен, где пчелы свободно отличали треугольник от близкой по виду трапеции.

Таким образом, в этом эксперименте каждую пчелу пришлось обучать заново; полученные ею ранее навыки оказались недостаточными для решения качественно новой задачи, что, впрочем, можно было предвидеть заранее.

Опознавание фигур по признаку «двуцветность»

В этой серии опытов испытывалась способность пчел к более сложной отвлеченной операции — к обобщению рисунков по признаку «двуцветность», или «пестрота». Требовалось обучить пчелу выбирать двуцветные фигуры независимо от их конкретной расцветки, формы и размера. В обучении одновременно использовались три фигуры: двуцветная (+), например, одна наполовину зеленая, наполовину розовая и две одноцветные (—): сплошь зеленая и сплошь розовая. В экзаменах использовались также три фигуры, в том числе одна двуцветная, но их окраска, форма и размер были иными (рис. 2 на цветной вклейке). Результат опыта (на 11 пчелах) таков:

если в экзамене I пчелы выбирали

фигуры практически случайно, то после доучивания на втором наборе фигур, они уже хорошо опознавали новый двуцветный образец среди одноцветных.

При всей сложности и некоторой необычности для пчел этой задачи, по сравнению с предыдущими, ее прототип все же существует в природе. Именно признаком «пестроты» пчелы, вероятно, руководствуются в поисках цветущих растений, скопление которых легко заметить издали по неоднородности окраски растительного покрова. Поэтому возникло желание испытать пчел в еще более сложных, искусственных с точки зрения их обычной деятельности, экспериментах, и таким путем уйти от возможного объяснения успеха дрессировки тем, что задача знакома пчелам на основе ее наследуемого или личного опыта. Для этого были взяты (в измененном виде) две описываемые ниже формальные задачи, специально придуманные для «обучения» и проверки возможностей электронных узнающих машин¹.

Опознавание рисунков по локальному признаку

В первой задаче фигуру с приманкой можно было опознать только по сравнительно тонкому локальному

¹ Исследованию значения исходного опыта при формировании нового навыка посвящены специальные опыты, которые описаны в конце статьи.

¹ М. М. Бонгард. Проблема узнавания. М., «Наука», 1967.

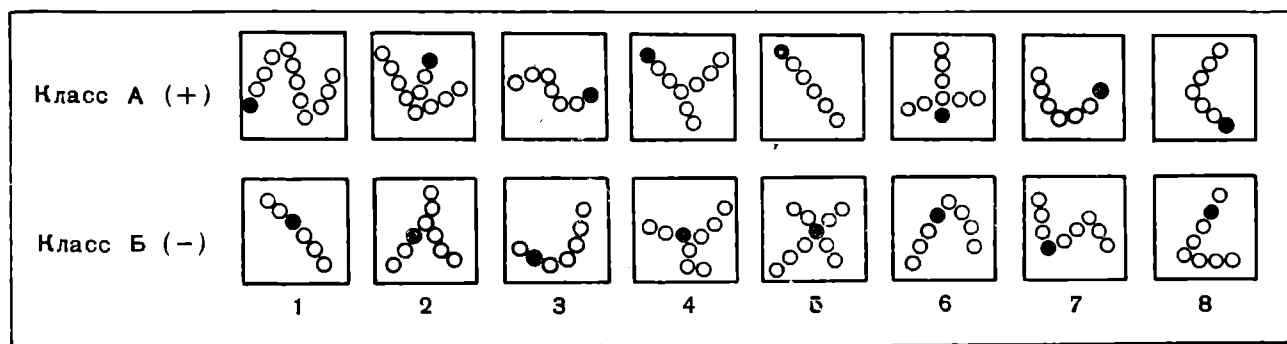


Рис. 4. Два класса (A_{1-8} и B_{1-8}) фигур, отличающихся положением зачерненного кружка. Диаметр кружков 15 мм.

признаку: «зачерненный кружок, всегда находящийся на конце цепочки из кружков». Применялись бумажные карты, на которых были нарисованы разной длины и формы цепочки из кружков, один из которых на конце (класс А) или где-либо в середине (класс Б) был зачернен (рис. 4). В обучении и экзаменах одновременно присутствовало для сравнения восемь образцов фигур: один класса А (+) и семь класса Б (—). В наборе для каждого последующего доучивания фигура класса А заменялась новой; таких наборов было четыре. В наборе для экзамена, а он сохранялся в неизменном виде во всех четырех сериях экзаменов, были новыми, не знакомыми пчелам, не только фигура А, но и одна-две фигуры класса Б. Схема

эксперимента была почти такой же, как в предыдущих случаях: продолжительное обучение (15—20 прилетов) → экзамен I, чередуемый с доучиванием на первом наборе карт, → доучивание на втором наборе, чередуемое с экзаменом II, → и т. д. Взаимное расположение и ориентация карт, разумеется, изменялись после каждого прилета пчелы, т. е. они не всегда были такими, как показано для наглядности на рис. 5. Результаты опытов (см. табл.) говорят, что в экзамене I после обучения на одном образце фигуры А в окружении семи различных фигур класса Б выбор был явно случайным. Но в экзамене II, когда пчелы познакомились со вторым образцом фигуры класса А, процент правильных выборов резко возрос. В последующих экзаменах, особенно в последнем, он был уже настолько высоким, что не оставалось сомнения, что у всех участвовавших в эксперименте девяти пчел возникло обобщенное представление о двух классах фигур, различающихся только положением зачерненного кружка. Пчелы справились здесь с нелегкой

задачей — даже человек не с первого взгляда замечает, в чем различие между двумя классами таких тест-объектов.

Распознавание числа фигур

Вторая задача была на счет: пчелу обучали отличать карту с двумя черными кружками от карт с одним и тремя черными кружками независимо от суммарной площади и расположения последних (рис. 6). Всего использовалась 21 карта: по семи вариантов с одним, двумя и тремя кружками, которые комбинировали по три в набор; таких наборов было 10 для обучения и 4 для экзамена. Расположение карт в наборе после каждого прилета пчелы изменяли. Учитывая заведомую сложность задачи, мы изменяли в сторону облегчения принятую ранее схему дрессировки так, чтобы в процессе обучения до экзамена пчела познакомилась с несколькими видоизмененными наборами противопоставляемых тест-объектов. Здесь она имела такой вид: обучение (4—5 прилетов) на первом наборе → обучение (4—5 прилетов) на втором наборе → обучение (4—5 прилетов) на третьем наборе → обучение (4—5 прилетов) на четвертом наборе → экзамен → (1—2 прилета) на пятом наборе → доучивание (1—2 прилета) на первом наборе → экзамен (1—2 прилета) на шестом наборе → и т. д. Результат экзаменов девяти пчел: 69 правильных выборов на 101 визит (при соотношении 34 правильных к 67 ошибочным, если бы выбор был случайным) вполне достоверен, что дает право говорить о, казалось бы, совершенно невероятной для насекомых способности к операциям типа счета.

Таблица

Результаты опознавания фигур пчелами по локальному признаку: положению зачерненного кружка в цепочке из контурных кружков (пояснения в тексте)

№ экзамена (см. рис. 5)	Число выборов фигур класса А (см. рис. 4)		Число выборов фигур всех семи фигур класса Б		Р
	фактическое	теоретическое, если бы выбор был случайным	фактическое	теоретическое, если бы выбор был случайным	
I	5	7	48	46	0,05
II	18	7	37	48	0,01
III	32	6	17	43	0,01
IV	50	8	11	53	0,01

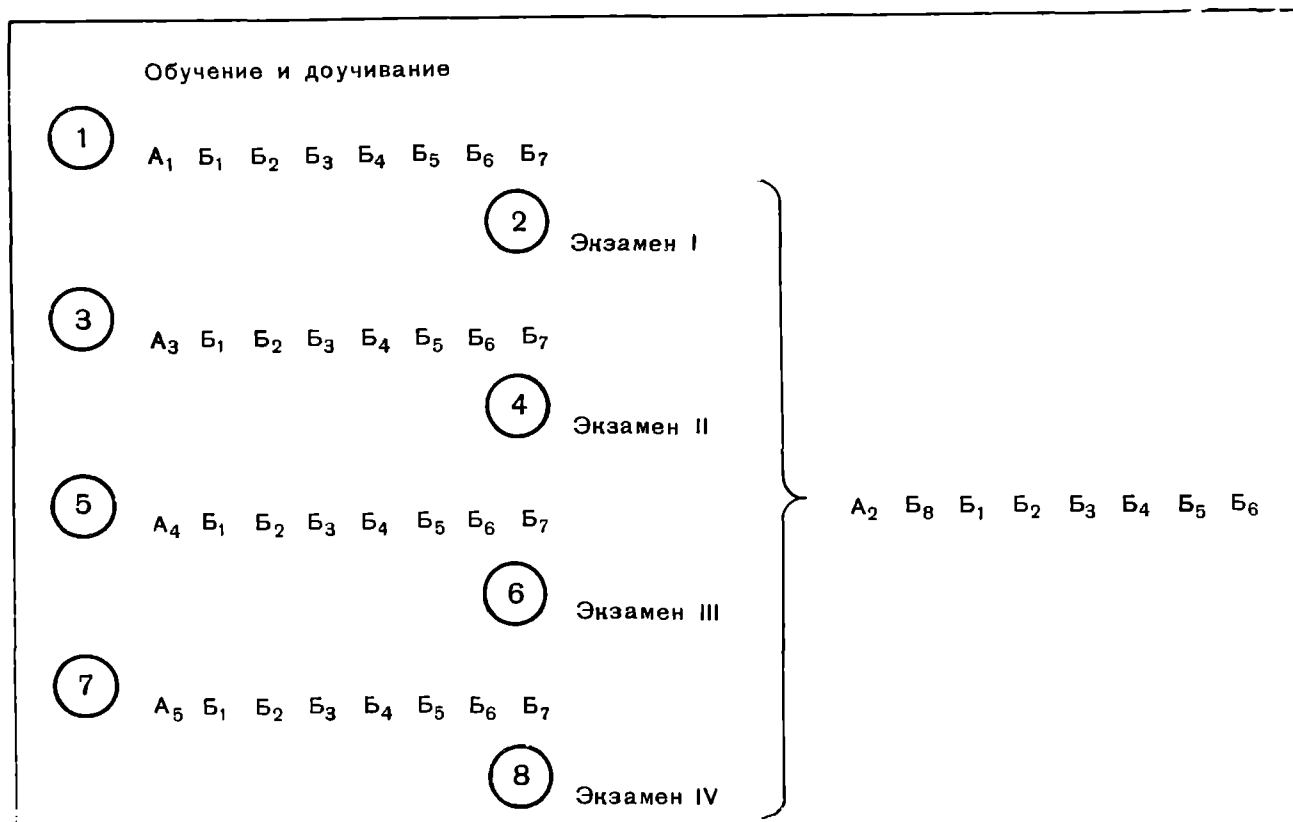


Рис. 5. Схема обучения и экзаменов в опытах, доказывающих опознавание фигур по локальному признаку: положению зачерненного кружка. Обозначения A₁, B₁ и т. д. соответствуют таковым на рис. 4. Цифрами в кружках отмечена последовательность обучения (доучивания) и экзамена.

О чем говорят опыты

Первое, что хочется отметить, анализируя только что описанные эксперименты, это неожиданность результата. Как показал пример пчел, насекомые оказались интересными не автоматизмом реакций, а нестандартностью поведения. И это тем более удивительно, что ассоциативные центры насекомых (так называемые грибовидные тела надглоточного ганглия) намного проще, гораздо беднее нервными клетками, чем у высших существ, про которые принято говорить, что их поведение гибко.

Впрочем, известной пластичности поведения насекомых можно было ожидать априори, если принять во внимание непрерывную изменчи-

вость среды, в которой они обитают. Непостоянное освещение, изменение взаимного расположения, формы, окраски и многих других признаков объектов, которые окружают их, — все это не могло не усложнить нервный контроль даже над простейшими поведенческими актами животных. И действительно, нетрудно заметить инвариантность реакций насекомых относительно некоторых простейших изменений зрительных стимулов. Например, случайное изменение освещения в поле зрения — посветление или потемнение — не препятствует бабочкам и мухам находить цветущие растения. Вероятно, не препятствует выбору искажение привычного вида объектов за счет оптических помех в виде теней, опавших листьев и т. п. Но описанные

опыты говорят, что зрительное узнавание пчел инвариантно и к более сложным преобразованиям. Предвидеть заранее целесообразность поведения пчел в этих экспериментах, особенно в задаче на счет, было не легко.

Даже не все позвоночные справляются с задачами, типа предложенных пчелам. Например, золотые рыбки не узнают одну и ту же фигуру, когда она изображена разными красками или хотя бы по-разному повернута. (Но обезьяны делают это легко¹.)

Итак, если поведение организма не стереотипно, а пластично, то каким

¹ Н. В. Праздников а. Исследование инвариантности опознавания зрительных изображений у рыб и обезьян. «Пробл. физиол. оптики», т. 13, 1966, стр. 96—116.

образом контролируется его целе-направленность? Свобода действий за пределами унаследованного стереотипа или простого заучивания может говорить об управлении механизмом, более высокого типа, чем инстинкт, например, основанным на применении прошлого опыта в другой ситуации.

Обучаемость уже предполагает использование личного навыка. Но у пчел дело обстоит сложнее. Именно выбор незнакомого объекта на основе обобщенного представления о нем есть свидетельство нестандартного использования пчелами личного навыка, т. е. свидетельство применения его в новой ситуации, отличной от обстановки первоначального обучения. Это последнее ясно заметно в наших дополнительных экспериментах, схема и результат которых представлены на рис. 3 цветной вклейки.

Здесь сравнивалась продуктивность обучения решать одну и ту же задачу у трех групп пчел, имевших различный исходный навык. Пчелы 1-й группы знали, что чашечка с приманкой всегда находится на черном круге, лежащем где-либо на дрессировочном столике. Это — исходный навык, приобретенный ими на первом этапе обучения, который мы называем задачей А. Исходный навык пчел 2-й группы заключался в умении выбирать зеленую расчлененную фигуру (+) в присутствии зеленой сплошной фигуры (—). Наконец, пчелы 3-й группы приобрели в задаче А противоположный навык: научились выбирать сплошную зеленую фигуру (+), отличая ее от такой же расчлененной (—). Общая для пчел всех трех групп значительно усложненная задача Б состояла в том, чтобы выбирать синюю расчлененную фигуру (+) среди синей сплошной (—), оранжевой расчлененной (—) и оранжевой сплошной (—), т. е. здесь выбор требовал запоминания двух различительных признаков: не только формы, как в задаче А, но и цвета. Следовательно, для пчел 1-й группы, задача Б была совершенно новой, а их поведение при обучении решать эту задачу мы взяли в качестве эталона (нулевой гипотезы). Пчелы 2-й группы имели исходный

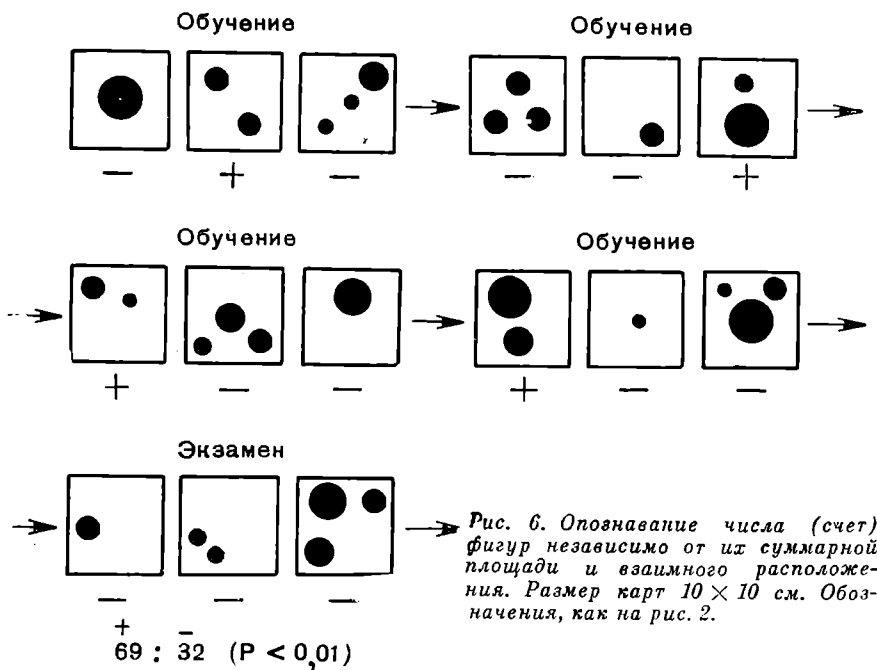


Рис. 6. Опознавание числа (счет) фигур независимо от их суммарной площади и взаимного расположения. Размер карт 10×10 см. Обозначения, как на рис. 2.

навык, который, в принципе, помог бы обучению в задаче Б, если бы пчелы «догадались» не обращать внимание на сплошные фигуры, а поискать сначала приманку на расчлененных фигурах, поскольку в задаче А она стояла именно на такой фигуре. Но для этого нужно отвлечься от знакомого по задаче А цвета. Аналогичным образом, пчелам 3-й группы исходный навык мог бы затруднить обучение в задаче Б, так как для них в задаче А приманка была связана со сплошной фигурой. Результат эксперимента оказался в соответствии с нашим ожиданием. В ходе первых десяти учтенных визитов в задаче Б пчелы 2-й группы ошибались заметно реже, а 3-й группы — чаще, чем пчелы 1-й группы, обладавшие неопределенным исходным навыком — в предварительном обучении у них не было выбора.

Есть ли у пчел элементарный рассудок?

Недавно на страницах журнала «Природа» проф. Л. В. Крушинский¹ выступил с большой статьей, в которой

он развил тезис о существовании у высших животных элементарного разума. Одним из оснований к этому послужили опыты, в которых он изучал умение животного угадывать направление движения кормушки и экстраполировать ее траекторию за ширмой. Собаки, врановые птицы, кошки без специальной тренировки поступали в большинстве случаев правильно. Другие животные: куры, голуби, рыбы или обходили кормушку с любой стороны, или вообще не пытались обогнуть ее. Способность к экстраполяции Л. В. Крушинский считает проявлением элементарной рассудочной деятельности, которая выражена у разных позвоночных в разной мере. Что касается насекомых, то, ссылаясь на высказывания авторитетнейшего знатока поведения пчел — К. Фриша¹, он пишет о полном отсутствии у них какого-либо элементарного разума.

Между тем результаты наших опытов с пчелами говорят, по-видимому, об обратном. Признавая способность к сложным отвлеченным операциям типа обобщения (и экстраполяции как частному случаю обобщения) и к нестандартному использованию

¹ Л. В. Крушинский. Есть ли разум у животных? «Природа», 1968, № 8, стр. 2—15.

¹ К. Фриш. Из жизни пчел. М., «Мир», 1966.

личного навыка в качестве выражения элементарной рассудочной деятельности, мы должны констатировать ее проявление и у пчел¹.

Вывод кажется поначалу невероятным, но, рассуждая последовательно, мы, действительно, не найдем принципиальных препятствий для отождествления в ряде случаев уровня поведения пчел с поведением позвоночных, обозначаемых у последних как элементарная рассудочная деятельность. У пчел, безусловно, меньше таких управляемых интеллектом форм поведения, чем, например, у собаки, но они все-таки есть, и это принципиально важно. Ими являются не только обобщение и счет фигур, как в наших опытах, специально задуманных для выявления способности к отвлеченным операциям, которую раньше не замечали у насекомых. Целесообразность действий в непрерывно меняющихся условиях среды, более глубокая, чем допускает простое сочетание врожденных рефлексов, т. е. очевидно происходящих на основе обобщений, можно заметить в поведении пчел, описанных другими авторами, в первую очередь К. Фришем и его учениками. Это — экстраполирование направления перемещения приманки, когда ее систематически удаляли от улья, экстраполирование хода солнца по небосводу и вообще вся астрономическая ориентация, наконец, способность общаться друг с другом и передавать информацию языком танца и, как показано в последнее время, звуковыми сигналами.

При внимательном рассмотрении нетрудно заметить даже в классических опытах Фабра способность некоторых насекомых решать нестандартные задачи. Как пишет Я. Дембовский, в основе заключений Фабра, кроме осторожности экспериментатора и таланта наблюдателя, лежал явный антропоморфизм: целесообразность поведения насекомых Фабр всегда оценивал с точки зрения человека, с позиции человеческого

опыта. Поэтому отсутствие разума, например, у жуков-могильщиков он усмотрел в том, что жуки не нашли правильного решения в незнакомой им ситуации: не догадались подрыть, как поступил бы человек, косо поставленный прут, чтобы сбросить и закопать привязанный к нему труп крота. Но и человек в действительности новой для него обстановке, когда предыдущий опыт оказывается бесполезным, ведет себя неразумно. Это, вероятно, замечал за собой каждый. Вместе с тем Фабру казалось самоочевидным, что жуки справляются с такими «привычными» им задачами, как сталкивание трупа с кирпича или перекусывание ветки, удерживающей труп, и т. п.; он не замечал нестандартность или не предсказуемое заранее многообразие этих задач и, следовательно, невозможность их решения на основе только инстинкта.

Может возникнуть вопрос, в какой мере допустимо распространять вывод из опытов с пчелами на остальных насекомых? Пчелы, как высокоорганизованные общественные насекомые, резко отличаются от других, ведущих одиночный образ жизни. Поэтому целиком переносить результаты опытов с пчелами на всех других насекомых, исключая шмелей, ос, муравьев, рискованно. Интеллект большинства их, конечно, уступает пчелиному. Но принципиально важно, и это мы вновь подчеркиваем, что на уровне организации насекомых все же возможно управление поведением за пределами наследуемых рефлексов и простого заучивания, т. е. путем использования не только конкретных признаков объектов, как при простом заучивании, но и личного опыта, хранимого в памяти в виде обобщенных представлений.

УДК 591.51

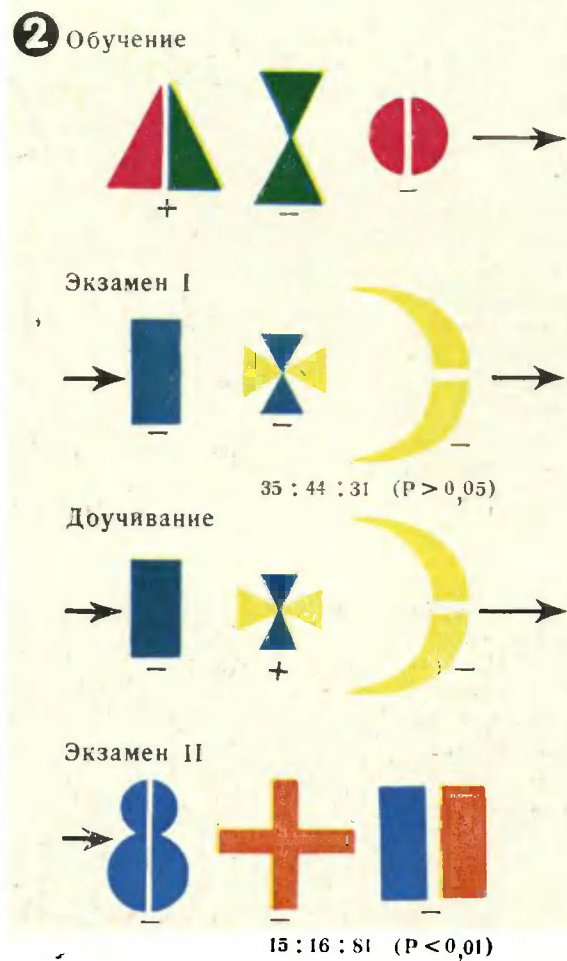
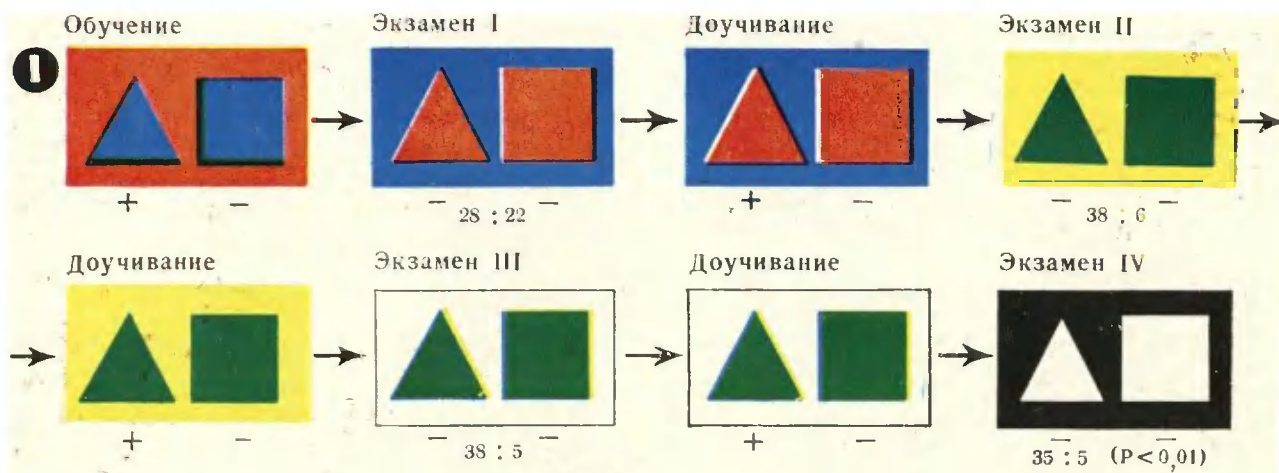
На вклейке.

Рис. 1. Ополаживание фигур независимо от изменения их окраски и цвета фона. Цифрами показано суммарное число правильных (слева) и ошибочных (справа) выборов шести пчел в экзаменах I—IV. Знак «плюс» под фигурами означает пищевое подкрепление, знак «минус» — отсутствие подкрепления. Стрелки показывают направления процесса обучения (доучивания) и экзамена. (Подлинный вид фигур был таким, как на рис. 1а в тексте.)

Рис. 2. Ополаживание фигур по признаку «двуцветность». Площадь фигур от 4,5 до 33 см². Цифрами показано число выборов соответствующих фигур в экзамене. Остальные обозначения как на рис. 1 вклейки.

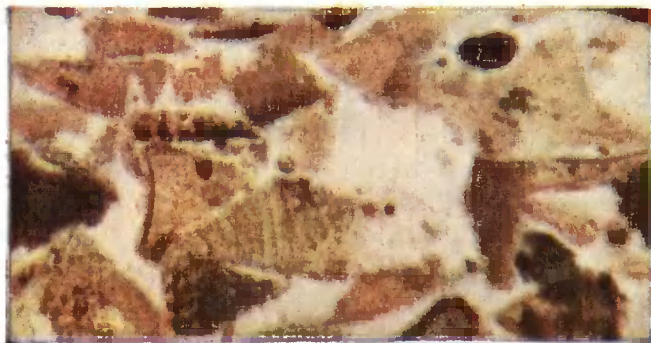
Рис. 3. Эффект предварительного обучения при формировании нового навыка. Цифрами показано число посадок на подкрепляемые пищей (знак «плюс») и неподкрепляемые ею (знак «минус») фигуры за первые десять выборов восьмью разными пчелами (в каждой группе было по 8 пчел).

¹ Г. А. Мазохин-Поршняков. Обобщение зрительных стимулов как пример решения пчелами отвлеченных задач, «Зоологич. журн.», т. 48, 1969, стр. 1125—1136.



3

Задача А	Задача Б
Пчелы 1-ой группы	
 +	 -  +  -  -
	57 : 23
Пчелы 2-ой группы	
 -  +	 -  +  -  -
	71 : 9 ($P < 0,01$)
Пчелы 3-ой группы	
 +  -	 -  +  -  -
	38 : 36 ($P \approx 0,02$)



Железо-марганцевые конкреции со дна Тихого океана.

Вверху: зуб акулы в ядре железо-марганцевой конкреции. Размер конкреции — 7 см в диаметре.

Внизу: слева — угловатые обломки измененного вулканического стекла в ядре железо-марганцевой конкреции. Прозрачный шлиф. Справа — «кружевоподобное» строение рудной оболочки железо-марганцевой конкреции, обусловленное чередованием полос гидроокислов марганца (черные и коричневые) и гидроокислов железа (оранжевые и красные). Прозрачный шлиф.

Изучая железо-марганцевые конкреции...

П. Ф. Андрущенко

Н. С. Скорнякова

Кандидаты геолого-минералогических наук

Проблема железо-марганцевых конкреций — одна из наиболее актуальных в серии исследований Мирового океана. По самым приближенным подсчетам, на дне Тихого океана залегает более 100 млрд. т конкреций, которые, помимо больших содержаний марганца и железа, обогащены никелем, кобальтом, медью и другими металлами. Эти полиметаллические образования рассматриваются ныне как возможное сырье для использования в металлургии. Но как образовались эти своеобразные «месторождения»? Этот вопрос пока остается без ответа. Вот почему с целью дальнейшего изучения железо-марганцевых конкреций был организован 43-й рейс «Витязя».



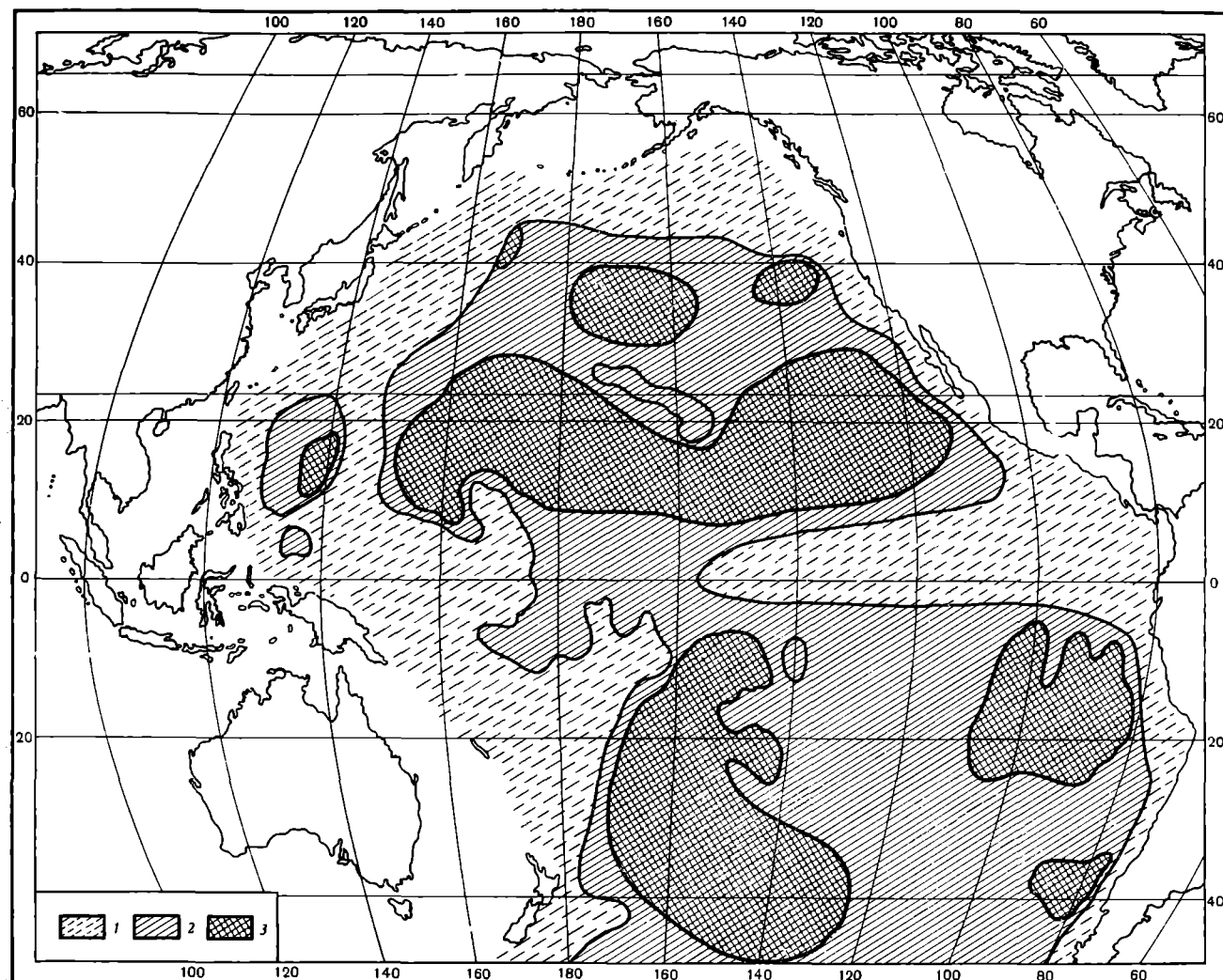
Полина Федоровна Андрущенко, старший научный сотрудник Института геологии рудных месторождений, минералогии, петрографии и геохимии АН СССР, один из крупнейших специалистов в области изучения минерального состава марганцевых руд. Последние годы занимается исследованием современных железо-марганцевых конкреций Тихого океана. Автор двух монографий и многих научных работ.



Надежда Сергеевна Скорнякова, старший научный сотрудник Института океанологии АН СССР им. П. П. Шишова, морской геолог. Работает над проблемами литологии океанских донных осадков, условий образования и геохимии железо-марганцевых конкреций. Автор более 50 научных работ.

Океан встретил нас неприветливо. Жестокие штормы до 11 баллов следовали один за другим с первого же дня выхода из Владивостока. Когда мы покидали Сангарский пролив, крупные волны кренили корабль до 42°; в кают-компани сорвало пианино и даже был сдвинут с места моторный бот вместе с кильблоками. Волны выдавили стекла у двух наружных иллюминаторов в коридорах, выбили дверь в геологической лаборатории. То и дело по коридорам нижней палубы перекатывалась вода.

Трудно было представить, как мы будем работать в таких условиях. Успокаивала одна надежда, что на юге Тихого океана будет поспокойнее. Дело в том, что если в предыдущих рейсах «Витязь» работал главным образом в северной части Тихого океана, то на этот раз программа предусматривала «полевые» геологические исследования на юге, близ о-вов Фиджи, Тонга и Таити. Однако и дальше по нашему маршруту погода заметно не улучшилась. Сильнейший ураган обрушился на нас у о-вов Самоа. Капитану «Витязя» М. В. Соболевскому пришлось даже ввести корабль в закрытую гавань у южного берега о-ва Тутуила.



Карта распределения железо-марганцевых конкреций на дне Тихого океана: 1—единичные, 2—области массового распространения, 3—области высоких концентраций.

(Восточное Самоа). Но и здесь шквальный ветер, временами достигавший 36 м/сек, грозил выбросить судно на береговые рифы, которые обрамляют узкую бухту. И так продолжалось почти все время.

Шторм в 6—7 баллов — это была, пожалуй, обычная обстановка для ведения заборных работ. Конечно, тот, кто впервые вышел в рейс, не сразу привык к столь сложным условиям.

Не один километр тросов вместе с

проточными трубами, черпаками, драгами и тралами потопили мы в океане. Прекращать работу, хотя бы даже временно, мы не могли. А задача перед нашим небольшим (13 чел.) геологическим отрядом была поставлена не из легких: предстояло выяснить общие закономерности процессов осадко- и рудообразования в районах распространения железо-марганцевых конкреций, а также установить связь между характером рельефа дна океана, глубокими осадками и железо-марганцевыми конкрециями, выявить их морфологические особенности и минеральный состав.

Железо-марганцевые конкреции были открыты еще в конце прошлого столетия известной кругосветной эк-

спедицией на судне «Челленджер» 1873—1876 гг. Однако только исследования, проведенные во время Международного геофизического года, показали, что этими уникальными образованиями усеяны огромные площади дна Тихого океана. Оказалось, что конкреции образуют на дне рудные залежи принципиально нового типа, не имеющие аналогов на суше. Этим и объясняется сложность их изучения.

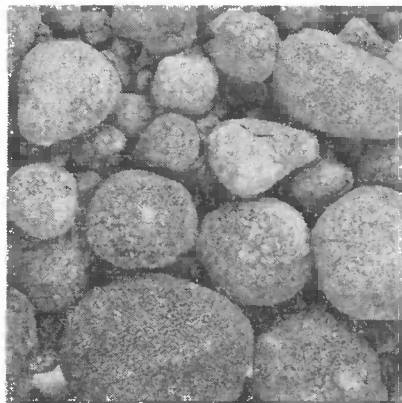
В результате океанологических и лабораторных исследований к настоящему времени выяснены основные черты распределения и изменчивости состава конкреций на обширных пространствах дна океана. Вместе с тем многие генетические вопросы, связанные с изучением океаническо-

го рудообразования, еще не получили достаточного освещения. Составленная ранее карта распределения рудных скоплений железо-марганцевых конкреций требовала уточнений. Прежде исследования конкреций проводились в комплексных экспедициях, поэтому пробы собирали лишь на редких, большей частью случайных станциях, удаленных друг от друга на многие десятки и сотни миль. Теперь предстояло получить материалы по станциям, которые были заранее специально намечены на всем 18-тысячемильном пути корабля.

Пока не весь материал, собранный в 43-м рейсе «Витязя», обработан, поэтому составленная ранее карта еще не уточнена. На ней выделены области рудных концентраций, в которых от 20 до 50% площади дна океана покрыты конкрециями. На некоторых подводных поднятиях концентрация их достигает 80—90%. По сути дела, эти участки представляют собой площади почти сплошного распространения глубоководных железо-марганцевых руд. В то же время в пределах рудных зон, как показали полученные данные, распределение конкреций крайне неравномерно и, в частности, тесно связано с формами рельефа.

Конкреции обычно залегают на самой поверхности донных отложений, главным образом на красных глинах, иногда на радиоляриевых, реже — карбонатных илах. Так как сверху они не прикрыты даже ничтожным слоем осадков, их удобно добывать; всасывание конкреций вместе с водой может быть осуществлено без дополнительного рыхления дна. Уже существуют проекты нескольких типов плавучих добывающих устройств. Известно, что Горный департамент США получил ассигнования на строительство четырех гигантских гидравлических драг для сбора конкреций со дна океана. Таким образом будет предпринята попытка подъема значительных количеств конкреций на поверхность океана для их последующей промышленной переработки.

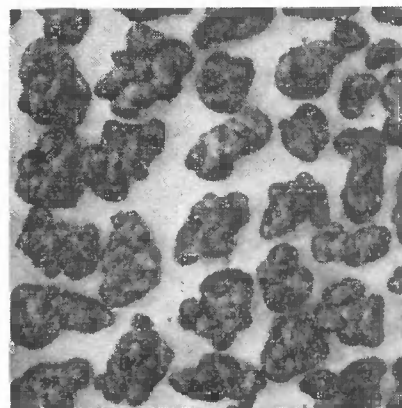
При постоянной качке было очень трудно добывать конкреции. Тем не менее мы просмотрели колоссальное количество конкреций и имели возможность изучить их форму, разме-



a



б



в

Железо-марганцевые конкреции: а — шаровидной и эллипсоидальной формы, б — лепешковидные, в — сростковой формы.

ры, внутреннее строение. Непосредственно в рейсе все эти работы проводились впервые.

Интересно, что форма конкреций нередко зависит от первичных очертаний обломков, служащих их ядром, и степени замещения этих обломков рудным веществом. Нам встречались плитчатые, более или менее правильные шаровидные, эллипсоидальные или почковидные конкреции, а также бугристые желвакоподобные в сrostковых сложных образованиях. Средние размеры конкреций — от 3 до 7 см в диаметре; изредка попадаются крупные — от 10 до 20 см и весом до 4 кг. Известна, по данным американского инженера Дж. Мэро¹, конкреция весом 850 кг, поднятая в 300 милях к востоку от Филиппинских островов. Со склона подводной горы, расположенной западнее Гавайских островов, с глубины 3 300—3 800 м нами была поднята уникальная глыбовая конкреция с максимальными размерами 170 × 145 × 64 см, весом около 2 000 кг. Ядром этой конкреции служит ожелезненная кремнистая порода желтовато-бурого цвета, в значительной степени обогащенная фосфором.

Часто по 16 часов в сутки колотили мы молотком все новые и новые порции конкреций, доставляемые черпаками, драгами и тралами, чтобы выяснить их внутреннее строение и состав. Такой возможности до сих пор мы не имели — в лабораторных условиях невозможно одновременно разбивать по несколько сот конкреций. И, конечно, результат не заставил себя долго ждать: много мы узнали интересного и важного.

Если раньше считалось, что ядрами конкреций служат главным образом обломки базальтов, туфо-брекчий и туфов базальтового состава, пемзы, вулканических стекол, то теперь установлено широкое развитие на дне океана полностью оруденелых конкреций, ядрами которых служат мельчайшие органогенные или минеральные частицы. Велико было наше удивление, когда в одной из партий разбитых конкреций мы обнаружили в их ядрах скопления многочислен-

¹ Дж. Мэро. Минеральные богатства океана. «Прогресс», 1969.

ных мелких зубов и косточек рыб — как щеточки торчали они в разные стороны. Довольно часто встречались среди ядер конкреций и крупные зубы акул, иногда величиной 11 см в длину и 8 см у основания зуба. Гладкая наружная их поверхность часто покрыта оболочкой гидроокислов марганца и железа концентрически-слоистого строения, а внутренняя их часть обычно представлена скоплениями рудных дендритов, образованных при замещении дентинного вещества. Встречались нам и конкреции с ядрами из обломков более древних конкреций или сростков микроконкреций, сцементированных рудным веществом, а западнее Гавайских островов — также из обломков третичных известняков и фосфоритов. Таким образом, было установлено, что в разных районах океана встречаются конкреции с различным составом ядер.

Специальное внимание в рейсе было уделено изучению вещественного состава, а также текстурным и структурным особенностям оруденелой части конкреций. Следует отметить, что последние характеризуются чрезвычайной пестротой текстурных и структурных рисунков, что прежде всего свидетельствует о сложности и разнообразии процессов, влиявших на формирование конкреций. Напомним, что руды, залегающие в земной коре, претерпели различные изменения в процессе метаморфизма. Поэтому мы часто не имеем возможности однозначно решить вопрос об их происхождении. Другое дело — железо-марганцевые конкреции, лежащие на дне океана и не подвергшиеся таким изменениям. В связи с этим особо важное значение приобретает именно выявление текстуры конкреций. Нами было выделено пять главных типов текстур:

— параллельно-слоистые и скорлуповато-слоистые текстуры рудных оболочек конкреций, возникшие в процессе осадкообразования в условиях слабого проявления процессов изменения и замещения пород, на которых осаждалось рудное вещество; — дендритовые текстуры, характерные для рудных образований, развивающихся метасоматически преимущественно в стекловатых, эффузив-



Конкреции, ядрами которых служат зубы акул.

ных и пирокластических породах; — глобулярные текстуры, образование которых обусловлено процессами коагуляции геля сложного состава и явлениями последующего изменения гидроокислов марганца и железа;

— концентрически-полосчатые коллоидные текстуры, типичные для ритмических образований, возникших при взаимодействии циркулирующих донных растворов с насыщенными растворами в субкапиллярных трещинках и порах в измененных породах; и, наконец,

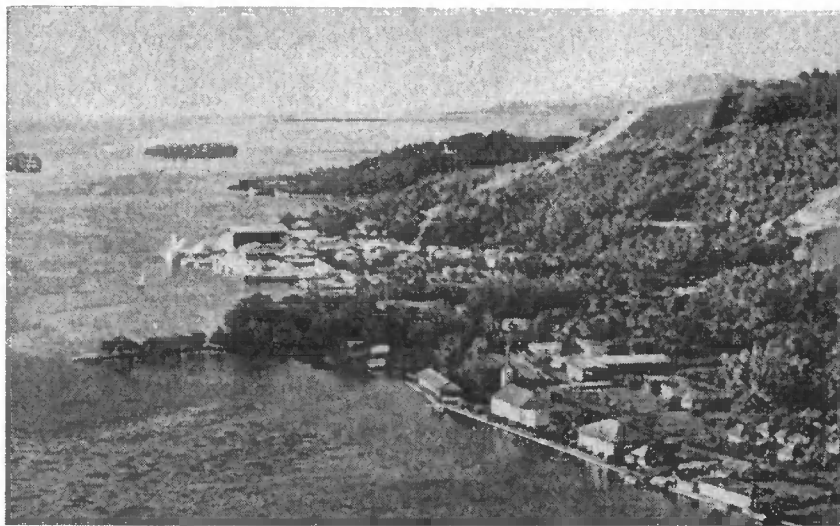
— катакlastические текстуры, свидетельствующие о механических деформациях конкреционных и корковых образований на дне Тихого океана. Конечно, эти основные типы текстур часто включают элементы многочисленных переходных и смешанных текстур, что связано с наложением различных сопутствующих процессов при образовании рудных скоплений, а также с различной интенсивностью проявления последующих изменений. Знание текстур железо-марганцевых

конкреций поможет при выяснении происхождения руд и решении вопросов их переработки.

Нам осталось рассказать о тех новых данных, которые были получены при изучении вещественного состава рудной части конкреций. Несмотря на значительное разнообразие текстурных типов, состав конкреций ограничивается сравнительно небольшим числом минеральных видов.

Для выяснения состава конкреций мы просмотрели большое количество полированных и прозрачных шлифов. Вот когда нам особенно мешала постоянная качка. Работать приходилось с микроскопами, которые обычно были закреплены на неподвижном лабораторном столе. Но, для того чтобы не оторваться от микроскопа, нередко приходилось привязывать себя не только к стулу, но и к столу. Руководствуясь поговоркой, рекомендующей «из двух зол выбирать меньшее», мы почти радовались, когда начиналась бортовая качка. Лаборатории были узкие и длинные, и если исследователь не прикреплял себя к столу, то при бортовой качке не так сильно откатывался от микроскопа, как при килевой, когда легко можно было укатиться не только далеко от своего микроскопа, но по пути увлечь и рядом сидящего коллегу. Это не помешало, однако, получить новые данные о минеральном составе железо-марганцевых конкреций.

Раньше считалось, что основным рудообразующим марганцевым минералом, слагающим железо-марганцевые конкреции, является железистый и марганцевистый манганит. В результате наших исследований было установлено, что главные рудообразующие минералы — это вернадит, тодорит и бернессит, а в ряде случаев и вулдрафит. Чрезвычайно редко и в очень ограниченных количествах встречается пиролюзит. Что касается гидроокислов железа, то они представлены гидрогетитом, гидрогематитом и изредка в небольших количествах устанавливается гематит. Из нерудных минералов среди глинистого вещества наиболее распространен монтмориллонит и в гораздо меньшей степени — нонтронит. В тес-



Так выглядит прибрежная зона о-ва Таити. Виден порт Папаети.

ном страстании с рудными минералами обычно находятся цеолиты, среди которых преобладает существенно калиевый — филлипсит, встречается также существенно натриевый — морденит. Таковы некоторые результаты научных исследований, полученные в 43-м рейсе исследовательского судна «Витязь».

Когда закончилась экспедиционная работа, все трудности, связанные с преследующими нас штормами и частыми тропическими дождями, были забыты, остались лишь приятные воспоминания от посещения экзотических островов южной части Тихого океана — особенно о-ва Таити и атолла Фаннинг.

О-в Таити до сих пор еще овеян романтикой «сказок южных морей». Но остров быстро становится «модным», поэтому среди тысяч туристов, ежегодно его посещающих, сравнительно много звезд экрана и миллионеров, а «...в портовых кабаках, — как остроумно писал известный польский журналист Люциан Воляновский¹, — можно увидеть больше акул промышленного мира, чем морских волков».

Мы проехали по опоясывающей остров автомобильной дороге, которая петляла среди зарослей диких лимо-

нов, насаждений сахарного тростника. И везде среди зелени — ярко-красные цветы; женщины их носят в волосах, мужчины — за ухом. Видели мы в центральной части острова высокие горные края, покрытые густой тропической растительностью, скалистые выходы вулканических пород, которые изобилуют гротами и прорезаны бурными потоками, нередко с красивыми водопадами.

Немногочисленное население сосредоточено здесь в пределах сравнительно узкой прибрежной части, покрытой рощами кокосовых пальм. Тут и банановые заросли, среди огромных широких листьев которых свисают большие гроздья бананов, и хлебное дерево с крупными шаровидными ярко-зелеными плодами. Запеченные на углях, они скорее напоминают по вкусу сладковатый картофель, нежели хлеб. Встречаются также сравнительно высокие широколистные дынные деревья «папайя» с гроздьями прикрепленных к стволу овальных желтых плодов. Нас тут же угостили ими, но хотя внешне они очень похожи на дыню, их легкий скипидарный запах нам не очень понравился.

Побывали мы в музее Поля Гогена. Художник не получил до конца своей жизни признания на родине и долгое время жил на острове, но, к сожалению, в музее находятся только реп-

родукции. Ни одной подлинной картины на острове не осталось: они были распроданы за бесценок невежественными чиновниками после смерти Гогена.

Запомнился нам и атолл Фаннинг — коралловый остров или, вернее, группа островов, образующих более или менее замкнутое кольцо вокруг центральной лагуны. Это огромная чаша среди густых зарослей кокосовых пальм, оттеняющих ее своим темно-зеленым цветом. Нас поразила в ней цвет воды — от изумрудно-зеленого у берегов до ультрамаринового в центральной, более глубокой части.

Кокосовые пальмы растут здесь на скудном коралловом песке, где грунтовая вода часто наполовину смешана с морской. Эти пальмы дают местным жителям пищу и питье, материал для постройки жилищ, каноэ, плетения веревок, циновки и корзин.

УДК 553.3

¹ Люциан Воляновский. Луна над Таити. М., «Мысль», 1967.

О чем рассказывает анизотропия реликтового излучения

А. А. Рузмайкин
Москва

Теоретические исследования А. А. Фридмана в 1922 г., основанные на мощном фундаменте общей теории относительности Эйнштейна, и поразительный факт разбегания галактик, открытый Э. Хабблом в 1929 г., доказали нестатичность мира как целого и позволили определеннее говорить о его геометрической структуре. 1965 г. принес новое значительное открытие. Оказалось, что наше пространство равномерно заполнено тепловым излучением с температурой $2,7^\circ\text{K}$, реликтовая природа которого считается общепризнанным фактом¹. Согласно теории, созданной Г. Гамовым (горячая модель Вселенной), это излучение сохранилось с очень ранних стадий эволюции Вселенной (около 10 млрд лет назад). Наиболее замечательное свойство этого излучения — высокая изотропия, т. е. оно приходит с одинаковой интенсивностью со всех направлений.

Измерения, проведенные американскими астрономами Р. Партриджем и Д. Уилкинсоном², показывают, что отклонения температуры излучения от изотропной составляют менее 0,1%. Измеряя нынешний реликтовый фон излучения и зная закон, по

которому происходило «остывание» излучения, можно заглянуть в прошлое Вселенной и убедиться в изотропии более ранних стадий ее эволюции.

Однако еще большую пользу может принести наблюдение малых искажений изотропии реликтового излучения. Они могут вызываться движением Земли относительно реликтового фона, процессом образования галактик и тем, что на ранних стадиях эволюции Вселенная расширялась неодинаково в разных направлениях. При этом в каждом из этих случаев характер наблюдаемых сегодня отклонений температуры реликтового излучения от изотропной будет существенно разным.

Движение Земли относительно реликтового фона излучения

Реликтовое излучение определяет уникальную, экстремально удаленную систему отсчета. Такой системой служит вещество, испустившее принимаемое сегодня реликтовое излучение. И если Земля движется со скоростью $\vec{v}$ по отношению к этой системе отсчета (рис. 1), то в силу принципа Доплера регистрируемая температура излучения будет отли-

чаться от изотропной $T = 2,7^\circ\text{K}$ на величину

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{T - \bar{T}}{\bar{T}} = \frac{v}{c} \cos \theta \quad (1)$$

где c — скорость света, θ — угол между направлением регистрируемого кванта и скоростью Земли. Обнаружение отклонений температуры от изотропной, обладающих периодичностью косинуса, — трудная наблюдательная задача. Совсем недавно (в июне 1969 г.) Э. Конклина из Стенфордского радиоастрономического института удалось получить определенный результат. Его приемное устройство состояло из радиометра, связанного с двумя рупорными антеннами, раствором в 12° каждая. Антенны были ориентированы на восток и на запад под углом 30° к зениту, так что приемник измерял разность температур между точками, разнесенными примерно на $\Delta\alpha = 5^h$ прямого восхождения, при постоянном склонении¹ $\delta_0 = +32^\circ$. Результат Конклина представлен на полярной диаграмме (рис. 2).

Будем считать, что вся измеренная анизотропия обусловлена движением Земли относительно указанной выше экстремально удаленной системы отсчета; тогда вектор $\vec{OB}$ величиной в $1,6^\circ\text{K}$ ($1^\circ\text{K} = 10^{-3}^\circ\text{K}$), указывающий максимальное температурное отклонение, означает по формуле (1) скорость Земли в направлении $\alpha = 13^h$; $\delta_0 = +32^\circ$, равную 160 км/сек. Как известно, Земля движется вокруг

¹ См. «Природа», 1966, № 11, стр. 45.
² R. Partridge, D. Wilkinson. «Nature», v. 215, 1967, p. 719.

¹ Прямое восхождение α — угловая координата в плоскости околосолнечной орбиты Земли. α измеряется в часах ($0^h \leq \alpha \leq 24^h$). За нуль α принята точка весеннего равноденствия. Склонение δ — угол между плоскостью орбиты Земли и направлением на объект.

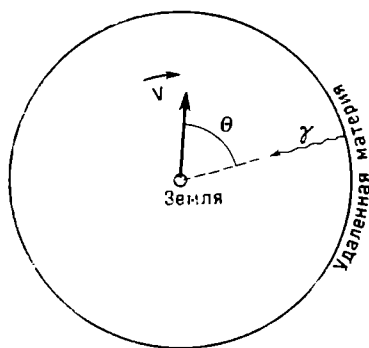


Рис. 1. Схема движения Земли относительно экстремально удаленного вещества, испустившего реликтовое излучение: $\vec{v}$ показывает направление скорости движения Земли; θ — угол между направлением $\vec{v}$ и направлением принимаемого излучения.

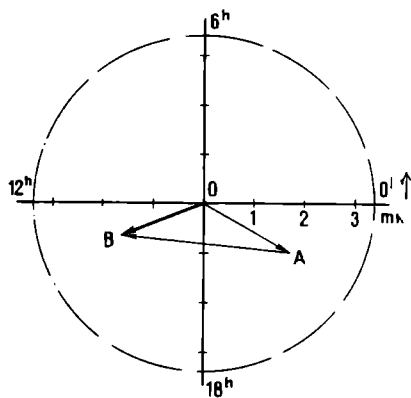


Рис. 2. Полярная диаграмма, иллюстрирующая экспериментальный результат Э. Конклина ($m^{\circ}K$); $\angle \alpha$ — прямое восхождение; пробегает значение от 0^h до 24^h (направление указано стрелкой). По осям координат отложена температурная шкала в милликельвинах. OB и OA — величина превышения температуры ΔT над изотропной температурой $2,7^{\circ}K$.

Солнца; вместе с Солнцем — вокруг ядра нашей Галактики и вместе с Галактикой — в Местной группе галактик. Вектор OA показывает анизотропию излучения, обусловленную движением Земли в Местной группе галактик. Величина OA , равная $1,85 m^{\circ}K$, выведена из известной ранее скорости указанного движения, равной 315 км/сек. Очевидно, вектор AB дает величину и направление скорости Местной группы галактик относительно реликтового излучения.

Таким образом, если вся измеренная анизотропия вызвана движением Земли относительно удаленной системы отсчета, то результат Конклина означает, что проекция скорости Земли на направление $\alpha = 13^h$; $\delta_0 = +32^{\circ}$ (это в районе созвездия Гончих Псов) составляет $v_0 = 160$ км/сек. Эта скорость значительно превосходит скорость движения Земли по околосолнечной орбите, равную 30 км/сек. Подчеркнем, что наблюдения проводились при постоянном склонении δ_0 , поэтому направление вектора скорости в плоскости $\alpha = 13^h$ осталось неопределенным, v_0 есть проекция v на направление δ_0 .

Флуктуации реликтового излучения и зарождающиеся галактики

В общепризнанной на сегодня горячей модели предполагается, что в далеком прошлом расширяющаяся Вселенная была заполнена однородно и изотропно распределенной плазмой, состоящей из протонов, электронов и огромного количества γ -квантов. По мере расширения плазма охлаждалась, и в некоторый момент электроны и протоны рекомбинировали в нейтральные атомы. Предполагается, что наблюдаемые сегодня небесные объекты (скопления галактик, галактики и т. д.) образовались после периода рекомбинации в результате роста малых случайных возмущений плотности искомого вещества. Можем ли мы сегодня что-нибудь узнать о зародившихся тогда галактиках? На помощь приходит реликтовое излучение. Дело в том, что в этот период

реликтовое излучение тесно связано с веществом. Вещество непрерывно излучает и поглощает реликтовое излучение (стадия отделения излучения от вещества в результате расширения и охлаждения наступает позже). Возмущения плотности и скорости движения вещества вызвали мелкомасштабные флуктуации температуры регистрируемого сегодня реликтового излучения. Угловой размер $\Delta\theta$ наблюдаемых возмущений температуры связан простой зависимостью с массами образующихся объектов M :

$$\Delta\theta \cong 10^{-4} \left(\frac{M}{M_{\odot}} \right)^{1/3} \quad (2)$$

Наблюдения мелкомасштабных флуктуаций реликтового фона проведены Э. Конклином и Р. Брасуэллом в 1967 г. и советскими астрономами Т. Петруниной, Ю. Н. Парийским и К. С. Станкевичем в 1969 г. показали, что отклонение температуры от изотропной меньше $0,01\%$. Анализ результатов этих наблюдений показал, что затруднительно обнаружение флуктуаций, связанных с зарождающимися галактиками ($M = 10^{10} \div 10^{12} M_{\odot}$), так как на соответствующих им угловых размерах значительно выше флуктуации реликтового излучения, обусловленные наличием дискретных источников радиоизлучения.

Однако получить информацию о начальном этапе рождения больших масс (скопление галактик), по-видимому, возможно. Для этого необходимо улучшить точность измерений отклонений температуры и угловое разрешение радиотелескопов.

Как выглядела юная Вселенная

Сегодня можно считать экспериментально доказанным, что наблюдаемая часть Вселенной — Метагалактика однородна и изотропна в масштабах, содержащих много скоплений галактик. Высокая изотропия реликтового излучения является сильным аргументом и в пользу того, что подобными свойствами обладала Вселенная и в более «близкий» к нам период, когда излучение отделилось от вещества. Однако остается открытым вопрос: была ли такой Вселенная на раннем этапе своего развития? Не

исключено, что юная Вселенная была резко анизотропной из-за наличия деформации геометрической структуры пространства, силовых полей (например, магнитного поля), направленных потоков частиц, вращения и т. п. Вследствие этого анизотропным было и расширение (крупномасштабная анизотропия).

Но оно могло проходить так, что начальная анизотропия быстро уменьшалась, давая начало современному изотропному состоянию. Поэтому трудно ответить на вопрос, как выглядела Вселенная на раннем этапе. Мы пока не можем заглянуть в столь отдаленное прошлое¹. Реликтовые кванты на пути к нам много раз рассеиваются, «забывают» о своем прежнем состоянии. И тем не менее именно реликтовое излучение позволяет сказать кое-что о возможном характере анизотропии юной Вселенной.

Если скорость космологического расширения материи, испускавшей это

¹ Это станет возможным в случае обнаружения реликтовых нейтрино, которые способны принести сведения об очень раннем этапе расширения (порядка 1 сек.).

излучение в момент, когда межгалактическая среда стала прозрачной для реликтового излучения, еще была различна по разным направлениям, то должна была появиться малая по величине анизотропия температуры реликтового фона. Измерения, проведенные американскими астрономами Р. Парtridge и Д. Уилкинсоном, показали, что отклонения излучения от изотропии составляют меньше 0,1%, с неуставленной пока угловой зависимостью.

Нужно сказать, что вопрос о том, какой была Вселенная в далеком прошлом, — один из самых трудных вопросов космологии. Существуют две диаметрально противоположные точки зрения. Ряд астрофизиков считает, что фридмановское однородное и изотропное решение является тем исключительным решением, которое описывает не только современные, но и ранние стадии эволюции Вселенной (причем на ранних стадиях однородность имела место и в малых масштабах). Однако, как мы уже знаем, существуют решения уравнений общей теории относительности для ранней стадии расширения Вселенной, резко отличающиеся от

фридмановского и верно описывающие наблюдаемую сегодня картину Вселенной. Поэтому вторая возможность, которая особенно подчеркивается советским космологом А. Л. Зельмановым, а в последнее время активно исследуется, и заключается в том, что в начале своего развития Вселенная могла быть сильно анизотропной и обладать любыми неоднородностями, которые затем сгладились.

Модели Вселенной, сильно анизотропные в ранний период эволюции Вселенной и переходящие в изотропную фридмановскую модель с течением времени, интенсивно исследовались теоретиками в последнее десятилетие. При этом для каждой модели получалась вполне определенная угловая зависимость $\frac{\Delta T}{T}$.

Наблюдательное установление этой угловой зависимости позволило бы отдать предпочтение одним моделям Вселенной и отказаться от других. Это важная и интересная экспериментальная задача, которая должна быть решена в ближайшем будущем.

УДК 523.032.

Череп триасового териодонта на территории СССР

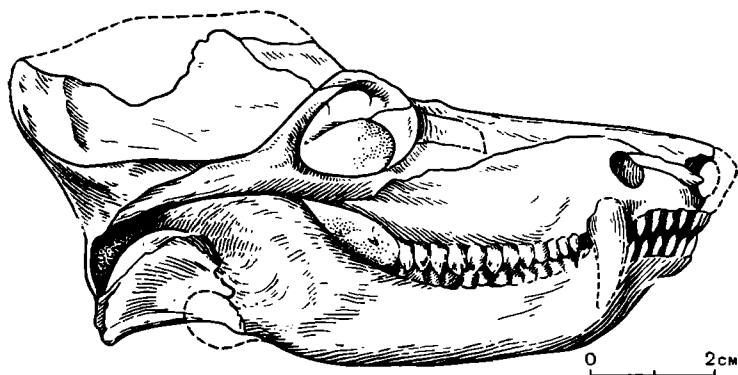
А. И. Данилов, Н. К. Каландадзе
Палеонтологический музей АН СССР

Минувшей осенью была закончена техническая обработка одной из наиболее интересных палеонтологических находок последних лет — первого черепа триасового териодонта, найденного на территории СССР. В настоящее время завершается его научное исследование. Териодонты — одна из наиболее интересных и многочисленных групп вымерших рептилий. Уже само на-

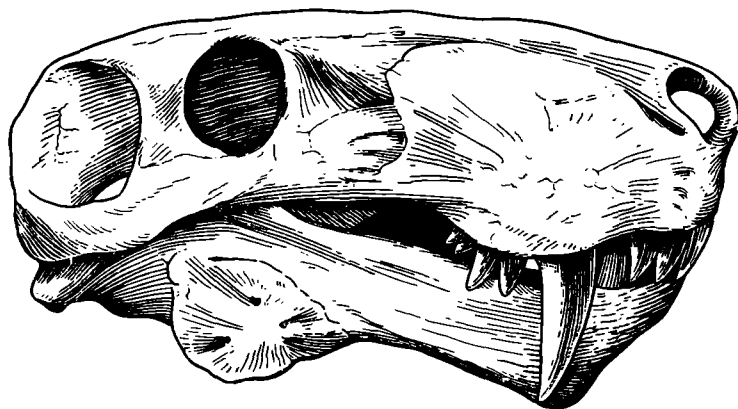
звание (по-гречески «териодонт» — «зверозуб») указывает на сходство их с млекопитающими, предками которых они и являются. У териодонтов, как и у млекопитающих, зубной ряд подразделен на резцы, клыки и коренные (вернее, щечные) зубы. Большинство териодонтов должно было быть хищниками. Самые мелкие из них были не больше кошки, а крупные, такие как иностранце-

ви — гораздо больше тигра. Ловкие и подвижные, с хорошо развитыми конечностями, гибким позвоночником, массивной головой, нередко вооруженные гигантскими саблевыми клыками, крупные териодонты, вероятно, были самими страшными хищниками своего времени.

В строении териодонтов причудливо сочетаются признаки, характерные как для рептилий, так и для млекопитающих. У них намечается переход конечностей из горизонтальной плоскости в вертикальную — приспособление к более быстрому передвижению. Общая форма черепа напоминает череп хищных млекопитающих. У некоторых териодонтов закрыто отверстие непарного третьего глаза, характерного для большинства ископаемых и современных рептилий. У млекопитающих



Череп небольшого пермского териодонта двинши. Длина черепа 10 см.



Череп гигантского пермского териодонта иностранцевши. Длина черепа 50 см.

теменной орган сохранился в виде железы внутренней секреции — эпифиза, но он всегда расположен под костями крышки черепа. Коронки зубов некоторых териодонтов по сложности строения напоминают зубы млекопитающих, но никогда не имеют разветвленных корней. Весьма важно и то, что у них уже появляется вторичное нёбо, отделяющее полость рта от носоглотки, при помощи которого животные получили возможность пережевывать пищу, не задерживая дыхания. Не исключено, что некоторые териодонты имели постоянную температуру тела, настоящий волосяной покров и даже были живородящими.

Териодонты появились в перми около 200 млн лет назад и вымерли в

юре, просуществовав не менее 80 млн лет. Большое количество остатков териодонтов было найдено в Южном полушарии. Здесь в палеозое и мезозое существовал огромный древний материк — Гондвана, позднее разделившийся на Южную Америку, Африку, Индию, Австралию и Антарктиду. Подавляющее большинство находок териодонтов было сделано в Южной Африке. Климат Гондваны был весьма умеренным. Видимо поэтому, как предположил наш известный палеонтолог И. А. Ефремов, она и была главной ареной развития зверообразных пресмыкающихся, у которых в процессе естественного отбора в относительно суровых климатических условиях возникала постоянная темпе-

ратура тела, образовывался волосяной покров и т. д. В Северном полушарии, где располагался не менее громадный материк Лауразия, включавший Северную Америку и большую часть Евразии, климат в позднепермское и триасовое время на значительной территории был более жарким. В этих условиях териодонты встречались реже. Правда, находки их пермских представителей все же довольно многочисленны. В нашей стране они впервые были найдены проф. В. П. Амелициким в конце прошлого века на Северной Двине.

Несравненно более редки в Северном полушарии остатки триасовых териодонтов. Разрозненные кости скелета и отдельные зубы издавна находили в верхнетриасовых отложениях Западной Европы. Отдельные кости изредка встречаются и в различных горизонтах триаса Южного Приуралья. Первые сведения о них были опубликованы Б. П. Вьюшковым¹. При раскопках среднетриасовых отложений на р. Донгуз, проводившихся в 1953—1954 гг. Палеонтологическим институтом АН СССР, удалось найти левую зубную кость, плечевую и две бедренные кости бауриаморфа. И лишь в 1963 г. сотрудниками научно-исследовательского института Саратовского государственного университета впервые в Северном полушарии был найден почти целый череп небольшого териодонта. Он был обнаружен в среднетриасовых отложениях на р. Бердянке в Оренбургской области². Обнажение, в котором были найдены остатки крупных лабиринтодонтов, располагалось в высокой стенке оврага, выходящего в долину р. Бердянки. Маломощная костеносная линза, сложенная красной глиной, была заключена в толще рыхлых желтых песчаников. Линза, в которой, как выяснилось при раскопке, содержалось более 20 скелетов крупных лабиринтодонтов, образовалась из ила, накопившегося в

¹ Б. П. Вьюшков. Находка триасовых териодонтов в СССР. «Палеонтологический журнал», 1964, № 2.

² В. Г. Очев и М. А. Шишкин. Кладбище древних земноводных в Оренбуржье. «Природа», 1967, № 1.

большой луже посреди пересохшего русла древней реки. Чтобы добраться до заключенных в ней скелетов земноводных, пришлось вырыть с помощью бульдозера обширный котлован. Вот тогда-то исследователям стали попадаться в желтом песчанике небольшие плотные конкреции. При препарировке в лаборатории неожиданно обнаружили, что одна из конкреций содержит почти полный череп небольшого териодонта.

Находка эта имеет огромный научный интерес. После детального изучения она не только пополнит наши знания в области морфологии триасовых териодонтов, группы, от которой берут начало млекопитающие, но также позволит сделать первые заключения о связи триасовых териодонтов Лауразии и Гондваны. Попытаемся теперь представить, в какой обстановке обитал этот небольшой зверек, ростом не больше

таксы. В середине триасового периода всхолмленное и гористое ныне Оренбургское Приуралье представляло собой обширную низменную равнину, с редкими отдельными возвышенностями, покрытыми бедной ксерофильной растительностью. Большая часть территории была покрыта системой озер, иногда мелевших, иногда широко разливавшихся. Равнину пересекали русла небольших медленных рек, текущих с недавно еще высокого, но теперь уже довольно сглаженного Уральско-го хребта. В мутных заводях рек водились ганоидные рыбы, покрытые твердым панцирем из мощных ромбических чешуй, и крупные двоякодышащие рыбы — цератоды. Пышная растительность по берегам рек и озер давала приют лабиринтодонтам — эриозухам и плагиозаврам, проводящим большую часть жизни в воде. Некоторые лабиринтодонты выбирались на влажные

илистые и песчаные отмели. Дицинодонты — причудливого вида растительноядные зверообразные ящеры бродили по берегам рек, продираясь сквозь густые заросли. Самые крупные из них были больше носорога, а мелкие — размером с сурка. Здесь же обитали хищные псевдозухии. Одни из них, напоминавшие крокодилов, ходили опираясь на четыре конечности, другие перешли к бипедализму (позднее от какой-то ветви псевдозухий разовьется гигантское родословное древо наиболее известных из вымерших чудовищ — динозавров). И лишь изредка среди этих земноводных, дицинодонтов и псевдозухий можно было встретить небольшого юркого зверька, которого из всех известных нам рептилий с наибольшим правом сегодня можно назвать зверообразным — териодон-та.

УДК 56

Кровососущая бабочка

М. Б. Евгенъев
Москва

Известна группа бабочек, которые вместо того, чтобы питаться, «как положено», нектаром цветов, выются около глаз различных животных, таких как олень, слон, лошадь, а иногда и возле человека и всасывают их глазные выделения. Эти «слезососущие» бабочки, относящиеся к семействам Noctuidae, Geometridae, Pyralidae и Notodontidae, возможно, переносят глазные болезни. Недавно энтомолог Г. Бензигер, работавший в зоопарке г. Куала Лампур (Малайзия), обнаружил на спящем тапире бабочку неизвестного вида. Позднее, в Британском музее она была определена как *Calyptra eustrigata* Noctuidae. Поведение бабочки сразу же показалось исследователю несколько

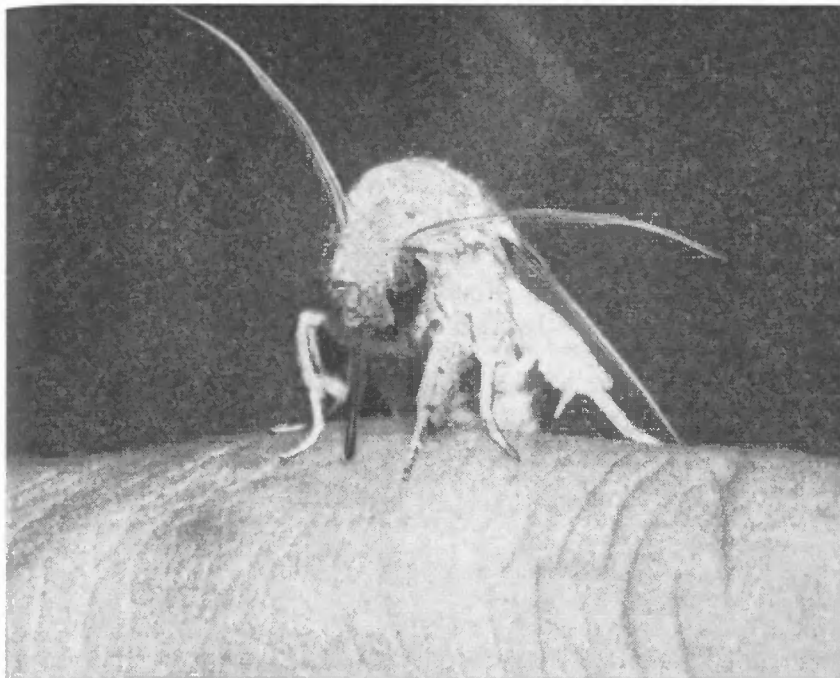
необычным, поскольку она сосала все время из одного и того же места, а известно, что насекомые, питающиеся кожными выделениями, постоянно перемещаются по коже хозяина. Бензигеру удалось сфотографировать насекомое, и несколькими днями позже, изучая фотографию с помощью увеличительного стекла, он обратил внимание на непривычную форму и положение хоботка. Обычно, всасывая жидкость с кожи, бабочка кладет кончик хоботка плоско на ее поверхность; в данном же случае хоботок насекомого вертикально упирался в кожу тапира. Кроме того, хоботок был необычайно коротким и не сужался, как это обычно бывает, по направлению к кончику. Эти особенности навели исследователя на мысль, что

он имеет дело с кровососущим видом¹.

Вскоре необычное насекомое удалось поймать. Для выяснения особенностей питания этой бабочки Г. Бензигер решил поставить опыт на себе. Скальпелем он сделал разрез на указательном пальце левой руки в надежде, что выступившая капелька крови привлечет внимание бабочки и она подберет ее хоботком. Действительно, бабочка взобралась на подставленный палец, но вместо того, чтобы всосать выступившую кровь, развернула свой хоботок и с силой вонзила его в ранку. Дальнейшие опыты показали, что бабочка вовсе не нуждается в предварительном порезе для всасывания крови и совершенно самостоятельно может пронзить кожу до глубины 6 мм.

Хоботок бабочки можно сравнить с эластичной трубкой, состоящей из двух полукруглых половинок. Они соединены вместе таким образом, что могут двигаться друг относительно

¹ Hans Bänziger, The Extraordinary case of blood sucking noeth, «Animals», 1969, 3, 6, pp. 135—137.



Кровососущая бабочка на руке человека.

но друга в противоположных направлениях. Эта особенность, а также зубцы, обнаруженные на твердом кончике хоботка, позволяют ему проникать в кожу: двигаясь в

разных направлениях, две половинки хоботка действуют, как пила. Нападающая бабочка с силой надавливает своим кинжалообразным хоботком на кожу. От давления цент-

ральная часть его слегка выгибается; это движение очень быстро повторяется, и вибрация, вероятно, помогает кончику хоботка проникнуть в кожу.

Как только первые зубчики хоботка проникают в кожу, они удерживаются в тканях хозяина; одна продольная половинка хоботка пронзает кожу глубже, чем другая. Кроме того, во время сосания хоботок часто двигается в ране вверх и вниз, вероятно, для увеличения притока крови. Согласно полученным данным, сосание длится от 10 до 60 минут.

Многие виды рода *Calyptra* сосут сок из фруктов. Интересно, что Г. Бензигеру удалось проследить, что и кровососущий вид *C. eustrigata* время от времени также сосет сок фруктов. Остается открытым вопрос, эволюционирует ли этот вид бабочки от типичной фруктососущей формы к кровососущей. Это дало бы ей возможность не зависеть от периода созревания фруктов, так как кровососание возможно в любое время года.

В дальнейшем предстоит выяснить, не является ли кровососущая бабочка, подобно москитам, переносчиком болезней.

УДК 595.7

«Сверхинтеллектуальные» животные?

Б. В. Логинов
Москва

Рыба с интеллектом крысы? Или, может быть, крыса с телом рыбы? Не так-то просто решить, как назвать это химерическое существо, сотворенное Д. Бреслером из Калифорнийского университета (Лос-Анджелес) и М. Биттерманом¹ из Брин-Маур Колледжа (штат Пенсильвания). В соответствии с законами природы оно должно было стать рыбой, обыкновенной, не слишком сообразитель-

ной *Tilapia macrocephala*, обитательницей тропических вод Африки. Однако, благодаря необычной операции, проведенной на поздней стадии эмбриогенеза, ученым удалось вырастить из нее искусственное, не существующее в природе животное, только внешне похожее на собратье по виду. Интеллектуальные возможности этого существа и его способность к обучению далеко превосходили рыбий «интеллект», приближаясь к способностям развитых млекопитающих.

Замысел необычного опыта был основан на следующих соображениях. Если часть мозга удалена, о функциях утраченной ткани можно судить по последующим изменениям в поведении и способностях животного. Например, если удалить часть коры у молодой крысы, взрослая крыса будет справляться с поведенческими задачами значительно менее успешно и по своим «способностям» приблизится к рыбам. А что если поставить обратный эксперимент и попытаться увеличить число нервных клеток в ассоциативных структурах мозга у рыб? Нельзя ли получить в таком случае обратный эффект — усиление интеллектуальных возможностей животного? Именно это и проделали исследователи, изъав зачаточный мозговой материал у эмбрионов *Tilapia* и пересадив его

¹ «Science», v. 163, 1969, № 3867, pp. 590—592.

другим особям того же возраста и вида. Дополнительное мозговое вещество было имплантировано рыбам-реципиентам в область формирования будущего *tectum opticum*, важнейшего ассоциативного отдела мозга, который можно назвать «мыслительным центром» рыб. Сопоставимый по функциям с корой млекопитающих, *tectum opticum* рыб — это основной приемник информации, поступающей в мозг от различных сенсорных систем: зрительной, обонятельной, осязательной. Все это позволяло ожидать, что оперативная попытка «улучшить» эту структуру может как-то отразиться на существенных особенностях поведения животных.

Ученым удалось вырастить десять эмбрионов-реципиентов. Шесть из них были подвергнуты различным поведенческим испытаниям, направленным на выявление способности к обучению. Экспериментаторы применяли так называемый метод рефлекторно-реверсивной (*habit-reversal*) тренировки, разработанный М. Биттерманом для сравнительной оценки способности к обучению у разных видов. В рефлекторно-реверсивных экспериментах животное вначале награждается за выбор одной из двух поведенческих альтернатив. Когда предпочтение этой награждаемой альтернативы закреплено, т. е. выработан условный рефлекс, условия изменяются таким образом, что теперь награждается другой, противоположный тип поведения. Эксперименты показывают, что тренируемые таким методом птицы и млекопитающие проявляют отчетливую способность к совершенствованию их реверсивных способностей, у рыб же этого не наблюдается.

Что же произошло после операции? Животные как бы распались на три группы. Две из оперированных рыб практически ничем не отличались от своих нормальных собратьев, их мозг не изменился в строении и размере, очевидно, вследствие того, что живая ткань не привилась. Две другие рыбы обнаружили заметное улучшение способности к обучению, они делали гораздо меньше промахов, чем нормальные особи, однако

прогрессивной реверсии рефлексов вызвать у них также не удалось.

Наконец, две оставшиеся рыбы, в отличие от остальных, оказались способными к улучшению реверсии рефлексов с тренировкой, т. е. проявляли качественно новое свойство, не встречаемое у обычных рыб. Особенно поражала степень выраженности этого эффекта: она была у них того же порядка, что и у крыс — животных, занимающих место на целых три класса выше по таксономической шкале позвоночных. Иными словами, оперированные животные как бы совершили гигантский скачок в своем «интеллектуальном» развитии, перемахнув через добрых 200 млн лет, отделяющих девон от кайнозоя, — время, за которое рыбы вышли из воды, возникли амфибии, рептилии и, наконец, первые млекопитающие, с их несравнимо более прогрессивной корковой структурой мозга.

Что же представлял собой мозг этих «гениальных» рыб? На срезах, приводимых авторами эксперимента, видно отчетливое утолщение *tectum opticum* — почти в два раза. Это утолщение, носившее у части рыб локальный характер, было наиболее выражено у тех двух экземпляров, которые проявляли прогрессирующую способность к реверсии рефлексов. Исследователи отмечают появление у одной из этих рыб качественно нового типа нейронной структуры, не присущей нормальным особям. (К сожалению, этот интересный факт не документируется в их статье более подробными микрофотографиями *tectum opticum*).

Означают ли эти результаты, что простое увеличение числа нервных клеток свыше некой нормы, «отпущенной природой», способно приводить к значительным качественным сдвигам в строении и работе мозга? С такими выводами приходится пока обходиться осторожно. Экспериментальный материал еще невелик: ученым удалось вырастить всего 10 особей-реципиентов, не все из которых показали одинаковый прогресс. Есть в статье и определенные неясности в отношении фазы развития, на которой производилась пересадка мозга, методики операции и подавления

процессов отторжения пересаженной ткани.

Окончательное подтверждение (или уточнение) этих результатов должно, по-видимому, стать событием ближайших месяцев. Если новые факты будут положительными, эксперимент Бреслера и Биттермана можно будет по праву назвать одним из крупнейших научных событий прошлого года. В перспективе — проведение аналогичных операций на высших позвоночных.

Трудности, создаваемые иммунологическим барьером, могут быть обойдены благодаря использованию однойцевых близнецов с идентичным генотипом.

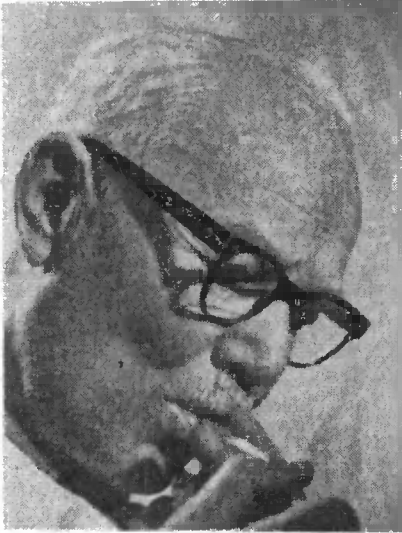
Однако не менее существен моральный аспект подобных экспериментов. Допустимы ли такие операции на человеческих эмбрионах с моральной точки зрения? Если в опытах на рыбах ученые, по-видимому, достаточно гарантированы от опасности создания «сверхчеловеческого» интеллекта, то в экспериментах на обезьянах и тем более на людях такая возможность становится весьма реальной. Остается только надеяться, что дальнейшие исследования в этой области не будут засекречены: научная общественность должна оставаться в курсе тех неожиданных последствий, которые может повлечь за собой трансплантация мозга у высших позвоночных.

УДК 591.51

Илья Ильич Мечников

К 125-летию со дня рождения

Академик В. В. Парин



Василий Васильевич Парин, директор Лаборатории проблем управления функциями в организме человека и животных АН СССР, автор более 200 печатных работ, в том числе 8 монографий. Основные области его исследований — физиология и патофизиология кровообращения, применение достижений кибернетики и радиоэлектроники в биологии и медицине, космическая биология и медицина. Результаты, полученные В. В. Париным в области физиологии кровообращения, а также при изучении физиологических функций в условиях космического полета, завоевали широкую известность и признание в Советском Союзе и за рубежом.

К числу сыновей нашего народа, создавших ему всемирную славу, относится и Илья Ильич Мечников, имя которого можно поставить в один ряд с именами самых выдающихся представителей естествознания. И. И. Мечников родился 3(15) мая 1845 г. в д. Панасовке, б. Купянского уезда, Харьковской губернии. Семейная обстановка, в которой он рос, обычная для помещичьего быта того времени, как будто бы не способствовала развитию интереса к науке. Однако уже в детстве Мечников глубоко увлекся ботаникой, рано начал покупать и читать книги по естествознанию и еще до окончания гимназии твердо решил стать биологом.

Поступив 17 лет в университет, Мечников за два года проходит в Харьковском четырехлетний курс естественного факультета и получает звание кандидата естественных наук. После этого он работает на биологических станциях на о-ве Гельголанде и в Неаполе, а в возрасте 21 года защищает диссертацию на степень магистра зоологии и избирается доцентом молодого Новороссийского университета (Одесса).

В 1868 г., когда Мечникову исполнилось всего 23 года и когда его товарищи по поступлению в Университет только сдавали выпускные экзамены, он блестяще защитил в Петербурге докторскую диссертацию. В 1872 г. 27 лет от роду он стал профессором зоологии Новороссийского университета.

В 1882 г. Мечников в знак протеста против политической реакции выходит в отставку и вскоре уезжает за границу. Он ведет научные исследо-

вания в Мессине, в Танжере и в других местах, но через несколько лет снова возвращается на родину. В 1886 г. Мечников организует в Одессе первую в России бактериологическую пастеровскую станцию. Однако бесчисленные и совершенно нелепые придирки со стороны местных властей фактически исключали всякую возможность работы. В 1888 г. под влиянием препятствий, «исходящих сверху, снизу и сбоку», как говорил Мечников, он покидает Россию навсегда. Только на короткие сроки приезжал он на родину в 1894, 1897, 1909 (после присуждения ему Нобелевской премии) и в 1911 г. Пастеровский институт в Париже был постоянным местом работы Мечникова вплоть до его смерти 16 июля 1916 г. В Пастеровском институте хранится и урна с его прахом.

Изложение основных итогов научной деятельности Мечникова существенно облегчается одним обстоятельством — единством ведущей идеи, проходящей через все его творчество. Работы Мечникова относятся к сравнительной эмбриологии, внутриклеточному пищеварению, Мечников разработал учение о фагоцитозе, теории воспаления и иммунитета, Мечникову принадлежат философские этюды о природе человека, полные оптимизма и веры в торжество науки, в лучшее будущее человечества. Но внимательно анализируя все многостороннее творчество Мечникова, мы находим ту нить Ариадны, которая вела его в огромном и запутанном лабиринте живой природы. Этой нитью является мысль о единстве основных жизненных про-



И. И. Мечников с сотрудниками Пастеровского института в Париже. В центре — А. М. Безредка.

явлений в животном мире, о принципиальной общности основных реакций организма.

Мечникову принадлежит идея общности функций клеток-«пожирателей» — фагоцитов. Она представляет собой глубокое обобщение, свидетельствующее о такой же смелости мысли, какую показал другой наш великий соотечественник — И. П. Павлов.

Мечников в своих трудах по сравнительной эмбриологии беспозвоночных показал, что животные, находящиеся на низших ступенях зоологической лестницы, на ранних этапах своего индивидуального развития обнаруживают такие же зародышевые пласты, как и высшие позвоночные животные, и что из этих пластов принципиально сходным путем образуются органы, аналогичные органам высших животных. Установив несомненную общность законов развития у столь далеко отстоящих друг от друга животных, Мечников тем са-

мым немало способствовал упрочению единого эволюционного взгляда на живую природу.

Первое исследование, напечатанное в 1863 г., касалось вопроса о природе сократительного вещества стебельно-ресничной инфузории — сувойки. Начиная с этого времени и до 1882 г. научные интересы Мечникова всецело принадлежали зоологии и сравнительной эмбриологии. В те годы складываются основные черты ученого — единство ведущей идеи и страстность в отстаивании своих взглядов и в борьбе за их признание. Именно такой задор и такую страсть проявил Мечников и в своей реакции на возмутительный поступок немецкого зоолога Р. Лейкарта, решившего в 1865 г. присвоить сделанное Мечниковым открытие, суть которого состояла в том, что гермафродитные паразитические нематоды дают свободноживущее раздельно-половое потомство.

В 1865 г. Мечников приехал в Неаполь, где познакомился с известным русским эмбриологом А. О. Ковалевским, и начал серию работ по сравнительной эмбриологии, быстро создавших ему заслуженную известность. За эти работы, которые показали, какое огромное значение для эволюционной теории имеют исследования эмбрионального развития животных, Мечникову Петербургской Академией наук была присуждена премия Бэра. Тогда же Мечников блестяще разрешил еще одну большую проблему зоологии и эмбриологии того времени. Речь идет о происхождении так называемой центральной полости тела, которая имеется у большинства животных, но отсутствует у ряда низших представителей животного мира — губок, полипов и медуз. Эмбриологические исследования, произведенные Мечниковым, совершенно четко показали, что у животных, лишенных центральной полости тела, имеется ее зачаток, вполне сходный с тем, из которого эта полость возникает у более высоко организованных животных в процессе их индивидуального развития. Таким образом, идея органического единства животного мира и исторической преемственности его развития была снова блестяще подтверждена успешным решением вопроса, ставившего в тупик многих видных зоологов того времени.

Большую ценность представляют работы, также относящиеся к этому периоду деятельности Мечникова, в которых он противопоставил теории Э. Геккеля о гастреле свою теорию паренхимеллы, или фагоцителлы. Э. Геккель рассматривал гастрелу — двухслойную открытую «чашечку», которая состоит из двух слоев клеток, выстилающих ее наружную и внутреннюю поверхность, — как простейшую исходную форму всех многоклеточных существ. Мечников установил, что гастрела является уже более поздним образованием и что первичной формой многоклеточных существ должна быть более примитивная компактная колония клеток, обладающих одинаковыми способностями, без внутренней полости и двухслойного строения. Эту теорию

Мечников обосновал своими наблюдениями над развитием кишечнополостных. Ранние стадии личинок кишечнополостных имеют именно такую компактную форму колонии равноценных клеток, питающихся за счет внутриклеточного переваривания. Только на более позднем этапе развития эти клетки разделяются на два правильных слоя с внутренней полостью и с дифференцированными функциями. Это открытие стало мостом между работами Мечникова-эмбриолога и Мечникова-патолога.

Дело в том, что в примитивном многоклеточном организме питание всех клеток осуществляется единым способом — внутриклеточным перевариванием питательных частиц каждой отдельной клеткой. Такой же способ питания Мечников нашел и у одного из ресничных червей *Geodesmus bilinguatus*. Желудок этого червя представляет собой не полость, а компактную массу клеток, протоплазма которых наполнена полупереваренными частицами пищи.

Находя у самых разнообразных животных свободно подвижные мезодермальные клетки (происходящие из среднего зародышевого листка — мезодермы), которые обладают несомненной способностью внутриклеточного переваривания, но потеряли всякую связь с пищеварительной системой, Мечников задался вопросом, для чего нужна этим клеткам, обычно глубоко скрытым в организме, функция внутриклеточного переваривания. Как говорит проф. А. М. Безредка — ближайший ученик и друг Мечникова в последние его годы, — «день, когда Мечников «заболел» этим, был великим днем в жизни ученого: он определил его научное направление». Нужен был какой-то толчок, чтобы ответ на этот вопрос пришел и озарил своим светом программу работ на многие последующие годы.

Вот как сам Мечников описывает зарождение фагоцитарной теории: «В чудной обстановке Мессинского пролива, отдыхая от университетских передышек, я со страстью отдавался работе. Однажды, когда вся семья отправилась в цирк смотреть каких-то удивительных дрессированных обезьян, я остался один над своим

микроскопом, наблюдая за жизнью подвижных клеток у прозрачной личинки морской звезды, — меня сразу осенила новая мысль. Мне пришло в голову, что подобные клетки должны служить в организме для противодействия вредным деятелям. Чувствуя, что здесь кроется нечто особенно интересное, я до того взволновался, что стал шагать по комнате и даже вышел на берег моря, чтобы собраться с мыслями. Я сказал себе, что если мое предположение справедливо, то заноза, вставленная в тело личинки морской звезды, не имеющей ни сосудистой, ни нервной системы, должна в короткое время окружиться налезшими на нее подвижными клетками, подобно тому, как это наблюдается у человека, занозившего палец.

Сказано — сделано. В крошечном садике при нашем доме, в котором несколько дней перед тем на мандариновом деревце была устроена детям рождественская «елка», я сорвал несколько розовых шипов и тотчас же вставил их под кожу великолепных, прозрачных как вода, личинок морской звезды. Я, разумеется, всю ночь волновался в ожидании результатов и на другой день рано утром с радостью констатировал удачу опыта. Этот последний и составил теорию фагоцитоза, разработке которой были посвящены последние 25 лет моей жизни».

...«Таким образом в Мессине совершился перелом в моей научной жизни. До этого — зоолог, я сразу сделался патологом. Я попал на новую дорогу, которая сделалась главным содержанием моей последующей деятельности».

Осенью 1883 г. в Одессе на съезде врачей и естествоиспытателей в речи «О целебных силах организма» Мечников делает первое сообщение о фагоцитозе, где он сравнивает фагоцитов с армией, выступающей против нашествия врагов. К этому времени теория фагоцитоза была лишь гипотезой. Мечников не наблюдал еще действительного поглощения и переваривания микробов фагоцитами, но был настолько уверен в правильном ходе своих мыслей, что рискнул высказать смелое предвидение. В дальнейшем ему на помощь

пришел случай, который, кстати говоря, помогает только тому, кто умеет его оценить.

Будучи однажды в гостях у своего друга А. О. Ковалевского, Мечников обратил внимание на находившихся в аквариуме дафний — мелких ракообразных животных. Часть дафний выглядела не так, как всегда. Обычно прозрачные, они на этот раз были мутными и белесыми. Взяв их под микроскоп, Мечников установил, что они поражены нитями грибка *Monoprasa bicuspidata*, острые игловидные споры которого проникают в полость тела через пищеварительный тракт. В полости тела дафнии Мечников увидел нечто замечательное: навстречу спорам грибка направлялись подвижные амебоидные клетки, которые поглощали споры и переваривали их. Развитие процесса в дальнейшем зависело от исхода этой борьбы между пожирающими клетками — фагоцитами и спорами грибка. Если фагоциты успешно переваривали споры, дафния выздоравливала, если часть спор ускользала от действия пожирающих клеток, то дафния гибла от заполняющих ее тело нитей грибка.

Оставаясь верным себе и идя по пути сравнительного изучения разных представителей животного мира, Мечников доказывает, что открытое им явление действительно имеет универсальный характер. В опытах на кроликах, заражаемых палочками сибирской язвы, Мечников убедился в значении фагоцитоза и для высших животных. Он установил, что у высших животных фагоцитарной способностью обладают лейкоциты. Кроме того, он установил зависимость между успешностью течения фагоцитоза и исходом болезни, а также сделал и свои первые выводы в отношении связи иммунитета к заразным болезням с усовершенствованием способности фагоцитов поглощать и разрушать болезнетворные микробы. Тогда же Мечников начинает разрабатывать и свою теорию воспаления, поставив исследование этого основного патологического процесса на новые рельсы. В настоящее время, когда большая часть фактов, открытых Мечниковым, и основные его выводы стали классическими представлениями теоретической медици-

ны, нам трудно вообразить, какую огромную борьбу должен был выдержать Мечников, каким несправедливым и резким нападкам подвергался он со стороны многих видных ученых того времени, какие ожесточенные споры он должен был вести, защищая свою правоту.

Еще в Мессине Мечников поделился результатами своих исследований с великим немецким патологом Р. Вирховом, создателем клеточной патологии. Вирхов более или менее доброжелательно отнесся к научным идеям Мечникова, но советовал ему быть осторожнее и сдержаннее в выводах, так как в патологии доказано, что лейкоциты не только не разрушают микробов, а наоборот, являются прекрасной средой для их жизни и разносят микробы по телу. Известный Р. Петри презрительно называл фагоцитарную теорию Мечникова «восточной сказкой». Резко критиковали взгляды Мечникова и некоторые другие ученые того времени. П. Баумgarten, в течение ряда лет упорно споривший с Мечниковым, писал, что его выводы «противоречат логике и истине» и являются «более плодом его богатого воображения, чем объективным исследованием». Не признавали фагоцитарной теории и К. Вейгерт и Э. Циглер. Знаменитый Р. Кох тоже считал, что бактерии отнюдь не уничтожаются лейкоцитами, а напротив, находят в них хорошую среду для своего существования. Правда, под напором новых фактов Кох отказался от этого взгляда, но говорил, как и К. Флюгге, что лейкоциты — всего лишь «могильщики» микробов, захватывающие только ослабленные бактерии и потому не играющие никакой роли в борьбе организма с инфекцией.

Со всей страстью своего темперамента и со всей силой исследовательского таланта Мечников добивался признания правоты своих взглядов. Борясь с односторонностью своих противников, он поневоле и сам нередко впадал в крайности. Однако эта борьба, длившаяся целых 25 лет, из которой Мечников вышел в конце концов полным победителем, изощрила его способности в постановке опытов и в трактовке

их результатов и способствовала широкой популяризации его идей. Свидетели полемических выступлений Мечникова очень ярко рисуют его пылкую и страстную манеру речи. Так, Эмиль Ру — многолетний товарищ Мечникова по работе в Пастеровском институте — говорил в 1915 г. на 70-летнем юбилее Мечникова: «До сих пор я так и вижу Вас на Будапештском конгрессе 1894 г. возражающим Вашим противникам; лицо горит, глаза сверкают, волосы спутались; Вы походили на демона науки, но Ваши слова, Ваши неопровержимые доводы вызвали рукоплескания аудитории. Новые факты, сначала казавшиеся в противоречии с фагоцитарной теорией, вскоре приходили в стройное сочетание с ней...». Его страстность заражала слушателей, и, как пишет Безредка, даже «самые ярые противники не могли не испытать чувства восторга перед пылким искателем научной истины».

Напряженные споры, резкость и необъективность критиков порой тяжело отражались на настроении Мечникова. Эта борьба стоила ему немалых сил и здоровья, и, по собственному свидетельству Мечникова, доводила его нередко до крайнего уныния, до мыслей о самоубийстве. Жена Мечникова Ольга Николаевна в своей книге о нем писала: «Одни только близкие знали, каких жизненных сил стоила ему эта борьба. Сколько бессонных ночей из-за возбужденной мысли, придумывания постановки нового доказательного опыта, сколько горестных, сколько радостных волнений. Это была такая кипучая, пламенная жизнь, что каждый год ее равнялся многим годам».

Мечникова не устроила бы роль скромного полководца, отстаивающего свои исходные позиции. Новый фактический материал звал ученого к еще более глубокому вторжению в область патологии, столь чуждой для него до коренного перелома в его жизни, произошедшего в Мессине. Объектами планомерных исследований Мечникова в этом направлении служили прежде всего воспаление и иммунитет. Эти работы Мечникова были тесно связаны с его ос-

новым детищем — теорией фагоцитоза.

Воспаление — один из наиболее часто встречающихся основных типов реакции организма на вредоносные воздействия — ко времени первых работ Мечникова о фагоцитозе объяснялось двумя конкурировавшими теориями. Одна из них — теория Р. Вирхова — считала первичным моментом воспаления местные расстройства питания клеток в результате действия вредных фактов. Вторая — теория Ю. Ф. Конгейма — полагала, что основная причина воспалительной реакции заключается в нарушении нормальных свойств сосудистой стенки, которое приводит к повышению ее проницаемости. Однако обе эти теории расценивали воспаление как безусловно вредный для организма процесс. Присутствие в воспалительном очаге лейкоцитов тоже рассматривалось как фактор вредный, препятствующий нормальному питанию воспаленных тканей. Эти теоретические положения, естественно, влекли за собой и определенные практические выводы для лечебной практики: раз воспаление вредно, нужно всеми силами с ним бороться, чтобы снизить его интенсивность.

Такой последовательный естествоиспытатель как Мечников не мог не заметить вопиющих противоречий в этих теориях и в общей оценке значения воспалительной реакции. Почему в процессе эволюции животного мира эта вредная реакция не исчезает? Почему она с таким постоянством встречается у всех животных? Не являются ли и нарушения питания клеток и изменения сосудистых стенок лишь следствиями, а не основой воспалительной реакции?

Для решения поставленных вопросов Мечников еще раз обращается к своему излюбленному методу сравнительного исследования на животных, стоящих на самых разнообразных ступенях филогенетической лестницы, и находит ответы различной степени сложности, начиная от простых и понятных реакций амёбы на заражение ее микросферой и кончая воспалительным процессом позвоночных животных, связанным с

активным прохождением лейкоцитов через стенки сосудов.

Мессинский опыт с введением занозы в тело личинки морской звезды дает нить и для объяснения воспаления. Ведь это защитная реакция организма, направленная на уничтожение вредоносного начала! Как протоплазма амебы переваривает и питательные частицы, и попавших в нее микробов, так и в личинке морской звезды подвижные клетки, собираясь вокруг занозы, создают изолирующий ее барьер, готовый, если это в его силах, растворить занозу. «Гнойные тельца» в воспалительном очаге у человека — это такой же защитный барьер, поглощающий микробов. Первичным в воспалении является не нарушение обмена веществ, не изменения сосудистой стенки, а фагоцитоз — то же внутриклеточное переваривание, которое на ранних этапах развития жизни служит и для питания, и для защиты организма. Позднее, с момента появления животных, состоящих из трех основных типов тканей, фагоцитоз становится функцией клеток, происходящих из среднего зародышевого листка (мезодермы), и приобретает важнейшую защитную роль.

Воспаление, таким образом, — не вредный и опасный для организма процесс, а ценнейшая защитная реакция, от успешного развития которой зависит исход болезни, а нередко и жизнь особи: «Эволюция воспаления доказывает, что именно это явление есть наиболее распространенное и наиболее деятельное средство защиты в животном мире». Сосудистая система не играет в воспалительном процессе первенствующей роли. Ее наличие и способность лейкоцитов проникать через стенки кровеносных капилляров и выходить в ткани только способствует быстрой доставке фагоцитарных клеток к месту внедрения микробов. Дальнейшая борьба фагоцитов с микробами принципиально сходна с тем, что можно наблюдать и у животных, не имеющих еще системы кровеносных сосудов. «Воспаление у позвоночных, где фагоциты, выходя из сосудистой системы, направляются к нападающему, отличается только количественно от подобных же

явлений у беспозвоночных. Вследствие этого оно должно быть рассматриваемо как реакция организма против вредного действия..., существенный источник, *primum movens* воспаления, состоит в фагоцитарной реакции животного организма. Все остальное составляет аксессуар этого явления и выражается в средствах облегчить приток фагоцитов к поврежденному месту».

Ясно, что эти взгляды, в корне противоречившие господствовавшим доктринам, не могли не вызвать такой же реакции, как и основное учение Мечникова о фагоцитозе. Ученого начинают обвинять прежде всего в витализме, в том, что его теория якобы имеет телеологический характер и наделяет фагоцитарные клетки чуть ли не разумом и целеустремленностью. Будучи последовательным материалистом, Мечников отвечал на эти нападки с обычной для него страстностью, подкрепляя свои взгляды общими положениями эволюционной теории и доказывая, что воспалительный процесс является одной из важнейших приспособительных реакций организма, развившихся в ходе естественного отбора. Аналогичные рассуждения были положены Мечниковым и в основу теории иммунитета.

Чем вызвана врожденная видовая невосприимчивость некоторых животных к тем или иным видам болезней, а также приобретенный иммунитет, проявляющийся после перенесения животным или человеком определенного инфекционного заболевания?

Основатель современной микробиологии великий Пастер сделал попытку очень просто объяснить иммунитет: врожденная невосприимчивость связана с тем, что в тканях данного вида животных нет определенных веществ, необходимых для питания и развития данных микробов; приобретенный иммунитет возникает в связи с тем, что микробы, находившиеся в теле при первой инфекции, поглотили необходимые для их развития вещества и при следующем заражении новые микробы попадают на «истощенную почву». Однако если бы объяснение Пастера было верно, то приобретенный иммунитет

возникал бы только при введении живых бактерий, способных действительно поглощать определенные составные части соков организма. Но ряд ученых нашел, что невосприимчивость можно получить при введении животному культуры убитых микробов и даже продуктов распада микробных тел.

Начала созревать догадка, что врожденный и приобретенный иммунитет связан не с отсутствием или исчезновением каких-то свойств организма, а наоборот, с приобретением организмом новых качеств, тормозящих развитие бактерий, уничтожающих их. Появляются первые мысли о возникновении в крови определенных защитных тел, о бактерицидных свойствах крови, начинают закладываться первые основы гуморального направления в иммунитете.

Таков был общий фон, на котором в 1884 г. появилась работа Мечникова о врожденном иммунитете лягушек к сибирской язве. Введенные в спинной лимфатический мешок лягушки палочки сибирской язвы быстро поглощаются лейкоцитами и разрушаются в их протоплазме. Если устранить эту реакцию лейкоцитов, например нагреванием лягушки, то она теряет свою естественную невосприимчивость к сибирской язве и заболевает ею, как и многие другие животные. Значит, врожденный иммунитет явно зависит от способности фагоцитов организма быстро захватывать и уничтожать соответствующие бактерии. То же самое явление — фагоцитоз — лежит и в основе приобретенного иммунитета. Так, если ввести культуру сибиреязвенных палочек кролику, он быстро погибает, обнаруживая ничтожную реакцию со стороны белых кровяных клеток. Но если кролику предварительно привить ослабленную культуру палочек сибирской язвы, то он выживает при последующем заражении дозой живых бактерий, смертельной для неподготовленного животного. Микроскопическое исследование показывает, что у «подготовленного» кролика лейкоциты приобрели свойство активно захватывать сибиреязвенные палочки и успешно подвергать их внутриклеточному перевариванию. Следовательно, и здесь решающим

оказывается процесс фагоцитоза. «Невосприимчивость к заразным болезням,— писал Мечников,— является частью физиологии клеток и, главным образом, явлением резорбирования микробов. Последнее есть не что иное, как акт внутриклеточного пищеварения».

Выработав свой взгляд на природу иммунитета, Мечников начал с присущим ему темпераментом опровергать приверженцев гуморальной теории иммунитета. Этот ожесточенный спор не прекращался многие годы. Противники Мечникова утверждали, что лейкоциты не играют активной роли в борьбе организма с инфекционным началом. Как говорил один из наиболее непримиримых противников Мечникова — Флюгге, лейкоциты являются «то жертвами микробов, которые совершают свое триумфальное шествие, то играют роль могильщиков: завершив бой, они выстраиваются позади линии огня; но они не представляют собой смертоносных орудий, служащих для защиты атакованного организма».

Стремясь доказать истину, Мечников находит все новые и новые свидетельства активной роли фагоцитарных клеток в защите организма и в иммунитете. Он убеждается, что лейкоциты играют важную роль и в связывании ядов, выделяемых микробами, проявляя и здесь такое же могучее защитное действие. Он открывает мосты, соединяющие его теорию с гуморальной теорией, и дает прочные доказательства того, что химические защитные вещества крови представляют собой продукты деятельности тех же фагоцитарных, в первую очередь «соседских», клеток так называемой макрофагической системы. Вот определение иммунитета, данное Мечниковым в речи при получении им в 1908 г. Нобелевской премии: «Совокупность всех явлений, наблюдаемых при иммунитете, сводится к ряду биологических факторов, как-то: восприимчивость фагоцитов, их активное действие в тех местах, где имеется угроза нападения микробов, а также и к ряду физико-химических причин, которые приводят к разрушению и перевариванию инфекционных возбудителей».

Некоторые авторы расценивают этот последний этап в развитии взглядов Мечникова как известное отступление, как отказ от идеи всеобъемлющего значения фагоцитоза в ее начальном виде. Мне, напротив, кажется, что широкий взгляд, сложившийся у Мечникова к концу его борьбы за свои представления,— закономерное логическое следствие его основной биологической идеи развития и усложнения защитных функций. В самом деле, если на низших этапах развития животного мира пищеварительная и защитная функция слиты воедино и представляются процессом внутриклеточного характера, то на следующем этапе, отделяясь друг от друга, они развиваются так, что пищеварительный процесс, связанный отныне с клетками внутреннего зародышевого листка, превращается во внеклеточный, а защитная функция, становясь неотъемлемым свойством тканей, происходящих из среднего зародышевого листка, сохраняет свой изначальный внутриклеточный характер. Разве не логично предположение, что следующий этап общей линии развития организмов — дальнейшее усовершенствование защитной функции, идущее по тому же пути, который столь ярко выявляется в ходе развития пищеварительной системы, т. е. по пути выделения определенных веществ в среду, окружающую клетку? Признанием такой эволюции защитной функции Мечников по существу увенчал свое учение об иммунитете, придал ему стройный и единый характер.

С течением времени новые исследования вносят поправки в представления даже тех ученых, которых мы привыкли считать «классиками». Мечников в последние годы и сам предвидел сближение фагоцитарной и гуморальной теории иммунитета. Не имея возможности проследить все этапы этого постепенного сближения, остановлюсь только на самом недавнем интересном открытии.

У млекопитающих и у человека уже давно известна загрудная, вилочковая, или зобная железа (thymus), но роль ее долго оставалась совершенно непонятной. Правда, ее относили к системе желез внутренней секреции, но скорее предположительно,

чем на основании веских доказательств. Только в 1961 г. Дж. Ф. А. Р. Миллер получил на этот счет первые действительно убедительные данные. Он удалял thymus у мышей в первые часы после их рождения. В результате у этих животных резко снижалась иммунологическая реактивность — практически отсутствовала выработка антител в ответ на введение бактериальных и вирусных антигенов, исчезала реакция «трансплантат — хозяин» (кожные лоскуты от мышей других линий и даже от крыс приживались). В дальнейшем у мышей наблюдалось недоразвитие лимфоидных органов — селезенки, пейеровых бляшек кишечника, лимфатических узлов. Данные Миллера были подтверждены как зарубежными, так и отечественными авторами (у нас над этой проблемой работали, главным образом, сотрудники лаборатории Г. Я. Свет-Молдавского). Ученые, проводившие опыты с тимусом, получили ряд исключительно интересных новых фактов. В частности оказалось, что внутрибрюшинная подсадка ткани тимуса, находящаяся в миллилитровой камере, исключающей выход из нее клеточных элементов, но свободно пропускающей жидкость, восстанавливала иммунологическую реактивность животных (Особа и Миллер, 1963; Леви и др., 1963). Единственным возможным механизмом действия могло быть влияние какого-то вещества (гормона?), попадавшего в жидкости тела из культуры ткани вилочковой железы, «запертой» для выхода клеток. Все это говорит о том, что, видимо, взаимоотношения клеточного и гуморального иммунитета еще сложнее, чем мы представляли себе до недавнего времени.

Борьба за теорию фагоцитоза отнимала у Мечникова много времени и энергии. Однако он думал и над другими кардинальными вопросами биологии — над общими проблемами жизни, старости и смерти.

Что касается исследования проблемы старения, то тут ученого постигла неудача. Еще в 1883 г., занимаясь изучением метаморфоза иглокожих и бесхвостых амфибий, Мечников убедился, что исчезновение личиночных органов этих животных связано с ак-

тивным поглощением и внутриклеточным перевариванием их тканей фагоцитирующими клетками организма. То же активное поглощение клетками-макрофагами других клеток организма Мечников наблюдал при разнообразных атрофиях. Такие атрофии с рассасыванием «благородных» элементов тканей и замещением их соединительной тканью лежат и в основе старческого склероза органов. Старость, таким образом, это — обобщенная атрофия наиболее специализированных по своей функции, наиболее «благородных» клеток организма. Но почему клетки, мирно сосуществовавшие в организме, внезапно начинают «поедать» друг друга? Обусловлено ли это физиологическими причинами, изменениями внутренних свойств клетки, связанных с возрастом, или все дело в факторах, лежащих вне организма?

Проанализировав хорошо известные данные о разной чувствительности клеток к ядам, Мечников приходит к выводу, что «благородные» клетки раньше подвергаются отравляющему действию ядов, ослабевают и в этом состоянии начинают поглощаться макрофагами. Окончательно ставший к этому времени бактериологом, Мечников обращается к поискам возможных бактериальных ядов, длительно действующих на организм, и останавливается на богатой кишечной бактериальной флоре, образующей ряд бесспорно ядовитых продуктов, которые всасываются из кишечника в кровь и разносятся ею по всему телу. Таким образом, Мечников получает основание предположить, что старость не неизбежное физиологическое явление, а хроническая болезнь, результат длительного отравления организма ядами бактерий, все время живущих в его кишечнике, в особенности в толстых кишках. Раз так, с ней можно и должно бороться. Активный ум Мечникова ищет действенные средства борьбы с этой «дикой» бактериальной флорой и, как ему кажется, находит их в использовании естественного антагонизма гнилостных микробов и микробов молочнокислого брожения. Искусственно засевая кишечник большими количествами па-

лочек молочнокислого брожения, что достигается систематическим питанием простоквашей, можно подавить гнилостные бактерии, устранить или во всяком случае уменьшить количество выделяемых ими ядов и тем самым продлить жизнь организма.

И у выдающихся ученых бывают ошибки, иногда по масштабам даже соответствующие их положительным делам. Сейчас мы знаем, что старость представляет собой сложное явление, в происхождении которого, причудливо сплетаясь, играют роль многочисленные внутренние и внешние факторы. Мечников выделил один момент в общей сложной цепи, и это, естественно, не могло привести ни к правильным теоретическим, ни тем более к действенным практическим выводам. Однако следует признать заслугу Мечникова в том, что он стремился поставить изучение старости на научную основу. В этом смысле его можно считать одним из основоположников современной геронтологии.

Отдавая массу энергии борьбе за теоретические основы биологии и медицины, Мечников постоянно работал и над разрешением насущных практических вопросов.

В молодости он проводил успешные опыты микробиологической борьбы с жуком-кузькой, приносившим большой вред хлебным посевам на юге России. В дальнейшем Мечников решил немало существенных вопросов микробиологии и эпидемиологии инфекционных болезней. Его классические исследования по микробиологии и патогенезу холеры создали ему заслуженную славу бактериолога. Сейчас мало кому известно, что каломельная мазь, широко применявшаяся до относительно недавнего времени для профилактики сифилиса, была впервые разработана Мечниковым, который доказал ее эффективность убедительными опытами.

В результате экспедиции в Калмыцкие степи Мечников высказал глубокие мысли, перекликающиеся с нашими современными представлениями о патогенезе и эпидемиологии заражения туберкулезом. С именем Мечникова связаны и основы наших

современных знаний о патогенезе брюшного тифа. Его предположения об инфекционной природе детских поносов получили в последние годы убедительное подтверждение.

Говоря о достижениях Мечникова, невозможно забыть, что он неоднократно рисковал жизнью, вводя себе опаснейшие культуры микробов, вплоть до холерных вибрионов.

*

Изгнанный из России реакцией 80-х годов прошлого столетия, Мечников и в Париже чувствовал себя русским ученым, сыном своего народа. Он продолжал оставаться, по выражению И. М. Сеченова, «гордостью России». Он был одним из тех русских людей, которые, по словам К. А. Тимирязева, «в области мысли стяжали русскому имени прочную славу и за пределами отечества».

Во время приезда Мечникова в Россию после получения им Нобелевской премии его восторженно чествовали и в Петербурге, и в Москве. Это чествование носило характер протеста против реакции, изгонявшей из России великих людей.

Институт Пастера за время работы Мечникова превратился в центр притяжения молодых русских ученых, ездивших за границу совершенствовать свои знания. Авторитет Мечникова в Институте и его любовь к своим соотечественникам неизменно создавали им самые лучшие условия для работы. С особой благодарностью вспоминаем мы Мечникова как основателя русской микробиологии. Его учениками были по существу все первые русские микробиологи: А. М. Безредка, М. В. Вейнберг, С. Н. Метальников, И. Г. Савченко, В. Л. Омелянский, Н. И. Клодницкий и др.

До конца своих дней Мечников заботился о русских студентах в Париже, радовался успехам русской науки, мечтал о лучших для нее временах. «Когда этот народ будет просвещенным, какое это будет великое приобретение для всего человечества, для мировой культуры», — говорил Мечников во время своего последнего приезда в Россию.

УДК 92: Мечников

Мемориальный музей И. И. Мечникова

Ю. И. Миленушкин

Институт эпидемиологии и микробиологии им. Н. Ф. Гамалеи
Москва

Как известно, Илья Ильич Мечников долгие годы жил и работал в Пастеровском институте в Париже и там же скончался 16 июля 1916 г. Единственным наследником его имущества, в частности личного архива, была Ольга Николаевна Мечникова — жена и друг ученого, автор книги «Жизнь Ильи Ильича Мечникова» (1926 г.). В соответствии с завещанием Мечникова, его тело было кремировано, а урна с прахом поставлена в библиотеке Пастеровского института. Там она находится и сейчас.

Ольга Николаевна решила, что хранящийся у нее архив «должен стать общим достоянием и что необходимо обеспечить его сохранность в будущем... Как этого достичь? Все это было очень мучительно, и, когда в 1923 г. приехал Лев Александрович Тарасевич, я делилась с ним, как с другом, своей заботой»¹. Под влиянием друга и ученика Ильи Ильича, проф. Л. А. Тарасевича², Ольга Николаевна приняла решение передать рукописи, книги и личные вещи Мечникова на его родину. При деятельном участии Л. А. Тарасевича наследие Мечникова было доставлено в августе 1926 г. в Москву. В Институте экспериментальной терапии и контроля сывороток и вакцин (Сивцев-Вражек, 41), основателем и директором которого был Л. А. Тарасевич (теперь Институт контроля биологических медицинских препаратов им. Л. А. Тарасевича), был организо-



И. И. Мечников в гостях у Л. А. Тарасевича в Ясной Поляне. 1909 год.

ван мемориальный музей И. И. Мечникова. Открытие состоялось 23 сентября 1926 г. в присутствии первого наркома здравоохранения Н. А. Семашко, который обратился к Ольге Николаевне со словами горячей благодарности.

В 1957 г. Музей перешел в Московский институт эпидемиологии и микробиологии им. И. И. Мечникова, а в 1965 г. в Институт эпидемиологии

и микробиологии им. Н. Ф. Гамалеи АМН СССР. Теперь он находится в Кабинете истории микробиологии и эпидемиологии этого института.

В 1946 г. Ольга Николаевна умерла в Париже, и оставшиеся у нее материалы (главным образом письма) были доставлены в Москву при участии проф. А. Н. Рубакина. В 50-х годах мемориальное наследие Мечникова было разделено между двумя

¹ Из письма О. Н. Мечниковой. См. брошюру «Музей памяти И. И. Мечникова», М., 1930, стр. 34—35.

² О Л. А. Тарасевиче см. «Природа», 1969, № 3, стр. 97.



И. И. Мечников со своими спутниками на пароходе во время экспедиции в Калмыцкие степи. 1911 год.



Дружеский шарж, изображающий И. И. Мечникова. В 1910 г. был подарен Мечниковым с его автографом проф. Ушакову.

научными учреждениями: все рукописные материалы, включая привезенные в 1946 г., поступили в Архив АН СССР (где они и находятся), а предметные экспонаты остались в мемориальном музее при Институте им. Н. Ф. Гамалеи.

В 1945 г., в связи со столетием со дня рождения Мечникова, Совнарком СССР принял Постановление об издании академического собрания его

трудов и писем. Силами, главным образом, Кабинета истории микробиологии и эпидемиологии ИЭМ им. Н. Ф. Гамалеи началась подготовка публикации. Ответственным редактором вначале был акад. Н. Н. Аничков, а затем акад. АМН Ф. Г. Кротков. Ответственным секретарем был вначале Ю. И. Миленушкин (до 1953 г.), а в дальнейшем Р. И. Белкин, который провел огромную ра-

боту по подготовке и комментированию издания. К великому сожалению, оно остается незаконченным: не изданы последние тома, в которых должны быть письма, указатели, библиография.

Мемориальные материалы Мечникова, находящиеся в Институте им. Н. Ф. Гамалеи, представляют многообразный интерес. В их числе живописные портреты Мечникова, выполненные Ольгой Николаевной, бронзовая статуя Мечникова работы Ривьера, бронзовый бюст Мечникова работы Бьеге и бронзовая статуя «Мыслитель» работы Поля Дюбуа, подаренная Мечникову Пастеровским институтом в Париже.

В Музее хранится большое серебряное блюдо, поднесенное Мечникову с «хлебом-солью» астраханскими гражданами в 1911 г. во время его экспедиции в Калмыцкие степи для изучения туберкулеза и чумы, и медная статуэтка Будды, тогда же подаренная Мечникову калмыками. Есть в Музее и некоторые личные вещи Мечникова: очки, кошелек, шприцы и т. п.

В нашем кабинете истории микробиологии и эпидемиологии хранятся ордена и медали, полученные Мечниковым от научных учреждений ряда стран, в том числе Нобелевская медаль. Имеется много книг из библиотеки Мечникова, среди них издания его работ на различных языках. В Музее собрано значительное количество фотокопий портретов и документов, относящихся к биографии Мечникова. Некоторые из них представлены на страницах «Природы».

Периодичность четкая и размытая

Д. Н. Трифонов

Кандидат химических наук

За период столетней истории периодической системы Д. И. Менделеева много раз возникали споры по поводу структуры ее отдельных областей. В настоящее время широко обсуждается, в частности, вопрос о размещении элементов с порядковыми номерами 90—103 (актиниды), который до сих пор не нашел удовлетворительного решения. Как считает автор данной статьи, однозначное решение вообще не может быть найдено в рамках сложившихся представлений о структуре периодической системы из-за своеобразного характера химических свойств заурановых элементов. Проблема тяжелых и сверхтяжелых элементов, возможности их синтеза, идентификации и размещения в периодической системе — одна из волнующих в химии наших дней. Известные ученые Гленн Т. Сиборг (США) и М. Гайсинский (Франция) любезно предоставили редакции свои оригинальные статьи на эту тему; они намечены к опубликованию в очередных номерах «Природы».



Дмитрий Николаевич Трифонов, старший научный сотрудник Института истории естествознания и техники АН СССР, автор ряда работ по истории и теории периодической системы, истории учения о радиоактивности и открытия химических элементов.

В последнее десятилетие в химии и физике было сделано несколько важных открытий, которые дали основание по-новому рассмотреть некоторые проблемы, связанные с периодической системой элементов. Например, синтез более 50 химических соединений благородных газов — криптона, ксенона и радона — поставил под сомнение правомерность выделения в таблице Менделеева самостоятельной нулевой группы. Поэтому не случайно в большинстве публиковавшихся в последнее время таблиц нулевая группа исключена, а благородные газы и элементы триад объединены в рамках единой восьмой группы.

К числу важных открытий относится также получение соединений нептуния, плутония и америция в степени окисления VII. Доказано, кроме того, существование некоторых транскюрийевых элементов (калифорния, эйнштейния, фермия, менделевия и элемента 102) в степени окисления II, отличающейся аномально высокой стабильностью. Стало ясно, что за-

кономерности химического поведения уже известных элементов седьмого периода (главным образом в интервале порядковых номеров 90—102) очень сложны, во всяком случае они существенно отличаются от закономерностей изменения свойств лантанидов в шестом периоде.

Наконец, теоретические исследования в ядерной физике привели к выводу о вероятном существовании так называемых островков относительной стабильности элементов в области больших значений числа протонов (Z) и числа нейтронов (N) в атомном ядре. Как установлено, ядра, содержащие $Z = 114$ (или 110) и 126 и $N = 184$, должны быть в высокой степени устойчивыми по отношению к спонтанному делению. А между тем именно этот вид радиоактивных превращений прежде всего определяет нестабильность тяжелых ядер¹. Та-

¹ Так, у курчатовия, последнего из синтезированных пока элементов, период полураспада по спонтанному делению составляет примерно 0,3 сек.

ким образом, появилась возможность проникнуть в очень далекие области периодической системы путем синтеза некоторых элементов с большими порядковыми номерами. Естественна в связи с этим необходимость в прогнозировании свойств подобных гипотетических элементов, чтобы обеспечить их четкую химическую идентификацию. Но в какой мере осуществимо такое прогнозирование?

Немного истории

Роль периодической системы в предсказании свойств не открытых еще элементов особенно ярко проявилась в XIX столетии (вспомним менделеевские предсказания экабора, экаалюминия и экакремния — будущих скандия, галлия и германия) и в первой четверти XX столетия (открытие гафния и рения). По-иному, однако, сложились обстоятельства в отношении следующих за ураном элементов. По крайней мере до середины 40-х гг. большинство химиков считало торий, протактиний и уран, а также ближайшие трансурановые элементы типичными d-элементами. Поэтому торий помещали в IV группу системы, протактиний — в V, а уран — в VI; для ближайших элементов — соседей урана — отводились места в VII и VIII группах. Подобная точка зрения господствовала при попытках определения химической природы продуктов облучения урана медленными нейтронами. Эти эксперименты были начаты великим итальянским физиком Э. Ферми в 1934 г. Предполагалось, что облученный уран-238, образуя изотоп с массовым числом 239, превращается посредством β -распада в элемент 93. Из последнего, также в результате испускания β -частицы, образуется элемент 94 и т. д. Некоторые ученые «тянули» цепочку последовательных β -превращений до 97 элемента. Не вызывало сомнений, что в атомах элементов седьмого периода рано или поздно должны будут появиться 5f-электроны (как у лантанидов в шестом периоде застраивается 4f-подоболочка). Но при каком значении Z? Физики-теоретики не раз ломали над этим голову. Однако сложность

задачи и недостаточность теоретического багажа приводили к разноречивым выводам относительно начала 5f-семейства элементов.

Некоторая ясность наступила лишь после того, как были синтезированы первые трансурановые элементы (нептуний, плутоний, америций и кюрий) и изучены их важнейшие свойства.

Как размещать трансураны?

Определенное сходство химического поведения первых трансуранов дало американскому ученому Г. Сиборгу основание выступить в 1945 г. с так называемой актинидной гипотезой. Согласно Сиборгу, семейство 5f-элементов в седьмом периоде должно начинаться с тория ($Z = 90$) и заканчиваться элементом 103. Иначе говоря, это семейство он рассматривал как аналогичное семейству лантанидов в шестом периоде и размещал его внизу таблицы элементов. Сиборг назвал семейство 5f-элементов актинидами.

И действительно, после синтеза и изучения свойств транскюриевых элементов (берклий, калифорний, эйнштейний, фермий, менделевий) выяснилось, что в химическом отношении эти элементы чрезвычайно похожи на соответствующие тяжелые лантаниды (тербий, диспрозий, гольмий, эрбий, тулий): для них казалась несомненной предпочтительность трехвалентного состояния. Подобное обстоятельство значительно укрепило позиции актинидной концепции, и она стала общепринятой.

Велика роль, которую сыграла актинидная теория в химической идентификации искусственных (особенно транскюриевых) элементов. Однако «графический» прием, использованный для размещения в таблице элементов от тория до лоуренсия, не может не вызвать критических замечаний. Выделение в седьмом периоде семейства актинидов и помещение 14 элементов «в одну клетку» с актинием формально означает, что: — оба семейства (лантаниды и актиниды) должны быть аналогичными по изменениям химических свойств входящих в них элементов;

— в семействе актинидов следует ожидать проявления вторичной периодичности, подобно тому как это наблюдается у лантанидов (подразделение семейства на цериевую и итриевую группы, периодичность в проявлении аномальных валентностей).

В действительности же — совсем иная картина! Ни о каком строгом подобии двух семейств, в особенности элементов их первых половин (т. е. церий — гадолиний и торий — кюрий), не может быть и речи. Даже Сиборг — автор актинидной теории — указывал, что оба ряда не строго подобны. Тем не менее многие исследователи рассматривали актинидную концепцию как единственно возможный способ размещения тяжелых элементов.

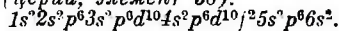
В самом деле, элементы от тория до кюрия обладают таким богатым диапазоном степеней окисления, какое неизвестно (и недостижимо) для лантанидов. Так, характерная для последних устойчивость степени окисления III отнюдь не свойственна легким актинидам. Или: в семействе актинидов мы не видим четко выраженной внутренней периодичности, которая наблюдается у лантанидов. Все свидетельствует об определенной искусственности в размещении элементов 90—103 в духе актинидной теории.

Вообще говоря, размещение лантанидов в периодической системе (14 элементов «в одной клетке» с лантаном), общепринятое в настоящее время, далеко небезупречно (особенно, когда речь идет о короткой форме таблицы Менделеева). Однако этот прием вполне оправдан потому, что определенная совокупность элементов (от церия до лютеция) обладает резко выраженной общностью свойств и специфическими особенностями изменения этих свойств, чего мы не наблюдаем в начальных периодах системы элементов. Следовательно, в данном случае речь идет о размещении совокупности элементов, не имеющей «прообраза» в предыдущих периодах таблицы.

Проблема же размещения актинидов оказывается именно проблемой, идет ли речь о короткой или о любой другой форме таблицы (длинной, лест-

Элемент	K	L	M	N	Элемент	K	L	M	N	O	P	Распределение электронов в атоме							
H	1				Rb	2	8	18	8	1		Элемент K L M N O P Q							
He	2				Sr	2	8	18	8	2									
Li	2	1			Y	2	8	18	9	2									
Be	2	2			Zr	2	8	18	10	2		Hf	2	8	18	32	10	2	
B	2	3			Nb	2	8	18	12	1		Ta	2	8	18	32	11	2	
C	2	4			Mo	2	8	18	13	1		W	2	8	18	32	12	2	
N	2	5			Tc	2	8	18	13	2		Re	2	8	18	32	13	2	
O	2	6			Ru	2	8	18	15	1		Os	2	8	18	32	14	2	
F	2	7			Rh	2	8	18	16	1		Ir	2	8	18	32	15	2	
Ne	2	8			Pd	2	8	18	18	0		Pt	2	8	18	32	17	1	
Na	2	8	1		Ag	2	8	18	18	1		Au	2	8	18	32	18	1	
Mg	2	8	2		Cd	2	8	18	18	2		Hg	2	8	18	32	18	2	
Al	2	8	3		In	2	8	18	18	3		Tl	2	8	18	32	18	3	
Si	2	8	4		Sn	2	8	18	18	4		Pb	2	8	18	32	18	4	
P	2	8	5		Sb	2	8	18	18	5		Bi	2	8	18	32	18	5	
S	2	8	6		Te	2	8	18	18	6		Po	2	8	18	32	18	6	
Cl	2	8	7		I	2	8	18	18	7		At	2	8	18	32	18	7	
Ar	2	8	8		Xe	2	8	18	18	8		Rn	2	8	18	32	18	8	
K	2	8	8	1	Cs	2	8	18	18	8	1	Fr	2	8	18	32	18	8	1
Ca	2	8	8	2	Ba	2	8	18	18	8	2	Ra	2	8	18	32	18	8	2
Sc	2	8	9	2	La	2	8	18	18	9	2	Ac	2	8	18	32	18	9	2
Ti	2	8	10	2	Ce	2	8	18	20	8	2	Th	2	8	18	32	18	10	2
V	2	8	11	2	Pr	2	8	18	21	8	2	Pa	2	8	18	32	20	9	2
Cr	2	8	13	1	Nd	2	8	18	22	8	2	U	2	8	18	32	21	9	2
Mn	2	8	13	2	Pm	2	8	18	23	8	2	Np	2	8	18	32	23	8	2
Fe	2	8	14	2	Sm	2	8	18	24	8	2	Pu	2	8	18	32	24	8	2
Co	2	8	15	2	Eu	2	8	18	25	8	2	Am	2	8	18	32	25	8	2
Ni	2	8	16	2	Gd	2	8	18	25	8	2	Cm	2	8	18	32	25	9	2
Cu	2	8	18	1	Tb	2	8	18	27	8	2	Bk	2	8	18	32	27	8	2
Zn	2	8	18	2	Dy	2	8	18	28	8	2	Cf	2	8	18	32	28	8	2
Ga	2	8	18	3	Ho	2	8	18	29	8	2	Es	2	8	18	32	29	8	2
Ge	2	8	18	4	Er	2	8	18	30	8	2	Fm	2	8	18	32	30	8	2
As	2	8	18	5	Tm	2	8	18	31	8	2	Md	2	8	18	32	31	8	2
Se	2	8	18	6	Yb	2	8	18	32	8	2	(No)	2	8	18	32	32	8	2
Br	2	8	18	7	Lu	2	8	18	32	9	2	Lr	2	8	18	32	32	9	2
Kr	2	8	18	8								Ku	2	8	18	32	32	10	2

Пример электронной структуры атома (церий, элемент 58):



Номер электронной оболочки в атоме равен соответствующему значению главного квантового числа n . Максимальное число электронов, которое может вместить каждая оболочка, равно $2n^2$.

n	1	2	3	4	5	6...
символ оболочки	K	L	M	N	O	P
$2n^2$	2	8	18	32	50	72

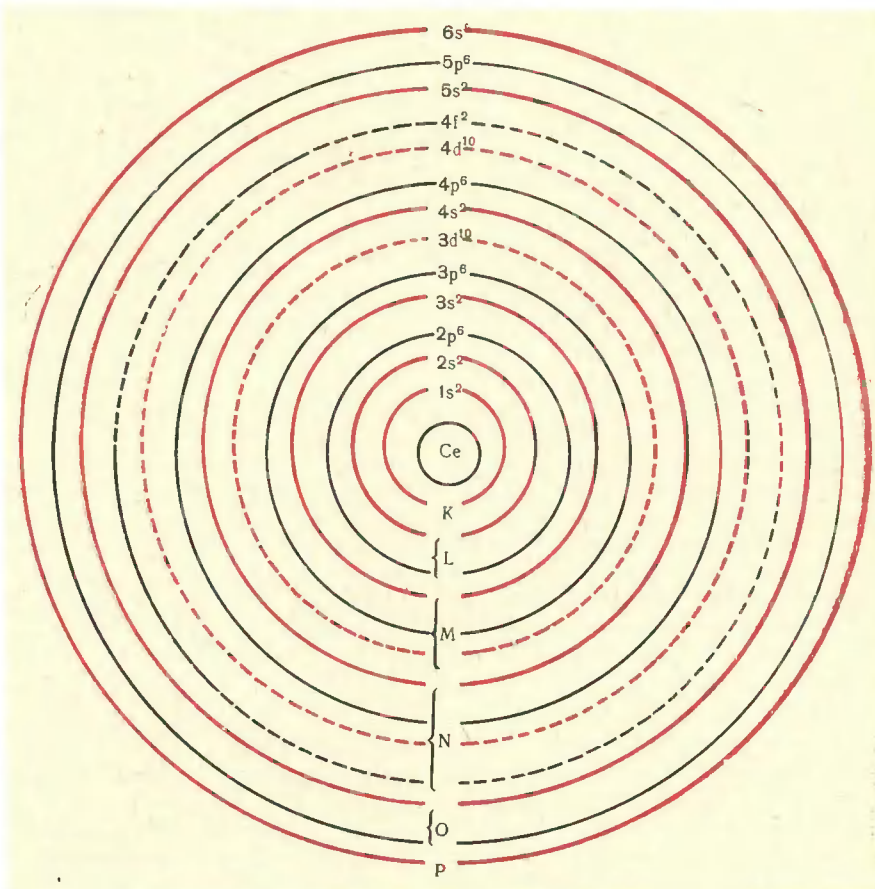
Каждая электронная оболочка подразделяется на подоболочки, отвечающие определенным значениям орбитального квантового числа l . Оно, так же как и n , принимает только целочисленные значения 0, 1, 2, 3... Электронная емкость подоболочек определяется выражением $2(2l + 1)$.

l	0	1	2	3	4...
символ подоболочки	s	p	d	f	g
$2(2l + 1)$	2	6	10	14	18

Поэтому электроны, отвечающие значению $l = 0$, называются s-электронами; $l = 1$ — p-электронами, $l = 2$ — d-электронами, $l = 3$ — f-электронами, $l = 4$ — g-электронами и т. д. Соотношение между значениями n и значениями l , реализующимися при данном n , таково:

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
l	0	0	1	0	1	2	1	2	3
символ электронов	s	s	p	s	p	d	s	p	d
число электронов	2	2	6	2	6	10	2	6	10
n	4	5	6	7	8	9	10	11	12
l	0	1	2	3	0	1	2	3	4
символ электронов	s	p	d	f	s	p	d	f	g
число электронов	2	6	10	14	2	6	10	14	18

Пользуясь этими закономерностями и обозначениями, можно записать структуру электронных оболочек любого атома. Например, запись $1s^2 2s^2 2p^6$ означает, что в атоме содержится два 1s-электрона (цифры перед символами подоболочек означают номера оболочек), два 2s-электрона и шесть 2p-электронов. Это — электронная конфигурация элемента 10 (неона).



ничной и т. д.), хотя для актинидов как бы уже существует «прообраз» в виде семейства лантанидов, но, как видим, этот «прообраз» чисто формальный. До сих пор нет строгого теоретического объяснения, почему все лантаниды, как правило, трехвалентны. Попытки такого объяснения (в их суть мы не будем вдаваться) предпринимались неоднократно. Наиболее плодотворной выглядит работа американского химика Б. Кеннингема, который искал также объяснение неустойчивости степени окисления III в ряде легких актинидов. Мы укажем на один очень интересный вывод, к которому пришел Кеннингем: если бы в периодической системе существовало несколько семейств элементов, подобных лантанидам, только одно из них проявило бы постоянство по окислительному состоянию.

В свете всего сказанного совершенно очевидно, что точка зрения хими-

ков, рассматривавших торий, протактиний, уран и ближайшие трансуранные в качестве d-элементов, отнюдь не лишена оснований. Определенное развитие на новом, более высоком уровне она получила в работах французского ученого М. Гайсинского. Гайсинский был первым, кто еще в 1949 г. выдвинул против актинидной концепции серьезные возражения, противопоставив ей в качестве альтернативы свою точку зрения. Теория Гайсинского включает в себя следующие положения: элементы от франция до актиния и от тория до урана (цисурановые элементы) размещаются, соответственно, в I—VI группах; нептуний, плутоний и америций вместе с ураном, характеризующиеся известным сходством химизма, составляют подгруппу уранидов; кюрий и последующие элементы, до лоуренсия включительно, образуют подгруппу кюридов. По мнению Гайсинского, свойства уранидов являют-

ся как бы промежуточными между свойствами лантанидов и переходных 5d-элементов. Такой подход, на наш взгляд, хорошо подкрепляется фактом синтеза соединений семивалентных нептуния, плутония и америция. По Гайсинскому, подгруппы уранидов и кюридов располагаются, подобно лантанидам, в нижней части таблицы. Конечно, с точки зрения симметрии расположение элементов от тория до лоуренсия в духе актинидной концепции более наглядно. Однако наглядность, порой столь необходимая в учебных целях, далеко не всегда точно отражает существо дела. Что же касается действительного характера изменения свойств у трансактиниевых элементов, то концепция Гайсинского передает его значительно точнее и тоньше, нежели актинидная.

До последнего времени обе концепции согласовывались в том, что для элементов с $Z > 96$ (кюридов, по Гайсинскому) степень окисления III считалась предпочтительной (лишь для берклия было известно четырехвалентное состояние). Однако недавно, как указывалось выше, неожиданно удалось доказать аномально высокую стабильность степени окисления II для ряда элементов (калфорния, эйнштейния, фермия, менделевия и элемента 102). Это обстоятельство весьма знаменательно, поскольку в ряду тяжелых лантанидов подобного явления не наблюдается.

Таким образом, мы можем прийти к выводу: в начале седьмого периода существует своеобразная совокупность элементов. Характер изменения их химических свойств по мере возрастания атомного номера иной, чем у элементов предшествующих периодов. Поэтому предпринимавшиеся попытки размещения элементов 90—103 нельзя признать достаточно удовлетворительными. Можно также предположить, что новые исследования (особенно после того как будут разработаны методы накопления весовых количеств эйнштейния, фермия, менделевия и элемента 102) приведут к обнаружению и других «аномалий» в поведении этих элементов.

Сравнительно недавно многие исследователи связывали судьбу актинидной концепции с решением вопроса

о том, какими окажутся свойства элемента 104. Проведенные в Дубне эксперименты показали, что курчатовий, по-видимому, является аналогом гафния, т. е. 6d-элементом, и построение 5f-подоболочки в нем уже завершено. Тем не менее делать на этом основании какие-либо окончательные выводы рано. Нельзя забывать, что эти сложнейшие эксперименты, требовавшие от исследователей высочайшей изобретательности, пока единственные в своем роде. Не решен окончательно и такой важный вопрос: можно ли по химическому поведению единичных атомов (а ведь именно с отдельными, считанными атомами курчатова работали исследователи) судить о свойствах элемента в весовых количествах. Не исключено, что в будущих исследованиях курчатова обнаружатся неожиданные особенности химизма этого элемента.

Особенности элементов седьмого периода

Курчатовием ныне заканчивается список известных нам элементов. В какой-либо степени судить о свойствах последующих мы можем, лишь исходя из структуры периодической системы. Действительно, у курчатова, по-видимому, начинается окончательная достройка 6d-подоболочки, которая продолжится вплоть до элемента 112. Свойства элементов, лежащих в этом интервале, будут типичными для представителей переходных d-рядов.

Но здесь мы должны обратить внимание на одно любопытное обстоятельство. Курчатовий, будучи аналогом гафния, должен обнаружить сходство и с торием; элемент 105 — с танталом и с протактинием, элемент 106 — с вольфрамом и ураном. Наконец, не исключено, что элементы 107—110 проявят определенные черты сходства (особенно в высших степенях окисления) как с рением, осмием, иридием, платиной, с одной стороны, так и с уранидами — с другой. Исходя из этого предположения, мы могли бы сформулировать два вывода, которые, как нам кажется,

заслуживают того, чтобы их рассматривать на правах рабочей гипотезы. Во-первых, в области трансактиниевых элементов, расположенных в интервале порядковых номеров 90—112, имеет место явление, не встречавшееся ранее в периодической системе. Его можно было бы назвать размыванием периодичности. Суть его состоит в том, что здесь отсутствует четкое разграничение между совокупностями 5f- и 6d-элементов (во всяком случае, оно выражено далеко не столь четко, как, скажем, между 4f- и 5d-элементами); в результате мы наблюдаем своеобразное химическое поведение указанных элементов.

Анализ причин подобного своеобразия выходит за рамки настоящей статьи. Укажем лишь, что дело, видимо, заключается в близких значениях энергий электронов на уровнях 5f и 6d. Это особенно четко проявляется у уранидов (Гайсинский, например, развивает положение, что в атомах урана, нептуния и плутония существует как бы «смешанная» 6d—5f-подоболочка). Во-вторых, область трансактиниевых элементов можно условно подразделить на три участка. Элементы первого из них — от тория до америция — характеризуются разнообразным химическим поведением, богатством степеней окисления, а их свойства промежуточны между лантанидами и переходными 5d-элементами. Следующий участок — от кюрия до лоуренсия. Здесь наблюдается стабилизация низших степеней окисления, однако нельзя говорить об особой предпочтительности степени окисления III, как это мы видим у лантанидов. Нельзя исключить возможность и более высоких степеней окисления. И, наконец, третий участок: курчатовий — элемент 112. Свойства этих элементов (кроме, пожалуй, курчатова) неизвестны, их лишь можно предугадывать. Однако, как говорилось ранее, допустимы отдельные черты, сближающие их с элементами начала интервала.

Таким образом, можно предположить, что закономерности изменения свойств элементов в интервале 90—112 будут в общем иметь периодический характер. Мы предлагаем поэтому рассматривать совокупность

названных элементов как единое целое и называть ее (чтобы не вводить новых терминов) просто $6d-5f$ -рядом.

Семейство g-элементов: где оно начинается?

Теоретически предсказана принципиальная возможность синтеза элемента 126. В связи с этим вопрос о структуре восьмого периода и закономерностях изменения свойств входящих в него элементов вышел из сферы чисто абстрактных рассуждений. Возникла необходимость разработки основных положений методики химической идентификации элемента 126 (и соседних с ним), для чего прогнозирование его свойств, хотя бы приблизительное, приобретает первостепенную важность.

Эта задача очень сложна, потому что, в согласии с периодической системой, в восьмом периоде должна существовать совокупность элементов, в атомах которых впервые происходит застройка электронной подоболочки, отвечающей значению орбитального квантового числа $l=4$. В восьмой период будет входить восемнадцать $5g$ -элементов (напомним, что в атомах лантанидов впервые появляется $4f$ -подоболочка, отвечающая значению $l=3$). Тут сразу возникает два вопроса. При каком значении атомного номера в атомах впервые появится $5g$ -электрон? Каковы в общих чертах будут свойства $5g$ -элементов?

Чисто формальные рассуждения здесь мало что дают. Можно, например, развить приведенное выше замечание Кеннингема об уникальности $4f$ -семейства элементов в том смысле, что степень окисления III у них доминирует. Это замечание можно обобщить следующим образом: всякий раз, когда в периодической системе реализуется в первые значение орбитального квантового числа $l \geq 3$, отвечающая ему совокупность элементов будет характеризоваться определенной стабильной предпочтительной степенью окисления. В духе этого замечания вероятно было бы ожидать у $5g$ -элементов некоей постоянной четко выраженной степени

окисления. Принимая же во внимание, что в атомах $5g$ -элементов имело бы место заполнение четвертой снаружи оболочки (у лантанидов застраивается третья), не будет ошибкой предположить исключительное подобие их свойств.

Трудно судить, в какой мере это предположение окажется вероятным. Мы скорее склонны думать, что решающее значение все же будет принадлежать несомненной энергетической близости электронных уровней $7d$, $6f$ и $5g$, «конкуренция» между которыми обусловит разносторонность химического поведения элементов на протяжении большого интервала порядковых номеров.

Что касается вопроса о начале $5g$ -семейства, то результаты различных расчетных методов дают значения атомных номеров элементов 121—125. Большой интерес в этом смысле представляют расчеты, проведенные недавно группой американских ученых на электронной вычислительной машине (см. табл.).

Электронные состояния газообразных атомов элементов 121—132

Элемент	Электронная конфигурация	Элемент	Электронная конфигурация	Элемент	Электронная конфигурация
121	$7d^1 8s^2$	125	$5g^{16} f^3 7d^1 8s^2$	129	$5g^{56} f^3 7d^1 8s^2$
122	$5g^6 f^0 7d^2 8s^2$	126	$5g^{26} f^3 7d^1 8s^2$	130	$5g^{86} f^3 7d^1 8s^2$
123	$5g^6 f^1 7d^2 8s^2$	127	$5g^{36} f^3 7d^1 8s^2$	131	$5g^{76} f^3 7d^1 8s^2$
124	$5g^6 f^2 7d^1 8s^2$	128	$5g^{46} f^3 7d^1 8s^2$	132	$5g^{86} f^3 7d^1 8s^2$

Анализ таблицы показывает, что $5g$ -электрон впервые появляется у элемента 125, тогда как в атомах предыдущих элементов содержатся лишь $6f$ - и $7d$ -электроны¹. Хотя знание электронной конфигурации нейтрального, невозбужденного атома, как правило, не дает оснований однозначно судить об особенностях химических свойств соответствующего элемента, результаты, суммированные в таблице, — пока единственно

¹ В своем докладе на X мendeleeвском съезде Г. Сиборг привел новые расчетные данные, в соответствии с которыми электронная конфигурация элемента 121 такова: $8p^1 8s^2$ (1). Этот «неожиданный» $8p$ -электрон сохраняется и в структурах атомов, следующих за элементом 121.

реальное, от чего мы можем отталкиваться, пытаясь прогнозировать свойства элементов восьмого периода.

Суперактинидная концепция Г. Сиборга

Гленн Сиборг недавно предпринял попытку рассмотреть вопрос о размещении элементов, следующих за элементом 121. Он назвал их суперактинидами. Согласно Сиборгу, совокупность суперактинидов состоит из 32 элементов, что определяется суммарным числом мест в $5g$ -подоболочке (18) и $6f$ -подоболочке (14). Как указывает Сиборг, эти места могут быть заполнены так, что «образуется смешанный внутренний переходный ряд из 32 элементов», причем «наилучший путь для включения их в периодическую систему — это создание третьего переходного ряда, подобного ряду редкоземельных элементов, расположенного ниже лантанидов и актинидов, хотя это лишь приближе-

ние и повод для поиска лучшего решения»¹.

По Сиборгу, суперактиниды могут рассматриваться как аналоги элементов, расположенных вслед за лантаном и актинием. Если эта аналогия достаточно обоснована, то для суперактинидов, отмечает Сиборг, будет характерна степень окисления III, хотя можно ожидать отклонений (например, в начале ряда проявятся более высокие степени окисления, далее — четко выраженная степень окисления II и т. д.). Резюмируя свою точку зрения, Сиборг далее пи-

¹ «100 лет периодического закона химических элементов». Сб. статей. «Наука», 1969, стр. 153.

Периоды	Г р у п п ы э л е м е н т о в																
	IA	IB	IIA	IIB	IIIA	IIIB	IVA	IVB	VA	VB	VIA	VIB	VIIA	VIIIB	VIIIA	VIIIB	
6	Cs 55		Ba 56		La* 57		Hf 72		Ta 73		W 74		Re 75		Os 76	Ir 77	Pt 78
		Au 79		Hg 80	Tl 81		Pb 82		Bi 83		Po 84		At 85		Rn 86		
7	Fr 87		Ra 88		Ac** 89												
					(113)		(114)		(115)		(116)		(117)		(118)		
8	(119)		(120)		(121)***												
					(163)		(164)		(165)		(166)		(167)		(168)		

1 58 — 71 *

2 90 — 112 **

3 122 — 162 ***

Области четкой и размытой периодичности в системе элементов. 1 — ряд 4f-элементов (лантаниды); 2 — ряд 6d—5f-элементов; 3 — ряд 7d—6f—5g элементов.

шет: «Считается, что различия энергетических уровней этих состояний (имеются в виду атомы элементов 122—132.—Д. Т.) настолько незначительны, что если такие элементы и будут когда-нибудь получены экспериментально, степени окисления их не будут соответствовать тем, которые характеризуют их более легкие аналоги по периодической системе, и, следовательно, химия этих элементов будет исключительно сложной. Можно предполагать, что положение таких элементов в периодической системе будет определяться скорее их атомным номером, чем химическими свойствами». Мы не случайно выделили разрядкой последнюю фразу: содержащееся в ней утверждение достаточно ясно подчеркивает всю остроту ситуации. Если встать на точку зрения, что положение суперактинидов в системе «будет определяться скорее их атомным номером», то, спрашивается, причем же здесь вообще периодиче-

ская система с ее внутренним содержанием, которое вложил в нее еще сам Менделеев!

Размывание периодичности?

Надо полагать, что в ряду элементов, находящихся в интервале 122—162 (если такие элементы удастся синтезировать), будет наблюдаться размывание периодичности, аналогичное тому, что отмечалось у совокупности трансактиновых элементов (90—112). Этот второй ряд элементов с «размытой периодичностью» мы назовем 5g—6f—7d-рядом. Он включает сиборгские суперактиниды и те элементы, в которых происходит окончательная застройка 7d-подоболочки,— всего, таким образом, 42 элемента (18 + 14 + 10). Можно предположить, что закономерности изменения свойств элементов этого ряда тоже будут носить определенный периодический характер.

Эти рассуждения на первый взгляд могут показаться абстрактными, поскольку перспектива синтеза сверхтяжелых элементов более чем туманна. Не менее загадочен и вопрос о пределе существования атомных структур вообще. Расчеты Н. Бора, С. Росселанда, А. Зоммерфельда и других, сделанные еще в 20-х гг., свидетельствовали, что критическая величина атомного номера равна примерно 137 (т. е. при $Z_{кр} \approx 137$ размеры ядра и ближайшей к нему электронной орбиты будут одинаковы и электрон «упадет» на ядро). Следовательно, существование атомов с большим атомным номером исключалось. Однако более поздние теоретические работы, исходившие из новых представлений о формах ядер, привели к заключению, что значение $Z_{кр}$ должно быть больше, по крайней мере, на 10—15 единиц. Есть основания допустить возможность существования атомных структур вплоть до $Z = 168$. Поэтому на первый план выдвигается проблема устойчивости ядер. Здесь же нужно отметить, что, согласно предварительным теоретическим расчетам, ядро с числом протонов (Z) = 164 может оказаться центром нового «островка относительной стабильности», на что указывает, в частности, Сиборг. Если позволительно верить в успех грядущих синтезов сверхтяжелых элементов (хотя бы тех, которые приурочены к «островкам относительной стабильности»), то проблема их места в периодической системе неизбежно станет предметом внимания и суперактинидная концепция Сиборга явилась здесь «первой ласточкой». Она ознаменовала начало новой дискуссии. Учитывая все, что нам известно о свойствах уже синтезированных элементов с $Z > 90$, а также prognostические оценки свойств более тяжелых элементов, мы хотели бы высказать свою точку зрения, представляющую, конечно, лишь рабочую гипотезу. Суть ее сводится к следующему.

Два вида периодичности

По-видимому, правомерно говорить о двух видах периодичности измене-

ния свойств элементов в периодической системе — четко выраженной и размытой.

Под областями системы с четко выраженной периодичностью мы будем понимать те ее области, где совокупности элементов, в атомах которых происходит формирование электронных подболочек, отвечающих определенным значениям орбитального квантового числа l , четко разграничены. Закономерности изменения свойств элементов, входящих в совокупности с данным значением l , в общем одинаковы, например s -элементы ($l = 0$) и p -элементы ($l = 1$). Сюда же можно отнести $3d$ -, $4d$ -, $5d$ - и $4f$ -элементы. Таким образом, вся область периодической системы с первого по шестой период включительно, а также s - и p -элементы седьмого и восьмого периодов представляют собой области с четко выраженной периодичностью. Совокупность же элементов, в атомах которых в той или иной последовательности происходит заполнение $6d$ - и $5f$ -электронных подболочек и $7d$ -, $6f$ - и $5g$ -подболочек, относится к областям с размытой периодичностью.

О закономерностях изменения свойств «размытых» элементов уже говорилось. Эти закономерности сложны и причудливы и не имеют четких «прообразов» в предшествующих периодах. В связи с этим нет смысла говорить о каком-либо рациональном и удовлетворительном размещении в периодической системе элементов, относящихся к областям с размытой периодичностью (имеется в виду размещение их по группам или включение отдельных их совокупностей в ту или иную «клетку» таблицы).

Приводим наш вариант графического изображения системы элементов с двумя видами периодичности. Интервал значений порядковых номеров элементов, относящихся к области размытой периодичности, выделен штриховкой. В низ таблицы вынесены: лантаниды (совокупность $4f$ -элементов все же можно считать уникальной в системе, поскольку эти элементы не имеют отчетливых аналогий в последующих периодах), $6d$ — $5f$ -ряд и $7d$ — $6f$ — $5g$ -ряд элементов. Однако в отличие от приема, использованного по отношению к лантанидам, вы-

несение последних двух рядов отнюдь не означает, что принадлежащие к ним элементы как бы помещаются «в одну клетку», соответственно, с актинием или элементом 121. Актиний и элемент 121 в нашем варианте играют роль своеобразных «точек перехода» от областей таблицы с четко выраженной периодичностью к областям с размытой периодичностью.

Предложение о двух видах периодичности ни в коей мере не исключает из единой систематики совокупность элементов, названных $6d$ — $5f$ и $7d$ — $6f$ — $5g$ -рядами. Оно указывает лишь на один из возможных путей реальной оценки той трудной ситуации, которая уже сложилась в связи с проблемой размещения элементов 90—104 и которая неизбежно возникнет, когда станет вопрос о месте в таблице новых сверхтяжелых элементов.

Выведенная нами точка зрения основана на убеждении, что сложившаяся каноническая структура периодической системы, в целом достаточно полно и всесторонне отражающая закономерности периодического изменения свойств элементов с ростом атомного номера, в отдельных случаях, как мы видели, оказалась несовершенной. Такое несовершенство выявилось, в частности, в ходе изучения свойств трансурановых элементов, что и побудило нас рассмотреть по-новому эту область периодической системы.

УДК 541.9

Сохранить кедрово-широколиственные леса

Ф. Р. Штильмарк
Кандидат биологических наук

С. П. Кучеренко

В защиту кедра за последние годы сказано немало. Но при этом обычно подразумевают сибирскую кедровую сосну (*Pinus sibirica* (Rupr.) Maug.), забывая растущий у нас в стране другой вид — корейский кедр (*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.), который в Японии очень удачно прозвали «розовой сосной».

Это гигантское дерево достигает высоты 40 м при толщине у основания до 2 м. На одном таком дереве бывает до 350 шишек, в каждой из которых заключено 100—120 г семян — кедровых орехов; причем содержание жира в них выше, чем у сибирского кедра (64,7% против 59,1%). Урожай кедровых орехов здесь иногда достигают поистине фантастических величин — до 1,5 т на 1 га (в среднем 50—200 кг/га).

Если сибирский кедр нередко растет в «гордом одиночестве», образуя чистые кедровые боры, то корейский кедр всегда сопровождается пышной лесной свитой. В кедрово-широколиственных лесах увидишь рядом белокорую пихту и маньчжурский орех, голубоватую аянскую ель и монгольский дуб, японский тис и амурскую липу.

На юге Приморья вместе с кедром растет гигантская цельнолистная пихта, чья морщинистая кора напоминает дубовую, а в тайге по берегам Амура обычна ребристая береза, кора у которой завивается в крупные стружки, свисающие длинными прядями. Великое множество декоративных кустарников — дикий жасмин, жимолость, бересклеты, различные формы кленов, черемуха азиатская и Маака, извилистые плети лиан дикого винограда, актинидий, лимон-

ника — все это придает дальневосточным кедровикам поистине сказочный облик.

Прекрасны эти леса весной в период цветения, еще красочнее выглядят они осенью, когда пламенеет листва и тайга щедро наполнена различными плодами. В зените лета под пологом кедрово-широколиственных лесов душно и жарко, словно в оранжерее, но именно в это время здесь и можно найти драгоценный женьшень. Родственные этому «корню жизни» другие представители семейства аралиевых — акантопанакс и маньчжурская аралия тоже отличаются целебными свойствами, а колючий кустарник элеутерококк, в изобилии растущий по лесам Приамурья, — наиболее сходен с женьшенем по своим лечебным качествам.

Ценность кедрово-широколиственных лесов отнюдь не исчерпывается внешними красотами. Тридцать пять пород деревьев и кустарников здесь дают съедобные плоды и ягоды, объемы их ежегодных урожаев оцениваются десятками тысяч тонн, 65 пород служат источником технического сырья (в частности, кора амурского бархата), в кедровниках растут около 300 видов лекарственных трав, более 250 видов медоносных растений, свыше 100 видов съедобных грибов. Это подлинный кладовый растительных ресурсов. Недаром промысловые хозяйства Хабаровского и Приморского краев, расположенные в зоне кедровников, имеют самые высокие в стране показатели по заготовкам дикорастущих плодов, орехов, ягод. Всему этому богатству растительности соответ-

ствует и животный мир. Благоприятное развитие геологических и климатических факторов в послетретичное время обусловили возможность существования на юге Дальнего Востока сложнейшего и чрезвычайно оригинального биоценоза, свойственного кедрово-широколиственным лесам, неповторимо сочетающего в себе суровость Сибири и пышность азиатских субтропиков. Совместное обитание здесь сибирских таежных зверей с тигром и гималайской куницей поражало первых исследователей не меньше, чем вид виноградной лозы, обвивающейся вокруг ели! Как и растительности, фауне кедровых лесов было свойственно удивительное богатство. Однако в результате безудержного спроса на пушнину и товары тибетской медицины в конце XIX и начале XX вв. были почти полностью истреблены пятнистый олень и горал, крайне резко сократилась численность соболя, изюбря, кабана, косули. Процессу обеднения фауны особенно способствовали лесные пожары, буквально опустошавшие Дальний Восток в первые десятилетия нашего века.

Серьезные меры по охране животного мира, предпринятые после установления Советской власти на Дальнем Востоке, прекратили непосредственное истребление диких животных. Однако необычайно мощное развитие производительных сил, характерное для Дальнего Востока, при недостаточном внимании к вопросам охраны природных ресурсов ставит сейчас под угрозу самую возможность существования кедрово-широколиственных лесов и их фауны.



Без ограничения ведется охота на гималайского медведя.

Фото С. Кучеренко.

Изюбр — исконный обитатель кедрово-широколиственных лесов.

Фото Н. Абдразманова.

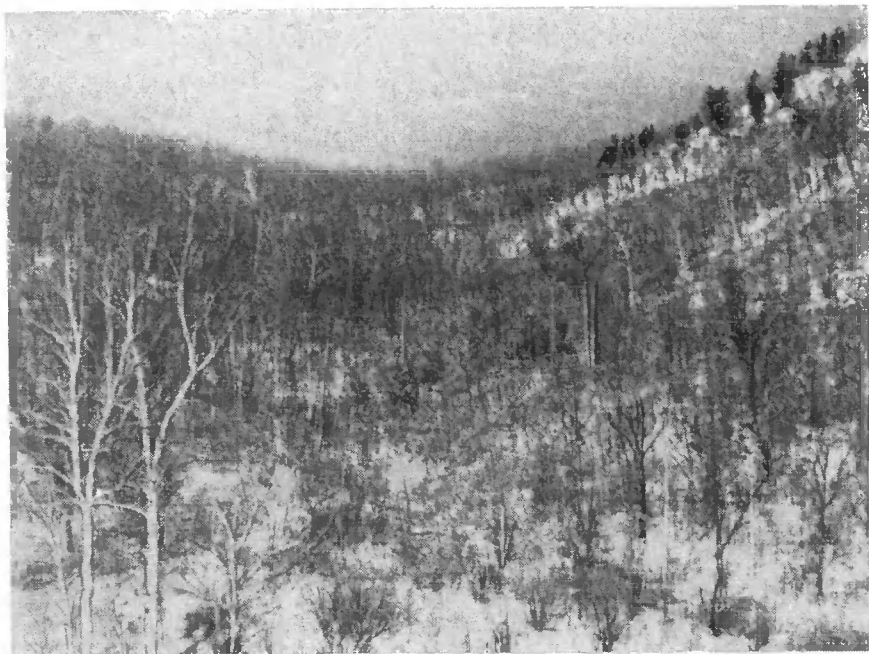


Дело в том, что в начале XX столетия и особенно с 30-х годов кедрово-широколиственные леса стали основной сырьевой базой лесной промышленности на Дальнем Востоке. Занимая лишь 2,8% лесной площади, кедровники дают более 50% всей заготавливаемой древесины. Более половины леспромхозов Хабаровского и Приморского краев расположены в зоне кедрово-широколиственных лесов. Большинство этих леспромхозов уже испытывает недостаток древесины, и по расчетам специалистов все доступные для эксплуатации кедровники будут вырублены в течение двух ближайших десятилетий. В кедрово-широколиственных лесах ведутся сплошные рубки, притом за-

бирается лишь лучшая часть древесины, а более трети продукции бросается на лесосеке. Лесоводы установили, что такие рубки ведут к заведомой смене кедровых пород, причем на значительной площади вырубок лес вообще не восстанавливается.

На огромных пространствах Приамурья и Приморья, в бассейнах Усури, Анюя, Хунгари, Урми, Биджана и десятков других рек уникальные по богатству леса превращаются в безжизненные пустоши. За последнее десятилетие площадь лесов Хабаровского края уменьшилась на 13,6 млн га, а с 1913 по 1958 г. она сократилась на одну четверть (1), что уже заметно сказывается на климатическом и водном режиме, ведет к наводнениям рек и развитию горных осыпей¹.

¹ Г. Ф. Стариков, А. А. Степанов. О реконструкции географических ландшафтов Приамурья. «Вопросы географии дальнего Востока», сб. 6, Хабаровск, 1963.



Лиственный лес, занявший место вырубленного кедрово-широколиственного леса. Восточные склоны Сихотэ-Алиня. 1968 год.

Фото С. Кучеренко.

Процесс стремительного сокращения площади кедровых лесов на Дальнем Востоке самым непосредственным образом сказывается и на фауне.

К обитателям кедрово-широколиственных лесов относятся почти все эндемичные формы, представители так называемого приамурского (маньчжурского) типа фауны, например, амурский тигр, дальневосточный лесной кот, гималайский медведь, харза и др. С поймами рек в таких лесах связано обитание енотовидной собаки, а также множества эндемичных птиц — широкогорота, голубой сороки и др.

Помимо рубок, подлинным бедствием для многих животных остается прямое преследование их человеком. Постоянное нарушение установленного законом порядка охоты в сочетании с быстрым ростом населения и развитием транспортной сети приводят к интенсивному, хотя и неравномерному по отдельным территориям снижению численности косули, изюбря, кабана, боровой и по-

бенно водоплавающей дичи. Без ограничения преследуется гималайский медведь (особенно страдающий при рубке кедровников из-за отсутствия дуплистых деревьев для зимней спячки) и амурский барсук. Все чаще жертвами браконьеров становятся тигры, которых и так очень мало. В то же время подлинные объекты пушного промысла (белка, колонок, лисица, отчасти соболь и выдра) используются недостаточно, поскольку настоящих охотников-промысловиков в Хабаровском крае немного.

Почти вся область распространения кедрово-широколиственных лесов стала зоной интенсивной спортивной охоты. Частные меры, например, запрет охоты на отдельные виды или ограничения в сроках охоты и т. д., не могут изменить положения в целом. Невозможно сохранить какой-либо отдельный вид вне среды его обитания, вне биогеоценоза. Так, существование тигра самым тесным образом связано с кабаном, и оба они зависят от наличия кедровников, урожая орехов и многих других факторов. Охранять следует весь биоценоз кедрово-широколиственных лесов в целом, а для этого необходимо прекратить рубки кедров и остановить браконьерский произвол в тайге. Совершенно необходимо переместить леспромхозы в темно-

хвойные и лиственные леса, чтобы сохранить хоть кое-где уцелевшие пятна кедрово-широколиственных лесов, как украшение и богатство нашей природы; тем более, что прижизненная их эксплуатация дает больший материальный эффект, чем рубка. Работами дальневосточных лесоводов давно доказано, что распространенное мнение о перестойности и мнимом «вымирании» корейского кедрового глубоко ошибочно. Кедровники разновозрастны и место погибших от старости деревьев занимают молодые.

Существующие ныне заповедники Дальнего Востока в большинстве своем весьма небольшого размера, а орехо-промысловые зоны также не могут обеспечить сохранения кедрово-широколиственных лесов на Дальнем Востоке. Площадь орехо-промысловых зон составляет по всему Дальнему Востоку лишь 3,7% кедровых лесов (менее 0,3% от всей лесной площади), что в пять раз ниже, чем в среднем по РСФСР. К тому же, при истощении лесосырьевых баз рубки нередко продолжают именно за счет орехо-промысловых зон («в порядке исключения», «временно» и под другими предлогами).

Значение кедрово-широколиственных лесов Дальнего Востока очень велико. Дело не только в плодах лимонника или коре амурского бархата, кедровых орехах или изюбрином мясе и даже не в живых уссурийских тиграх: дальневосточные кедровники сохраняют нерестилища лососевых рыб, берегут склоны от эрозии, а реки — от наводнений. В зоне распространения этих лесов расположены поселения малых народностей Дальнего Востока — удэгейцев и нанайцев, весь образ жизни которых связан с кедровым биоценозом.

Забота о сохранении последних кедрово-широколиственных лесов Дальнего Востока, на наш взгляд, ныне должна быть не увлечением отдельных энтузиастов, а серьезным, государственным делом, притом безотлагательным.

УДК 502.7

Первобытные люди подобрали железные метеориты?

И. Классен
Обсерватория Пульснитц (ГДР)



Иоганнес Классен — участник создания астрономической обсерватории в г. Пульснитц и ее восстановления после войны. Основные научные интересы лежат в области релятивистской теории, метеоритики и селенографии. Активно сотрудничает в «Публикациях астрономической обсерватории Пульснитц».

В 1940 г., произведя статистическую оценку 587 метеоритов по каталогу Э. А. Вюльфинга, автор обратил внимание, что в Старом Свете (Европа, Азия и северная часть Африки) каменных метеоритов известно гораздо больше, чем железных, тогда как в Новом Свете (юг Африки, Америка и Австралия) преобладают железные метеориты.

Такой же результат получили Ф. Хейде в 1957 г. (по 1385 метеоритам) и Ф. Л. Бошке в 1965 г. (по 1644 метеоритам). Бошке наряду с другими источниками использовал метеоритный каталог Прайора-Хей.

Результаты, полученные Бошке, приведены в табл. I (где каменно-железные метеориты отнесены к железным).

Совершенно очевидно преимущественное распространение в Европе, Азии и Африке каменных метеоритов, а в Америке и, особенно, Австралии — железных.

Далее представляет интерес географическое распространение крупнейших метеоритов, т. е. тел с массой более 10 т. В табл. II приведена сводка таких находок; все это — доисторические падения.

Как мы видим, из 11 крупнейших метеоритов в Азии находится 1, в Африке — 2, в Америке — 7, в Австралии — 1 и в Европе нет ни одного. Таким образом, материк Евразии почти лишен крупных метеоритов, нет их и в северной части Африки, зато в Америке отмечено их наибольшее скопление. Поскольку все крупнейшие метеориты — железные, их географическое распределение подтверждает указанное выше правило.

Рассмотрим, наконец, географическое распределение метеоритных кратеров. Согласно Дж. Фрибергу, сейчас на Земле известно 110 кратероподобных образований. В 11 кратерах найдено никелистое железо, характерное именно для метеоритов, так что нет сомнений относительно происхождения кратеров. В табл. III приведены эти достоверные кратеры. Все кратеры, кроме Сихотэ-Алинского, возникли в доисторические времена. Распределены они следующим образом: Европа — 1, Азия — 2, Африка — 0, Америка — 4, Австралия — 4.

Результат снова в пользу Нового Света, особенно если учитывать, что один из азиатских кратеров образовался

Таблица I

Распределение метеоритов по континентам

Тип метеоритов	Европа	Азия	Африка	Америка	Австралия
Каменные	300	200	65	400	40
Железные	52	54	38	426	69

Крупнейшие метеориты мира

Название	Место находки	Масса, т	Год открытия
Нова	Юго-Западная Африка	70	1920
Cape York-Anighito («Палатка»)	Гренландия	31	1818
Urumtschi-Sinkiang	КНР, пустыня Гоби	30	1963
Bacubirito-Ranchito	Мексика	27	1871
Mbosi-Tanganyika	Восточная Африка	25	1930
Cape York-Agpalilik	Гренландия	15	1963
Willamette-Oregon	США	14,175	1902
Chupaderos-Chihuahua	Мексика	14,1	1852
Otumpa-Gran Chaco	Аргентина	13,6	1783
Mundrabilla	Западная Австралия	12	1966
Morito-Chihuahua	Мексика	11	1600

Таблица III

Достоверные метеоритные кратеры

Название	Месторасположение	Наибольший диаметр, м	Время обнаружения
Каньон Дьябло	США	1295	—
Буксхол	Северная Австралия	175	1937
Кампо-дель-Сьело	Аргентина	78	—
Далгаранга	Западная Австралия	68,5	1910
Хевилэнд	США	—	—
Хенбери	Центральная Австралия	198	1930
Каалиярв	СССР, Эстония	110	1927
Одесса	США, Техас	162	1928
Сихотэ-Алинь	СССР	26,5	1947
Вабар	Аравия	100	1932
Вольф Крик	Сев.-Зап. Австралия	853,5	1947

лишь в 1947 г. и может не приниматься в расчет при исследовании связи между железными метеоритами и доисторическим человеком.

Безусловно, число обнаруженных метеоритов и метеоритных кратеров зависит от многих факторов, например от площади континентов, плотности и культурного уровня населения, развития земледелия. Большую роль играют также средства сообщения. Примером может служить плохая осведомленность о метеоритах в Центральной Азии и Центральной Африке. Напротив, в Северной Америке в последние десятилетия Х. Х. Найнинджер и др. проводили планомерные поисковые экспедиции для сбора ранее упавших метеоритов.

При этом попадались преимущественно железные метеориты и в меньшей степени каменные.

Каменные метеориты выветриваются быстрее железных, и, кроме того, их трудно отличить от земных камней. Поэтому найти метеориты удается лишь в том случае, когда есть очевидцы падения. В пустынных районах, особенно распространенных в Азии и Африке, метеориты не так легко погружаются в грунт, а сухой климат замедляет выветривание. Исследования Г. Венке показывают, как много железных метеоритов может накопиться за некоторый промежуток времени. По измерениям земного возраста двадцати железных метеоритов Г. Венке определил, что

их падения произошли до 1,5 млн лет назад. Число железных метеоритов, находящихся еще в грунте, несомненно, больше, чем это обычно предполагается, так как ежегодно на Землю падают сотни железных метеоритов. Между прочим, на каждые 12 наблюдаемых падений приходится лишь один железный метеорит, остальные — каменные.

Однако рассмотренные избирательные эффекты едва ли будут достаточны для объяснения приведенных выше таблиц. Эти эффекты действуют в противоположных направлениях и потому в основном нейтрализуют друг друга. Следовательно, необходимо искать другой, решающий селективный механизм. Возмож-

Таблица IV

Размещение достоверных и предполагаемых метеоритных кратеров

Континент	Европа	Азия	Африка	Америка	Австралия
Число кратеров	14	14	14	60	8

но, что на различных континентах доисторический, а частично и современный человек где более, а где менее интенсивно собирал железные метеориты для технических надобностей, соответственно своему уровню культурного развития.

В старых культурных центрах Европы, Азии и Северной Америки люди уже в раннюю эпоху собирали железные метеориты, чтобы переработать их в оружие и инструменты. Не исключено, что многие выставленные в наших музеях старинные орудия изготовлены из метеоритного железа. В других областях Земли, где развитие техники еще не достигло такого высокого уровня, железные метеориты сохранились. Известно, что северо-американские индейцы ценили, собирали и обрабатывали железные метеориты, но метеориты на Американском континенте все же в меньшей степени пострадали от человеческой деятельности, чем в Старом Свете. Еще меньшее значение имело воздействие совершенно технически неразвитого человеческого общества в Австралии.

Сравним теперь с этих позиций числа железных метеоритов, найденных в Европе, Азии и Африке (табл. I). Разве не странно, что на каждом из трех первых континентов обнаружено меньше железных метеоритов, чем на маленьком пятом континенте, тем более, что в течение последних ста лет Европа, например, была обследована на метеориты достаточно тщательно, во всяком случае лучше Австралии. И даже если изученность Азии и Африки считать худшей, чем Австралии, все же эти два больших континента во много раз превосходят Австралию по площади (Азия — 44 млн км², Африка — 30 млн км², Австралия и Океания — 9 млн км²). Очевидно, люди очень рано стали использовать большие метеориты в

качестве удобного источника сырья. Это и привело к отсутствию метеоритов в Старом Свете. Но использование крупных метеоритов доисторическим человеком было возможно только в тех районах, где он уже достиг относительно высокого культурного уровня. Менее развитые общества оставляли метеориты нетронутыми на месте их нахождения. Пример тому — железные валуны метеоритного дождя Кейп Йорк в Гренландии. Эскимосы знали их издавна. Они дали им названия «Палатка» (31 т), «Женщина» (3 т) и «Собака» (0,4 т), но никак их не использовали. Лишь американский полярный исследователь Р. Е. Пири в 1897 г. с величайшими техническими трудностями перевез эти валуны в Нью-Йорк, где они сейчас демонстрируются в планетарии Гайдна Американского музея естественной истории. В Европе подобные валуны не остались бы на своих местах столь продолжительное время.

Географическое расположение одиннадцати достоверных метеоритных кратеров также показывает, что доисторический человек был деятельным собирателем. Метеоритное никелистое железо из кратеров Старого Света было выбрано, тогда как в Новом Свете оно осталось на местах. Кроме того, в результате деятельности людей исчезали и сами кратеры. Лишь немногие из 110 кратерных образований каталога Фриберга находятся в Старом Свете (табл. IV). Земля здесь более 2000 лет используется для земледелия. В Новом Свете почва в основном осталась нетронутой, поэтому на Америку приходится 60 кратероподобных объектов, причем 59 — только в Северной Америке! Несомненно, систематические поиски в Южной Африке, Южной Америке и Австралии дали бы число кратеров равноценное северо-

американскому. Необходимо, однако, отметить, что в табл. IV входит много кратеров и неметеоритного происхождения.

По-видимому, использование железных метеоритов для хозяйственных нужд до сих пор недооценивалось. Сколь велико было разрушительное воздействие человека на природу (особенно за длительные периоды), ярко иллюстрируется многочисленностью уничтоженных человеком видов животных. Вероятно, ученые, изучающие доисторическую эпоху, смогут делать заключения об уровне культуры древних сообществ, исходя из географического распределения железных метеоритов (при условии относительно равномерной изученности Земли на метеориты). В областях с малым числом находок следовало бы предполагать существование древних групп населения с высоким уровнем развития, в районах, богатых находками, — коллективов с низким культурным уровнем.

УДК 523.51

Перевод с английского
И. Т. Зоткина

Новые подробности о лунных образцах

5—8 января 1970 г. в Хьюстоне (США) состоялась широкая научная конференция, на которой было заслушано более 100 докладов и подведены итоги исследований образцов лунных пород, доставленных экипажем «Аполлона-11».

Изучение природы, состава, происхождения и возраста лунных пород имеет очень большое значение для понимания истории образования и развития как самой Луны, так и нашей Земли. В связи с этим данные, полученные в результате экспедиции «Аполлона-11», представляют весьма существенный интерес. С предварительными результатами журнал «Природа» уже ознакомил своих читателей (№ 12, 1969). Теперь мы печатаем с незначительными сокращениями резюме по итогам конференции в Хьюстоне, помещенное в журнале «Science» (v. 167, № 3918, 1970). Оно заметно дополняет и уточняет ранее опубликованные материалы. Так, здесь уже достаточно уверенно говорится о породах поверхности Луны как «лунных базальтах»; сообщается об открытии в них трех минералов; приводятся более точные сведения о возрасте пород и методах их определения, об их химическом составе; делаются более определенные выводы о возможном происхождении Луны и т. д.

24 июля 1969 г. первые образцы с ближайшего к нам планетного тела, Луны, были доставлены на Землю для изучения их прямыми методами. До возвращения «Аполлона-11» метеориты были единственными внеземными объектами, которые мы в прямом смысле могли подержать в руках и исследовать в лаборатории. В отличие от метеоритов, лунные образцы получены с планетного объекта больших размеров, местоположение которого хорошо известно.

Сборник докладов конференции представляет собой изложение результатов первых систематических исследований этих образцов более чем 500 учеными из 9 стран.

Результаты исследований лунного вещества важны для понимания того, что оно собой представляет, а также для оценки способа, которым эти результаты были получены.

Образцы с места посадки в Море Спокойствия представлены изверженными породами типа базальтов, микробрекчиями — механической смесью грунта и мелких об-

ломков пород, уплотненной до состояния связанной породы, и лунным грунтом. Грунт представляет собой смесь кристаллических обломков и обломков стекла весьма разнообразной формы. Кроме того, в нем содержатся мелкие обломки железных метеоритов. Большая часть обломков пород в грунте аналогична по составу породам более крупных камней и, очевидно, образовалась из них. Последние, в свою очередь, вероятно, происходят из нижележащего скального основания. Некоторое количество кристаллических обломков из грунта резко отличается от всех изверженных пород места посадки. Весьма вероятно, что они являются образцами материала близлежащей материнской области.

Поверхность камней и отдельные обломки в грунте несут на себе следы поверхностной эрозии за счет бомбардировки сверхскоростными частицами. Исследование поверхности стекловатых объектов, которые сами возникли в результате удара, обнаруживает прекрасно сохранившиеся

ямки диаметром около 10 мк. Они являются следствием ударов высокоскоростных мельчайших частиц. Существуют доказательства того, что ударные процессы сопровождаются локальным плавлением, разбрызгиванием, испарением и конденсацией.

Кристаллические породы, имеющие структуры, типичные для изверженных пород, варьируют от очень тонкозернистых пузырчатых пород до кавернозных среднезернистых равномернозернистых пород. Наиболее обычными минералами пород являются: пироксен, часто с отчетливой зональностью состава (в краевых частях зерен более железистый), плагиоклаз, ильменит, оливин и кристобалит. В изверженных породах открыты три новых минерала: 1) пироксманганит (триклинный пироксеноподобный минерал), 2) ферропсевдобрукит и 3) хромотитановая шпинель.

Чрезвычайно редкие на Земле самородное железо и троилит являются обычными аксессуарными минералами этих изверженных пород. Все силикатные минералы необычайно про-

зрачные и чистые из-за полного отсутствия гидротермальных изменений или структурных нарушений. Лабораторные эксперименты с силикатными системами, аналогичными по составу лунным расплавам, показывают, что во время кристаллизации наблюдающиеся фазы могут сосуществовать только в очень сухой, сильно восстановительной системе. Парциальное давление кислорода в этой системе оценивается величиной порядка 10^{-13} атм. Это более чем на 5 порядков ниже парциального давления кислорода, характерного для типичных земных базальтовых магм.

Очень низкое содержание ионов трехвалентного железа в пироксенах, определенное методами мессбауэровской спектроскопии и электронного парамагнитного резонанса, является дальнейшим доказательством низкого окислительного потенциала лунных расплавов. Эксперименты по плавлению показывают, что 98% первичной магмы кристаллизуется в интервале температур от 1210 до 1060°С, а небольшое количество интерстициальной¹ жидкости будет продолжать кристаллизоваться до температуры примерно 950°С. Результаты исследований с помощью микроскопа и микрозонда однозначно указывают на существование интерстициальной жидкости, богатой калием и алюминием и, вероятно, не смешивающейся с основной частью расплава. Расчеты показывают, что вязкость лунных магм примерно на порядок ниже вязкости земных базальтовых магм. Это свойство может играть существенную роль при объяснении особенностей текстуры пород, механизма дифференциации, реализующегося в характере химического состава пород, и морфологических особенностей лунных морей.

Химический состав всех изученных пород поразительно однообразен, за исключением концентраций калия, рубидия, цезия, урана, тория и бария. По содержанию этих элементов выделяются две группы изверженных пород. Как правило, в тонкозернистых породах содержания этих элементов выше, чем в более крупнозернистых породах. Для всех пород

характерны необычно высокие содержания титана, скандия, циркония, гафния, иттрия и трехвалентных редкоземельных элементов, в то время как содержание натрия низкое. Одной из поразительных особенностей изверженных пород является низкая по сравнению с другими редкоземельными элементами концентрация европия.

Некоторые из более летучих элементов, например висмут, ртуть, цинк, кадмий, таллий, свинец, германий, хлор и бром, находятся в заметном дефиците по отношению к их предполагаемой распространенности в солнечной системе.

Грунт и брекчии по составу довольно близки к изверженным породам. Однако здесь имеются и некоторые различия, которые однозначно свидетельствуют о том, что грунт и брекчии содержат по крайней мере еще один «петрографический» компонент, отличающийся от изученных образцов лунного базальта. Грунт также обогащен никелем и летучими элементами (кадмий, цинк, серебро, золото, медь и таллий), которые пользуются широким распространением в углистых хондритах. Это обогащение согласуется с наблюдаемым присутствием в грунте метеоритного материала.

Многие элементы, такие как калий, рубидий, цезий, хлор и таллий, содержания которых в лунных изверженных породах низки, в породах земной коры, напротив, образуют повышенные концентрации. Эти породы земной коры являются продуктом магматической дифференциации и представляют собой вещество остаточных расплавов или легкоплавких фракций. В глобальном масштабе такие процессы приводят к обогащению этими элементами земной коры. Низкая концентрация этих элементов в породах, образовавшихся из лунных остаточных расплавов, может рассматриваться как указание на то, что Луна в целом обеднена рядом летучих элементов. Если этот вывод о валовом составе Луны корректен, можно предполагать, что отделение от первичного облака того вещества, из которого образовалась Луна, произошло при температуре 1000°С или выше.

Особенности химизма лунных магматических расплавов, в частности высокая концентрация титана, отделение европия от других редкоземельных элементов и разделения бария и стронция, дают основание считать эти расплавы конечным продуктом обширного процесса фракционной кристаллизации. Менее вероятной альтернативой является предположение, что эти расплавы образовались в небольших количествах при частичном выплавлении и последующей сегрегации жидкости в лунных недрах.

Эксперименты при высоких температурах и давлениях показывают, что вещество с химическим составом, как у базальтов с места посадки в Море Спокойствия, в условиях, которые предполагаются для недр Луны, имеет плотность, сильно превышающую среднюю плотность Луны. Отсюда следует, что такие базальты не могут представлять среднего состава Луны.

Абсолютный возраст базальтовых кристаллических пород определялся ^{87}Rb — ^{87}Sr - и ^{40}K — ^{40}Ar -методами. Установлено, что эти породы образовались 3,7 млрд лет назад. Этот возраст подтверждается результатами, полученными U—Th—Pb-методом: результаты показывают, что изверженные породы в Море Спокойствия были в расплавленном состоянии (вероятно, в виде лавовых излияний), а затем закристаллизовались примерно через 1 млрд лет после образования Луны. Один экзотический обломок породы имеет возраст 4,4 млрд лет, что является указанием на различный возраст разных участков лунной поверхности.

Относительно молодой возраст базальтов свидетельствует о том, что Луна, начиная с момента ее образования, не была полностью мертвым планетным телом, а подвергалась значительной дифференциации, по крайней мере в отдельных участках, что выразилось в образовании тонкой лунной коры. Интервал времени, предшествовавший дате 3,7 млрд лет, почти наверняка нашел отражение в явлениях на более древних материковых областях. На Земле следы этой эпохи уничтожены. Поэтому значительная часть поверхности Луны

¹ Жидкость, заполняющая пространство между кристаллами.

чрезвычайно важна для понимания процессов ранней эволюции и дифференциации планет.

Некоторые образцы грунта и брекчии показали согласующиеся между собой значения возраста 4,6 млрд лет, определенные Pb—U—Th- и Sr—Rb-методами. Эти образцы, являющиеся агрегатами весьма различных пород, минералов и стекол более молодого возраста, по-видимому, представляют собой эффективную среднюю пробу лунной коры. Кора, состоящая из вещества возрастом 4,6 млрд лет, в более позднее время подвергалась дифференциации без внедрения в нее более молодого дифференцированного вещества, обогащенного рубидием, ураном и торием.

Все эти данные недвусмысленно свидетельствуют о том, что вещество на лунной поверхности представляет собой продукт значительной геохимической и петрологической эволюции. Таким образом, древняя планетарная поверхность, с которой получены образцы, дает нам картину процессов ранней эволюции планеты земного типа, которые до сих пор были скрыты от нас.

Физические свойства вещества поверхности важны для интерпретации телескопических наблюдений. Измеренные в лабораторных условиях оптические свойства грунта согласуются с данными, полученными в результате телескопических наблюдений. Отсюда следует, что большая часть Луны должна быть покрыта тонким слоем грунта. В спектральных характеристиках грунта, полученных в лабораторных условиях, удалось выявить особенности, связанные с содержанием железа в грунте. Корреляция этих данных с результатами телескопических наблюдений дает основания предполагать, что содержание железа в веществе лунной поверхности может варьировать. Измеренная величина диэлектрической постоянной грунта находится в соответствии с известными данными по отражательной способности Луны в радиодиапазоне. Величина глубины проникновения радиоволн свидетельствует о том, что верхние слои грунта пронизываемы для электромагнитных полей. Из проведенных измерений величины теплопроводности грунта следует, что в

районах, где грунт есть, суточные колебания температур должны распространяться на глубину менее 1 м. Исследование термолюминесценции двух образцов из пробоотборника показало, что на глубине 12 см от поверхности еще существуют значительные суточные вариации температуры грунта.

Интерпретация сейсмических экспериментов также требует знания свойств вещества Луны. Лабораторные измерения скоростей продольных и поперечных волн показывают, что при увеличении давления скорости резко увеличиваются до значений, характерных для земных пород при давлении 5 кбар. Поглощение звуковых волн уменьшается с ростом давления. Значения скоростей, определенные при высоком давлении, вполне согласуются с результатами наблюдений в сейсмическом эксперименте «Аполлона-12». Резкое возрастание скорости звуковых волн и уменьшение их поглощения с увеличением давления предполагает возможность существования сейсмического волновода в теле Луны на небольших глубинах.

В кристаллических породах и брекчиях обнаружена природная остаточная намагниченность. Эти данные указывают, что в прошлые эпохи Луна могла иметь магнитное поле с напряженностью, составляющей несколько процентов от земного поля. Магнитное поле, существовавшее 3,7 млрд лет назад, могло возникнуть в результате движения жидких недр Луны, воздействия земного поля в те времена, когда Луна была ближе к Земле, или в результате процессов, которые пока нам непонятны.

Свободная от атмосферы поверхность Луны подвергалась воздействию галактической и солнечной радиации. Лунные образцы представляют особый интерес для изучения малоэнергичной слабопроникающей радиации. Кроме того, лунные породы представляют нам образцы захваченных ими газов солнечного ветра. В результате изотопный состав и относительная распространенность элементов на Солнце теперь могут изучаться прямыми методами. Исследования этих газов (водород, гелий, неон, аргон, криптон и ксенон) дают

возможность определить верхний предел содержания дейтерия на Солнце и оценить величину отношения $^3\text{He}/^4\text{He}$. Эти сведения приведут к лучшему пониманию эволюции Солнца. Прецизионные измерения изотопного состава тяжелых редких газов позволят лучше представлять эволюцию атмосферы Земли из более примитивного материала Солнца.

Изучение треков частиц и наведенной радиоактивности показывает, что они возникли под действием бомбардировки частицами солнечного ветра (и галактических космических лучей), и указывает, что этот процесс был постоянным, без сильных вариаций в течение длительных промежутков времени. В брекчиях и грунте содержатся высокие концентрации редких газов, являющиеся захваченными частицами солнечного ветра. Показано, что частицы, которые теперь находятся ниже поверхности, в какой-то момент времени экспонировались на самой поверхности. Исследование треков ядерных частиц подтверждает происхождение этих редких газов за счет захвата солнечного ветра и вывод о характере экспозиции вещества на поверхности.

По совокупности данных о радиоактивных и стабильных продуктах ядерных реакций и треках ядерных частиц можно также получить информацию о процессах на поверхности Луны и потоке космического излучения в течение длительных промежутков времени. Например, оказалось возможным определить, какая часть камня образца 10017 является верхней, и показать, что в прошлом «верх» и «низ» у этого камня менялись местами. Этот камень был перевернут на поверхности Луны и частично захоронен. Результаты этих исследований показывают, что скорость эрозии камней на лунной поверхности составляет 10^{-7} см/год. Судя по содержаниям космических изотопов, некоторые камни находились на поверхности или на глубине нескольких сантиметров по крайней мере в течение 10 млн лет, а на глубине до 1—2 м — в течение 500 млн лет.

Для проблемы происхождения жизни на Земле и других планетах огромное значение имеет возможность су-

ществования в неземном веществе сложных соединений углерода. В лунных образцах с помощью самых тонких и чувствительных методов анализа проводились поиски таких важных протобиологических соединений, как пурины, пиримидины, аминокислоты и порфирины. Несмотря на чрезвычайно высокую чувствительность анализа (обычно выше $10^{-3}\%$), в образцах не удалось однозначно определить присутствие лунных органических веществ. В образцах обнаружены органические вещества, занесенные в них выхлопными газами космического корабля и во время работы на Земле. Общее содержание углерода в грунте, брекчиях и изверженных породах колеблется от $5 \cdot 10^{-3}$ до $25 \cdot 10^{-3}\%$. Самые высокие концентрации найдены в тонкозернистой фракции грунта. Самые низкие — в изверженных породах. При растворении образцов в кислоте выделяется некоторое количество метана и окиси углерода. Однако большая часть углерода мобилизуется только тогда, когда образцы нагреваются до температуры, более 800°C в вакууме. В

этом случае углерод выделяется в форме CO и CO₂. Содержание углерода в грунте и брекчиях примерно соответствует тому, что можно ожидать из захвата частиц солнечного ветра. В образцах удалось идентифицировать графит, однако точная природа большей части лунного углерода требует выяснения.

Микропалеонтологические исследования образцов методами оптической, электронной и сканирующей электронной микроскопии дали однообразно отрицательные результаты. Интенсивные поиски жизнеспособных организмов, проводившиеся с использованием множества комбинаций условий и питательной среды, дали отрицательные результаты, что согласуется с результатами карантинной проверки.

Образцы, привезенные на «Аполлоне-11», собраны с очень небольшой части поверхности Луны. Тем не менее результаты их исследования проливают новый свет на характер процессов, определивших облик лунной поверхности, и накладывают существенные ограничения на скорость этих

процессов и их механизмы. Полученные результаты не решают проблемы происхождения Луны, однако теперь число предположений, которые любая теория должна принимать, заметно увеличивается. Например, если принимать, что Луна образовалась в результате отделения от Земли, то теперь с известной долей уверенности можно утверждать, что это разделение имело место раньше, чем 4,3 млрд лет назад.

Более того, такая гипотеза теперь должна учитывать определенную разницу в химическом составе. Имеется ряд несомненных доказательств химического и петрологического характера, что поверхность Луны неоднородна по составу и возрасту. Поэтому возможность получить образцы из различных районов и типов местности имеет большое научное значение. Следующей важной вехой в развитии науки о Луне, по-видимому, будет получение образцов из материковых областей и с больших глубин в лунной коре.

Перевод А. Т. Базилевского
УДК 523.3; 55

Вниманию читателей журнала «Природа»

**Не забудьте возобновить подписку на журнал
на 2-е полугодие 1970 г.**

Подписка принимается всеми отделениями связи, пунктами приема подписки «Союзпечати», а также общественными распространителями печати без ограничений и с любого номера.

Подписная цена за полугодие — 3 руб.

В розничную продажу «Природа» поступает в очень ограниченном количестве.

Переменность и природа квазаров

Еще о природе квазаров

Лептонный заряд и нейтринная астрофизика

Реликтовые кванты и реликтовые монополи Дирака

Влияние среды на распад возбужденных ядер

Вода на Марсе

Природа магнитного поля в окрестностях Венеры

Загадка атмосферы Венеры

Новое о Тунгусском метеорите

Премия имени К. М. Быкова

«Память» ядра соматической клетки

4% CO₂ — это не смертельно

И у хлореллы есть недостатки

Функциональная модель хлоропласта

Новые алкалоиды

Усиление роста эмбрионов

Атлас лесов СССР

Противораковый антибиотик

Искусственное сердце для животных

Что делать с овцебыками на Аляске?

Золотая медаль и премия имени

А. П. Карпинского

Соляные купола под дном

Атлантического океана?

Открытие новых гранатов с помощью... алмаза

Население земного шара

Переменность и природа квазаров

29 января 1970 г. на заседании московского объединенного астрофизического семинара И. С. Шкловский сделал важное сообщение об интерпретации нестационарных явлений в квазарах и родственных им объектах. Исследования радиоизлучения квазаров в диапазоне дециметровых и сантиметровых волн показывают наличие отдельных всплесков излучения с нерегулярными интервалами порядка года. Спектр радиоизлучения обнаруживает характерный максимум, частота которого ν_m уменьшается по мере развития всплеска. Форма спектра хорошо объясняется теорией самопоглощения синхротронного излучения.

Согласно этой теории, при $\nu < \nu_m$ поток излучения должен уменьшаться пропорционально $\nu^{2,5}$. Смещение максимума со временем объясняется расширением излучающего объекта. При этом максимум в спектре должен отвечать той частоте, для которой оптическая толща — порядка единицы. Зависимость потока излучения от времени также обнаруживает максимум. При равномерном расширении поток вначале растет как t^3 , в конце падает как t^{-2} . Все эти выводы теории хорошо согласуются с наблюдениями.

Дальнейшая детализация теории позволила оценить физические условия в излучающем объекте. Так, для момента, когда $\nu_m = 600$ Мгц, размер

объекта 10—20 пс; концентрация электронов 10^{-3} — 10^{-4} в см³; магнитное поле $\sim 10^{-2}$ э; плотность энергии 10 эрг/см³ и полная энергия $\sim 10^{55}$ эрг. Экстраполяция к ранним стадиям расширения дает неправдоподобно большую яркость в стадии, когда ν_m приходилась на оптический диапазон. Отсюда приходится сделать вывод, что на ранних стадиях энергетический спектр электронов должен быть крутопадающим.

Анализ показывает, что в каждом всплеске излучает не весь объем квазара, а некоторая активная область значительно меньших размеров. Наблюдаемые факты говорят в пользу представления о квазаре как о гигантском облаке замагниченной неравновесной плазмы, в которой разыгрываются процессы неустойчивости, приводящие к возникновению активных областей с высокой концентрацией энергии. Процессы подобного же рода наблюдаются и в таких объектах, как сейфертовские галактики, N-галактики и даже в ядре нашей Галактики. Можно предполагать, что все эти явления аналогичны по механизму солнечным вспышкам, только, конечно, в несравненно более грандиозных масштабах.

Большой интерес должно представить излучение квазаров и других активных объектов в субмиллиметровом диапазоне длин волн, где следует ожидать своеобразной формы спектра. Кроме того, при столь высокой концентрации энергии возможно испускание γ -лучей, которые могут наблюдаться приборами, вынесенными за пределы атмосферы.

Чем жестче излучение, тем короче его всплеск. Поэтому для регистрации коротковолновых излучений необходимо непрерывное патрулирование. Напротив, в диапазоне более длинных волн наблюдаемый спектр представляет собой наложение серии последовательных выбросов.

Еще о природе квазаров

Группа исследователей из Института теоретической астрономии Кембриджского университета произвела статистический анализ величины красного смещения для 186 известных в настоящее время квазаров. Выявлено, что на уровне 95%-ной достоверности (относительно уровня шума) отсутствует предполагавшаяся прежде периодичность в распределении числа квазаров по величине красного смещения. Ложная периодичность получалась и в более ранних работах других авторов из-за малого числа использовавшихся ими данных об известных в то время квазарах.

Отсутствие периодичности и вообще какой-либо регулярности распределения говорит о том, что нет других причин для красного смещения квазаров, помимо общего космологического расширения Вселенной.

«Nature», v. 224, 1969, № 5222, pp. 843, 875—876 (Англия).

Лептонный заряд и нейтринная астрофизика

Замечательный эксперимент Р. Дэвиса и его сотрудников, проведенный в 1968 г. на глубине 4400 м в золотом руднике Хомстэйк (США) с целью обнаружения потока нейтрино, испускаемых при ядерных реакциях в недрах Солнца, привел к неожиданному результату. Нейтрино не были зарегистрированы в количествах, предсказываемых теорией, а сам эксперимент позволил оценить

только верхний предел искомого эффекта¹.

Акад. Б. М. Понтекорво полагает, что сильное расхождение результатов опыта Р. Дэвиса с предсказаниями теории происходит не только вследствие различных астрофизических и ядерных неопределенностей, но и потому, что еще недостаточно известны свойства нейтрино как элементарных частиц. Современные данные с достоверностью около 70% позволяют заключить, что можно определить такое квантовое число, как лептонный заряд (или два типа лептонного заряда). Но вопрос о возможности нарушения закона сохранения этих зарядов остается открытым. Говоря, что закон сохранения лептонного заряда выполняется, мы в сущности имеем в виду, что нейтрино и антинейтрино — различные частицы.

По мнению Б. М. Понтекорво, требование существования в природе только четырех нейтринных состояний (совместно с предположением о нестрогом сохраняющемся лептонном заряде) подразумевает существование нейтринных осцилляций, т. е. превращений разных видов нейтрино друг в друга, в основном $\nu_e \rightleftharpoons \nu_\mu$ и $\bar{\nu}_e \rightleftharpoons \bar{\nu}_\mu$. Это те осцилляции, которые могли бы быть важны для нейтринной астрономии.

С точки зрения возможностей наблюдения нейтринных осцилляций, идеальным объектом является Солнце. Если длина осцилляций² много меньше, чем радиус солнечной области, эффективно рождающей нейтрино (скажем, 0,1 радиуса Солнца, т. е. 10^5 км), прямых осцилляций солнечных нейтрино нельзя будет зарегистрировать из-за «размывания» эффекта.

Однако единственным следствием этого на поверхности Земли будет

то, что поток наблюдаемых солнечных нейтрино уменьшится вдвое по сравнению с полным потоком солнечных нейтрино. Если же длина осцилляций сравнима с расстоянием от Земли до Солнца, последний эффект может оказаться еще более значительным.

Таким образом, результаты опыта Р. Дэвиса еще не являются достаточными для определения типа ядерных реакций в недрах Солнца.

«Известия АН СССР», серия физическая, т. XXXIII, 1969, № 11, стр. 1787—1791.

Реликтовые кванты и реликтовые монополи Дирака

В 1931 г. П. Дирак предсказал существование элементарных магнитных зарядов — монополей. С тех пор была предпринята не одна безуспешная попытка экспериментального наблюдения гипотетической частицы.

Изолированный магнитный заряд, по Дираку, определенным образом связан с электрическим зарядом $g = n \cdot 68,5 \cdot e$, где e — элементарный электрический заряд и n — целое число. Такой монополь можно представить себе в виде бесконечно тонкого соленоида, один конец которого уходит в бесконечность, причем подобный монополь в принципе не наблюдаем. Однако в соответствии с последовательной теорией магнитного заряда квантование магнитного заряда (по Дираку) не должно иметь места, а его величина не определяется приведенным выше соотношением. Таким образом, решающее слово в вопросе о существовании элементарного магнитного заряда остается за экспериментом.

Сотрудники Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР Г. В. Домогацкий и И. М. Железные в рамках горячей модели Вселенной оценили возможную концентрацию «реликтовых» магнитных зарядов. Согласно модели горячей Вселенной, которая получила веские признаки

¹ См. «Природа», 1968, № 10, стр. 111—112.

² Длина осцилляции l дается соотношением $l = 2E/|m_1^2 - m_2^2|$, где E — полная энергия нейтрино; m_1 и m_2 — массы соответственно ν_1 и ν_2 . К сожалению, нет возможности в настоящее время дать хотя бы грубую теоретическую оценку масс нейтрино и их разницы.

убедительности со времени открытия реликтового излучения (3°K), на ранней стадии развития Вселенной в равновесии помимо γ -квантов и нейтрино были и другие частицы и античастицы.

По мере остывания равновесие между числом рождающихся и аннигилирующих пар частиц и античастиц нарушалось и подавляющая их часть аннигилировала. Однако в связи с расширением Вселенной и падением концентрации данного сорта частиц, малая их доля не успевала проаннигилировать и могла сохраниться до нашего времени. Распространение этих идей на пары элементарных магнитных зарядов монополю — антимонполю приводит к выводу, что поток «реликтовых» монополей в настоящее время должен быть во всяком случае меньше величины 10^{-13} частиц/см² сек.

Основываясь на модели горячей Вселенной, авторы показывают, что если сечение аннигиляции пары монополю — антимонполю меньше 10^{-25} см², то масса монополя превосходит 10^5 – 10^8 Гэв. Только при очень больших сечениях аннигиляции порядка 10^{-20} см² могли бы существовать монополи с массой 1 – 10^3 Гэв. Однако площадь сечения, при которой, например в протон-протонном столкновении, могли бы рождаться пары элементарных магнитных зарядов, должна быть очень мала. Иначе они рождались бы в атмосфере Земли космическими лучами в значительном количестве и были бы уже обнаружены.

«Ядерная физика», т. 10, 1969, вып. 6, стр. 1238–1242.

Влияние среды

на распад

возбужденных ядер

Скорость перехода между двумя ядерными состояниями обычно не зависит от физического и химического состояния образца. Однако, если энергия перехода чрезвычайно мала, такая зависимость может появиться. Переходы, сопровождающиеся конверсией электронов с внешних атомных оболочек, будут происходить с

различной скоростью, зависящей от химической природы окружения.

М. Нэв де Мервенье из Бельгийского научно-исследовательского центра атомной энергии экспериментально наблюдал такое явление при измерении периода полураспада низлежащего возбужденного состояния изотопа U^{235} в окружении различных металлов (V, Cu, Ni, Pt, Au). Возбужденное состояние — изомер — отстоит от основного менее чем на 100 эв и имеет период полураспада около 26 мин. Чем выше электроотрицательность среды, тем дольше живет изомер. Время жизни его в золоте больше, чем в ванадии, на $5,7 \pm 1,2\%$. Изомерные ядра на поверхности металла, по-видимому, живут дольше, чем ядра, успевшие продиффундировать вглубь.

«Physical Review Letters», v. 23, 1969, № 8, pp. 422–428 (США).

Вода на Марсе

Х. Смит, Ст. Литтл (Техасский университет) и Р. Шори (Лаборатория реактивного движения Калифорнийского технологического института) нашли новое подтверждение тому факту, что на Марсе существует вода. Их вывод основан на анализе спектрографических наблюдений светового излучения, отраженного поверхностью этой планеты.

Наблюдения велись в Мак-Дональдской обсерватории (Форт-Дэвис, штат Техас), расположенной в пустыне на высоте более 2 тыс. м над ур. м. Местоположение этой обсерватории положительно сказалось на качестве спектрограмм, так как там можно было хотя бы частично избежать атмосферного поглощения в световой части спектра, которое искажает характеристику наблюдаемого объекта.

Во время наблюдений происходило сближение Марса с Землей. Значительная относительная скорость двух планет приводила к сдвигу линий поглощения воды на Марсе в сторону синей части спектра по сравнению с аналогичными линиями земного происхождения. Величина этого сдвига оказалась достаточной для того, чтобы различать между собой эти два явления.

Количество воды на Марсе, согласно этим измерениям, незначительно: ее общий объем вряд ли превышает одну кубическую милю. Предполагается, что вода распределена по поверхности планеты равномерно, пленкой, толщина которой составляет от 40 до 60 м. Вопреки ранее существовавшим представлениям, полярные шапки Марса не состоят только из двуокиси углерода в замерзшем состоянии: по меньшей мере часть их представляет собой лед водного происхождения. По мере наступления весны площадь, занимаемая полярной шапкой, заметно уменьшается, поступает в атмосферу и в результате циркуляции переносится в противоположное полушарие и выпадает там в виде осадков, пополняя другую полярную шапку. В подтверждение этой гипотезы приводится тот факт, что во время наблюдений полярная шапка в южном полушарии содержала вдвое больше воды, чем северная, где в этот период была весна.

Величина атмосферного давления на Марсе пока еще точно не установлена, поэтому вопрос о том, есть ли на этой планете вода в жидком состоянии, остается открытым. Если давление окажется ниже определенной критической точки, переход воды из твердого в газообразное состояние и обратно должен совершаться, минуя жидкую стадию.

«Science News», v. 95, 1969, № 14, p. 328 (США).

Природа

магнитного поля

в окрестностях Венеры

Космические аппараты «Венера-4» и «Маринер-5», запущенные в сторону Венеры в 1967 г., установили, что у этой планеты нет заметного магнитного поля дипольной природы. Вместе с тем эксперименты указывали на возмущающее действие планеты в солнечном ветре — существование ударного фронта в окрестности Венеры.

Ученым удалось сопоставить магнитограммы станции «Венера-4», полученные на припланетном участке траектории, с магнитограммами стан-

ции «Маринер-5» за этот же интервал времени, когда «Маринер-5» находилась на расстоянии $0,48 \cdot 10^6$ км от Венеры. Несмотря на некоторые расхождения в абсолютных уровнях поля, показанных двумя аппаратами, ученые смогли выявить одинаковые участки в корпускулярном потоке не только в межпланетном пространстве, но и в переходном слое между головной ударной волной и магнитосферой Земли. Измерения указывают, что магнитное поле, обнаруженное на космическом аппарате «Венера-4» в непосредственной близости от Венеры (на расстояниях до 200 км от поверхности планеты), является межпланетным полем солнечного происхождения, которое усилено и турбулизовано вследствие прохождения ударного фронта. Собственный магнитный дипольный момент Венеры во всяком случае должен быть меньше 10^{-4} магнитного момента Земли. Эти выводы нашли свое подтверждение и при полетах советских космических станций «Венера-5» и «Венера-6», осуществленных в 1969 г.

«Космические исследования», т. VII, 1969, вып. 5, стр. 747—752.

Загадка атмосферы Венеры

В настоящее время известно несколько моделей строения атмосферы Венеры. Изучение распределения радиояркостности по диску Венеры, проведенное несколько лет тому назад пулковскими астрономами, а также с борта космического корабля «Маринер-2», практически полностью отвергло гипотезу холодной поверхности планеты и предположение о существовании у нее горячей ионосферы. Группа пулковских астрономов продолжила изучение свойств атмосферы Венеры по характеру поглощения миллиметрового радиолучения горячей поверхности атмосферы планеты. Ученые установили, что наблюдения лучше всего согласуются с предположением о поглощении миллиметрового радиоизлучения в плотном приповерхностном слое плане-

ты, а не в ее облачном покрове. Наблюдения были проведены с помощью большого пулковского радиотелескопа на волне 8 мм, имеющего на этой длине волны разрешающую способность $15'' \times 4'$. Было установлено, что в атмосфере Венеры вряд ли возможны сильные ветры, а также обнаружена асимметрия в распределении радиояркостности по диску Венеры: восточная сторона оказалась на $12\text{—}18^\circ\text{K}$ горячее западной стороны планеты.

«Доклады Академии наук СССР», т. 188, 1969, № 2, стр. 297—299.

Новое о Тунгусском метеорите

Несмотря на многочисленные исследования, тайна Тунгусского метеорита все еще остается неразгаданной. Поэтому любые новые сведения, относящиеся к нему, представляют огромный интерес. Недавно американский ученый Б. Гласс из Годдардского центра космических полетов (Гринбелт, штат Мэриленд) методом электронного микроанализа исследовал состав нескольких стекловатых шариков, найденных в районе падения Тунгусского метеорита и предоставленных ему Академией наук СССР. В настоящее время полагают, что эти шарики, так же как и магнитные шарики, обнаруженные в том же районе, образовались в результате катастрофы, известной под названием «тунгусского падения». Все изученные Глассом стекловатые шарики имеют сферическую форму, их диаметр $80\text{—}100$ м, они прозрачны, бесцветны. В большинстве шариков обнаружены мутные участки, обусловленные присутствием многочисленных мельчайших пустот. Проведенные исследования показали, что состав этих шариков довольно близко отвечает составу земного вулканического стекла, отличающегося лишь несколько пониженным содержанием железа и кремнезема и повышенным — кальция. В то же время их состав не похож на состав силикатной части метеоритов. Эти данные

особенно интересны в связи с существованием гипотезы, объясняющей тунгусское падение взрывом в земную атмосферу небольшой кометы. С этой точки зрения, получен первый результат анализа силикатной составляющей кометы.

«Science», v. 164, 1969, № 3879, pp. 547—549 (США).

Премия имени К. М. Быкова

Президиум Академии наук СССР присудил премию имени К. М. Быкова 1970 г. доктору биологических наук Регине Файвелевне Ольнянской (Институт физиологии им. И. П. Павлова АН СССР) за серию работ по кортико-висцеральной физиологии: «Кора головного мозга и газообмен», «Очерки по регуляции обмена веществ», «О гомеостатических реакциях организма и его физиологических состояниях». Р. Ф. Ольнянская, ученица акад. К. М. Быкова, в течение 30 лет разрабатывает проблему регуляции газообмена, окислительно-восстановительных процессов, теплопродукции и суточных ритмов у животных в опытных и естественных условиях. Главное внимание в ее исследованиях уделяется условнорефлекторной, экстеро- и интероцептивной регуляции упомянутых процессов и роли эндокринной системы в изучаемых феноменах. Помимо большого теоретического значения, труды Р. Ф. Ольнянской имеют также важное значение для прикладных проблем физиологии труда, климатотерапии, спорта.

«Память» ядра соматической клетки

Возрастные изменения потенциалов клеточных ядер (природа этих изменений, их причина и функциональное значение) уже давно находятся в центре внимания биологов. Изучение этого вопроса было целью многолетней серии экспериментальных работ

Л. А. Никитиной¹ (Институт биологии развития АН СССР).

В опытах по методу Бригса и Кинга проводилась гомотрансплантация — пересадка клеточных ядер зародышей бесхвостых амфибий *Bufo viridis*, *B. bufo asiaticus*, *Rana arvalis* и *R. temporaria* в лишённые ядер (ануклеированные) яйцеклетки. Ядра для пересадки брались в пределах одной и той же закладки на последовательных стадиях развития: в первой серии опытов — из эктодермы на стадии поздней бластулы и ранней гаструлы, во второй — из эктодермы на стадии поздней гаструлы, в третьей — из глазной области на стадии ранней нейрулы и в четвертой — из глазного пузыря и глазного бокала на стадии хвостовой почки.

Во всех сериях опытов часть зародышей развивалась вполне нормально. Это дает основание предположить, что хотя бы некоторое количество ядер в дифференцирующихся клетках глазной закладки, по крайней мере до стадии хвостовой почки включительно, сохраняет все потенции, присущие ядру зиготы.

Было показано, что с увеличением возраста зародышей — доноров ядер уменьшается процент нормально развивающихся зародышей-реципиентов. Предполагается, что такое уменьшение, хотя бы отчасти, обусловлено возрастным ограничением потенций клеточных ядер в дифференцирующихся клетках.

Эти экспериментальные исследования подтверждают и развивают вызвавшие широкий интерес работы английских и американских исследователей — Гёрдона (Gurdon, 1966, 1969), Бригса и Кинга (Briggs and King, 1953—1960), и в частности их вывод о том, что в принципе не исключается возможность присутствия у взрослых особей некоторого числа соматических клеточных ядер, сохраняющих все потенции, присущие ядру зиготы.

А. С. Баранов

Москва

4% CO₂ — это не смертельно

Все знают, что концентрация углекислоты в атмосфере очень мала — 0,03%. Многим известно, что в воздухе прошлых геологических эпох ее было гораздо больше. Но пока никто не знает, какое предельное содержание CO₂ и как долго может вынести организм человека. А для космической биологии это далеко не безразлично. Если человек в состоянии переносить большие концентрации CO₂, то в воздухе космических оранжерей будущего можно немного увеличить содержание CO₂, чтобы повысить эффективность фотосинтеза.

Установление «углекислотных пределов» важно и для кораблей с физико-химическими системами регенерации воздуха. Это даст инженерам более широкие возможности для усовершенствования таких систем. Нужно выяснить «углекислотные пределы» и на случай аварии: вдруг из-за поломки в кабине начнет возрастать концентрация CO₂. В таком случае космонавтам просто необходимо знать, каким резервом времени они располагают.

Недавно советским космобиологом В. С. Москаленко был поставлен эксперимент по изучению двухчасового воздействия концентрации углекислоты в 2, 3 и 4%, т. е. более чем в 100 выше ее естественного содержания в воздухе. 20 испытуемых выполняли легкую физическую работу (300 кгм/мин). Когда в воздухе содержалось 2% CO₂, никто из них жалоб на плохое самочувствие не предъявлял. При концентрации углекислоты в 3 или 4% некоторые чувствовали тяжесть в голове и недомогание, иногда появлялась головная боль.

Несмотря на то, что потребление кислорода по сравнению с исходным уровнем практически не изменилось, в крови испытуемых несколько возросло количество гемоглобина, эритроцитов и лейкоцитов. Увеличивалась и вязкость крови. Но эти изменения не носили патологического характера.

В. С. Москаленко пришел к выводу, что двухчасовое дыхание газовой смесью, содержащей до 4% CO₂, вполне переносимо для здорового человека даже при выполнении им легкой работы.

«Космическая биология и медицина», 1969, № 6, стр. 77—78.

И у хлореллы есть недостатки

Вероятно, микроскопические одноклеточные водоросли скоро войдут в состав космического меню: они очень урожайны и питательны, выделяют много кислорода, их легко выращивать в космосе. Но... восторги следует умерить — так считают советские космобиологи. Недавно В. М. Шиловым с сотрудниками был поставлен эксперимент, который показал, что 30-суточное питание одноклеточными водорослями вызывает неблагоприятные сдвиги в составе кишечной микрофлоры человека. Особенную тревогу вызывает снижение в сотни раз содержания бифидобактерий и молочнокислых палочек. Микробы же молочнокислого брожения не только сдерживают процессы гниения в кишечнике, но и способствуют образованию витаминов группы В, совершенно необходимых человеку.

У испытуемых, питавшихся биомассой водорослей (смесь хлореллы и сценедесмуса, содержащая 50% белка), нарушаются функции желудочно-кишечного тракта, появляются кожный зуд и сыпь. Биохимические исследования показали, что усвояемость белков водорослей гораздо ниже, чем белков животного происхождения. Все это говорит о том, что большое количество биомассы водорослей нельзя регулярно употреблять в пищу, что нужно разработать совершенные методы очистки вещества водорослей, чтобы получить хорошо усвояемые белки.

«Космическая биология и медицина», 1969, № 6, стр. 54—57.

¹ «Цитология», т. XI, 1969, № 5, стр. 542—553.

Функциональная модель хлоропласта

Наименее изученная стадия фотосинтеза растений — разложение воды с выделением газообразного кислорода. Один из перспективных подходов к решению этой проблемы состоит в создании и изучении относительно простых моделей, способных под действием видимого света выделять из воды кислород.

Работая над физико-химическим моделированием фотосинтеза, сотрудники Института химической физики АН СССР Г. Г. Комиссаров, Ю. С. Шумов, Ю. Е. Борисевич создали устройство, которое способно проводить фотоэлектролиз воды. Устройство представляет собой фотовольтаическую батарею, составленную из четырех электродов, которые покрыты тонкой пленкой пигмента и погружены в водный раствор хлористого калия. В качестве пигмента использован синтетический аналог хлорофилла — фталоцианин.

Фотовольтаическая батарея, работающая в фотокаталитическом режиме, характеризуется следующими параметрами: световой потенциал составляет 2,4 в, ток короткого замыкания — $5 \cdot 10^{-5}$ а, к.п.д. достигает 0,1%.

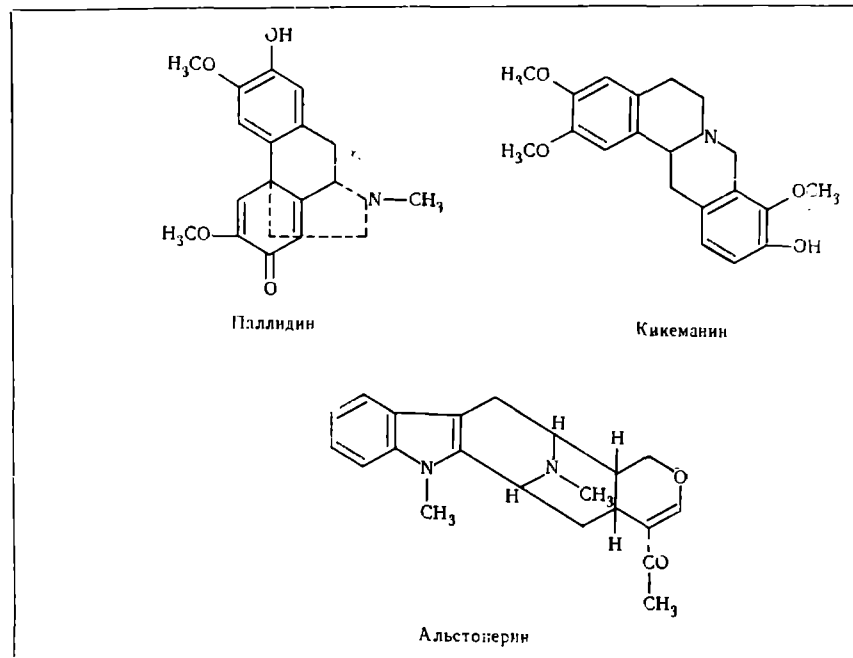
Предложенное устройство моделирует одну из функций хлоропласта — световое выделение кислорода из воды. Однако исследователи считают, что не существует принципиальных трудностей для конструирования фотовольтаической батареи по структурному образцу фотосинтетического аппарата зеленого листа.

«Доклады Академии наук СССР», т. 187, 1969, № 3, стр. 670—673.

Новые алкалоиды

Углубленное изучение химического состава различных растений приводит к открытию все новых соединений, многие из которых находят широкое применение в медицинской практике.

Особый интерес у исследователей



вызывают алкалоидоносные растения, в определенных частях которых (цветы, листья, кора, корни и т. п.) содержатся алкалоиды — органические азотсодержащие вещества, обладающие выраженным действием на организм человека и животных. Именно из растительных источников были впервые выделены такие хорошо известные в настоящее время алкалоиды, как морфин, стрихнин, кофеин, теofilлин, атропин, скопаламин и многие другие.

Несколько месяцев назад японские ученые Т. Каметани, М. Ихара и Т. Хонда¹, сотрудники фармацевтического факультета Токийского университета, выделили из листьев растений *Corydalis pallida*, наряду с уже известными алкалоидами (капаурин, капауримин, синоакутин, изоболдин), два новых соединения — паллидин и кикеманин. По характеру своего действия это наркотики и, так же как морфин, кодеин и другие алкалоиды, могут использоваться в качестве болеутоляющих средств.

Почти одновременно с японскими учеными групп американских исследователей² выделила из растения

¹ T. Kametani, M. Ihara, T. Honda. «Chemical Communications», v. 22, 1969, p. 1301.

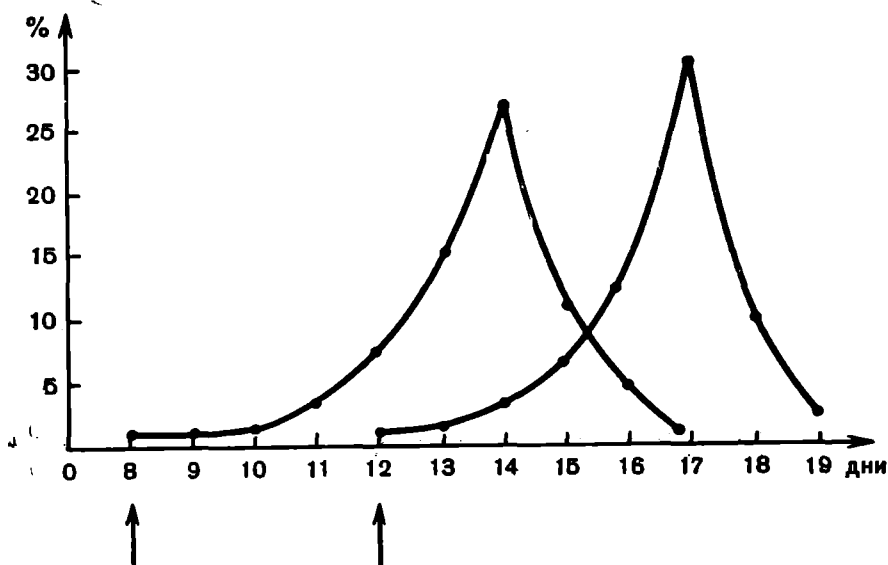
² J. M. Cook, P. W. Quesne, R. C. Elderfield. «Chemical Communications», v. 22, 1969, p. 1311.

Alstonia muelleriana алкалоид альстонерин. Это представитель пока еще малочисленной группы алкалоидов, производных индолгомотропана. В публикации авторов не содержится сведений о физиологической роли альстонерина, однако высказывается предположение, что альстонерин, возможно, биогенный предшественник альстрофиллина и вилластолина — уже известных алкалоидов этой группы.

Л. И. Стекольников
Кандидат биологических наук
Москва

Усиление роста эмбрионов

Изучение систем, регулирующих рост тканей и органов эмбрионов, позволило ряду исследователей обнаружить влияние некоторых гомогенатов и экстрактов тканей на процессы роста. Сотрудники Института экспериментальной биологии АМН СССР В. Б. Хватов и В. А. Конышев высказали предположение, что стимуляция роста печени и селезенки, обнаруживаемая на поздних сроках развития эмбрионов, обусловлена гликопротеидами, которые могут быть вы-



Динамика изменений относительного веса печени куриных эмбрионов после введения гликопротеида печени петуха.

По оси абсцисс — время инкубации в сутках; по оси ординат — превышение относительного веса печени подопытных эмбрионов над таковым контрольных.

Стрелками обозначена инъекция препарата.

суткам развития, а затем идет на убыль. При этом действие изученной гликопротеидной фракции носит специфический характер, так как введение куриным эмбрионам гликопротеидов печени кроликов, печени и желудка человека, селезенки и печени мыши, желудка обезьяны, а также бактериального липополисахарида — пирогенала или моно- и дисахаридов не оказывало влияния на вес эмбрионов.

Полученные данные позволили авторам сделать вывод, что содержащаяся в печени и селезенке петухов фракция гликопротеидов при введении куриным эмбрионам вызывает усиление роста соответствующих органов и что гликопротеиды изученных тканей являются одним из звеньев общей системы регуляции роста органов в эмбриогенезе.

«Бюллетень экспериментальной биологии и медицины», т. LXVII, 1969, № 6, стр. 99.

Атлас лесов СССР

Закончено составление нового географического атласа. Идея его родилась четверть века назад, когда междуправительственная комиссия, возглавляемая акад. В. Н. Сукачевым, предложила создать наглядную энциклопедию наших лесов. Многолетняя работа, в которой принял участие

большой коллектив ученых — лесоводов и лесоустроителей, ботаников и экономистов, нашла свое воплощение на 250 многокрасочных картах, снабженных таблицами, статистическими данными и научным комментарием. Деятельную помощь отделу картографии «Союзгипролесхоза», где новый атлас получает путевку в жизнь, оказал Институт географии АН СССР во главе с акад. И. П. Герасимовым.

«Атлас лесов СССР» отражает достижения отечественной лесной науки, состояние наших лесов сегодня, а также дает пищу для размышлений лесозаготовителям, экономистам, лесоводам, фенологам.

Карта лесов Томской области приводит, например, следующие данные о соотношении запасов и ежегодного прироста древесины различных пород:

	Запасы (в м ³ /га)	Прирост (в м ³ /га)
кедр	187	1,3
ель	195	1,7
пихта	208	2,1

Вывод очевиден: наиболее целесообразно в области рубить пихту и ель, в то время как кедр с его небольшим приростом не должен быть основным объектом лесозаготовок.

Большой интерес представляет карта распространения лиственницы и оценка ее запасов. Как известно, родиной этой породы является Сибирь. Но за последние 50 лет усилиями отечественных лесоводов ареал лиственницы значительно раздвинулся на запад и юг. Причем любопытно, что на родине, скажем, в Читинской области, бонитет ее равен 4—3,5. А в таких областях, как Московская, Горьковская, Куйбышевская, в Татарской АССР, где лиственничные рощи созданы рукой человека, бонитет их достигает 1—1А. Это говорит о перспективности разведения породы, имеющей запас в отдельных случаях до 1800 м³ древесины на гектар леса. «Атлас» рисует картину защитного лесоразведения в стране, рассказывает о распространении птиц, охотничье-промысловых зверей, лекарственных растений, о заготовке семян. Читатели его получают также представ-

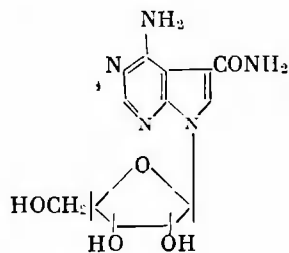
ление о размещении лесозаготовительных предприятий в республиках и областях, о перспективах и целесообразных направлениях рубки леса в различных районах страны.

В. Д. Крупин

Москва

Противораковый антибиотик

Группа американских исследователей¹ выделила из культуральной жидкости после развития некоторых штаммов *Streptomyces rimosus* новое антибиотическое вещество. Исследование химического строения этого антибиотика показало, что он имеет формулу $C_{12}H_{15}O_5N_5$ и является 4-амино-5-карбоксамидо-7- (D-рибофуранозил)-пирроло- (2,3-d)-пиримидином.



сангвиамицин

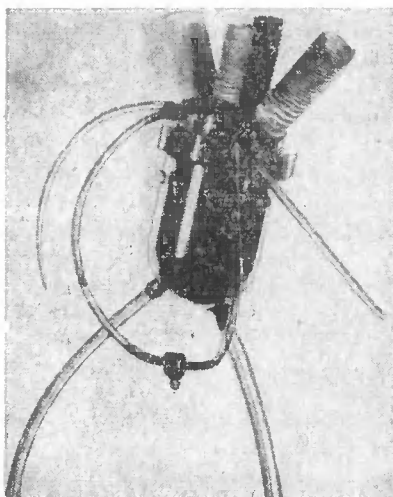
Оказалось, что выделенный антибиотик, получивший название сангвиамицин, практически не оказывает никакого влияния на различные грамположительные микроорганизмы, но уже в чрезвычайно малых дозах тормозит рост и развитие злокачественных опухолей у экспериментальных животных. В дальнейшем было установлено, что не только сам антибиотик, но и его соли неорганических и органических кислот, а также эфиры и другие производные обладают выраженным противоопухолевым действием.

Л. И. Стекольников
Кандидат биологических наук

Москва

Искусственное сердце для животных

В Научно-исследовательском институте клинической и экспериментальной хирургии Министерства здравоохранения СССР разработано искусственное сердце, предназначенное для



Протез сердца, предназначенный для полной замены сердца животного.

Фото ТАСС

полной замены сердца подопытных животных. Операция замены естественного сердца протезом производится в условиях искусственного кровообращения. Протез сердца состоит из двух искусственных желудочков, искусственной аорты и легочной артерии. В каждой половине искусственного сердца имеется по два клапана, которые обеспечивают односторонний проток крови. Камеры протеза сердца, клапаны и все поверхности, контактирующие с кровью, изготовлены из биологически инертных материалов.

Искусственное сердце приводится в движение двумя пневматическими приводами и специальной электронной системой, которые дают возможность регулировать величину давления, частоту ритма и соотношения фаз «систола» и «диастола» (сокращения и расслабления) протеза сердца.

Что делать с овцебыками на Аляске?

Сейчас происходит оживленная дискуссия, которая должна решить судьбу знаменитых овцебыков на Аляске. В 30-х годах эти редкие животные были высажены на о-в Нунивак, находящийся в море Беринга недалеко от побережья Аляски, куда их завезли из Северной Канады. Стадо, насчитывающее 30 голов, составляет теперь около 700 животных. Кроме овцебыков, на острове обитает еще от 8 до 10 тыс. северных оленей, которые пасутся на тех же пастбищах, что и овцебыки. Дальнейшее увеличение стада овцебыков может нанести вред пастбищам. Поэтому управление охоты и рыболовства на Аляске уже переселило 23 овцебыка на соседний о-в Нельсона, предварительно усыпив их с помощью наркотических зарядов.



Овцебык, или мускусный бык (*Ovibos moschatus*).

Чтобы стадо овцебыков на о-ве Нунивак не превышало 700 голов, надо ежегодно отстреливать примерно 100 голов. Предполагалось отстреливать старых быков, которых более молодые и сильные обычно изгоняют из стада.

¹ K. V. Rao, W. S. Marsh, D. W. Renn. Патент США, № 3423398, опублик. 21.01.1969.

Шерсть овцебыков — весьма ценное сырье. Университет на Аляске проводит опыты по одомашниванию этих животных с тем, чтобы из их шерсти жители островов моря Беринга и Арктического побережья США могли изготавливать высококачественную пряжу, идущую на экспорт.

«Alaska Conservation Review», 1969.

Золотая медаль и премия имени А. П. Карпинского

Президиум Академии наук СССР присудил золотую медаль имени А. П. Карпинского 1970 г. чл.-корр. АН СССР Ивану Ивановичу Горскому по совокупности работ в области геологии, палеонтологии, петрографии и полезных ископаемых.

Премия им. А. П. Карпинского 1970 г. присуждена акад. Ю. А. Кузнецову за цикл работ по магматическим формациям.

И. И. Горский — один из ведущих советских ученых в области геологии и палеонтологии — внес большой вклад в развитие геологических наук, в особенности в изучение проблем тектоники и стратиграфии угленосных формаций. Как ученик и последователь А. П. Карпинского И. И. Горский успешно продолжал развивать его идеи при изучении тектоники Урала, Казахстана, Средней Азии и Арктики, а также в своих исследованиях по проблеме «Закономерности образования и размещения угленосных формаций на территории СССР». Завершились они созданием ряда крупных монографий и составлением тектонических, палеогеографических и иных карт. Под руководством И. И. Горского и при его непосредственном участии была создана международная карта угленосности Европы.

Ю. А. Кузнецов — крупнейший петролог — впервые применил и специализировал для изучения магматических пород учение о формациях. Капитальная монография Ю. А. Кузнецова «Главные типы магматических формаций» — крупный вклад в раз-

витие науки о Земле, важный как по своим теоретическим выводам, так и по выводам прикладного характера, способствующим определению направлений прогнозно-металлогенических исследований.

Ю. А. Кузнецов опубликовал ряд работ по исследованию соотношений гранитоидного магматизма и тектоники, которыми выясняются причины появления и механизмы формирования гранитоидных магм и интрузий.

Я. Г. Тер-Оганесов
Кандидат геолого-минералогических наук
Москва

Соляные купола под дном Атлантического океана?

Геофизические исследования в океанах принесли еще несколько сюрпризов. Один из них — открытие солянокупольных поднятий в восточной части Атлантического океана. Куполовидные поднятия были обнаружены в ходе морских сейсмических исследований в 650—1300 км от северо-западного побережья Африки и в нескольких стах километров к северо-западу от островов Зеленого Мыса, в пределах восточной части глубоководной (абиссальной) котловины, примыкающей к континентальному склону Западной Африки (рис. 1). Многие из этих поднятий «протыкают» толщу осадков и почти плотную подходят к поверхности дна океана, а некоторые даже образуют в рельефе дна холмы высотой до 225 м (рис. 2). Такие холмы известны во многих районах Мирового океана и обычно представляют собою погребенные подводные вулканы, сложенные излияниями базальтовых лав. Но в отмеченном районе Восточной Атлантики куполовидные поднятия и по картине сейсмических отражений (рис. 2) и в особенности по магнитным данным не могут быть палеовулканами. Они удивительно сходны с диапировыми поднятиями глубоководной части Мексиканского залива, которые, по данным глубоководного

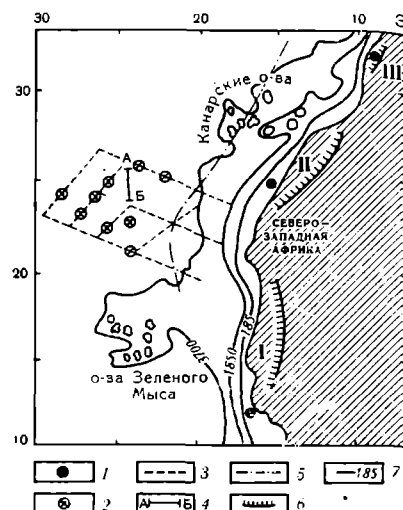


Рис. 1. Схема распространения предполагаемых солянокупольных поднятий под дном восточной части Атлантического океана. 1 — достоверно известные солянокупольные поднятия; 2 — предполагаемые солянокупольные поднятия; 3 — линии сейсмических и магнитных профилей; 4 — участок сейсмического и магнитного профиля, показанного на рис. 2; 5 — магнитная граница; 6 — границы окраинно-континентальных прогибов (I — Сенегальский; II — Аюун; III — Ассауира); 7 — изобаты океанического дна

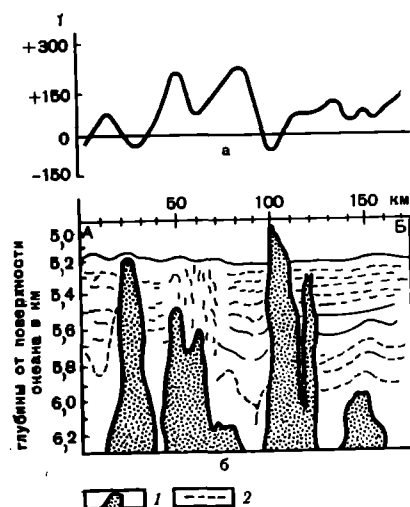


Рис. 2. Участок магнитного (а) и сейсмического (б) профиля по линии АВ (соотношение вертикального и горизонтального масштабов 85:1). Вверху — кривая остаточных магнитных аномалий; внизу — предполагаемые солянокупольные поднятия (1); сейсмические отражающие площадки (2).

бурения с судна «Гломар-Челленджер», оказались соляными куполами¹.

Таким образом, в настоящее время солянокупольные поднятия известны во многих местах Атлантического океана и его морей. По геофизическим данным, они выделяются в западной части Средиземного моря (между Корсикой и побережьем Франции), в Бискайском заливе, а по данным бурения распространены под дном Северного моря и в шельфовой зоне почти вдоль всего Атлантического побережья Африки.

П. Роуна², автор статьи о соляных куполах под дном Атлантического океана, считает, что соль накопилась здесь в конце триаса — начале юры (около 150 млн лет назад) в узкой щели, подобной современному грабену Мертвого моря. Но площадь распространения соляных куполов довольно обширна, и надо думать, что впадина была весьма значительной.

Открытие солей под дном глубоководных морей и Атлантического океана поставило науку перед сложной проблемой разгадки условий их образования. Решение этой проблемы имеет и практическое значение, поскольку на суше и шельфе с соляными куполами связаны богатые залежи нефти и газа. Будут ли они найдены и в солянокупольных структурах под дном глубоководных морей и океанов? Как показало глубоководное бурение в Мексиканском заливе, это вполне возможно.

Б. М. Валяев

Геологический институт АН СССР
Москва

Открытие новых гранатов

с помощью... алмаза

До последнего времени считалось, что одним из наиболее характерных минералов глубинных пород является гранат с высоким содержанием магнезиальной составляющей

$Mg_3Al_2(SiO_4)_3$ — пирропа. Обычно пирроповые гранаты из кимберлитов содержат до 3% Cr_2O_3 , причем более высокое содержание Cr_2O_3 отмечается в алмазонасных кимберлитах.

Группой ученых¹ из Института геологии и геофизики СО АН СССР, а также американскими исследователями² было установлено, что гранаты-включения в алмазах Якутии и Африки имеют близкие составы и содержат необычайно высокие концентрации хромового компонента $Mg_3Cr_2(SiO_4)_3$ — кноррингита, достигающие 46% (при содержании Cr_2O_3 в гранатах до 16%).

Трудность проведения точного химического анализа гранатов-включений связана с их очень малыми размерами. Получение новых данных стало возможным только благодаря использованию рентгеновского микроанализатора.

Свойства описываемых гранатов значительно отличаются от свойств обычных хромсодержащих пирропов и определяются содержанием хрома, заменяющего алюминий в кристаллической решетке граната. Гранаты с высоким содержанием кноррингита характеризуются повышенной плотностью, высокими значениями показателя преломления ($N > 1,760$) и постоянной решетки ($a_0 > 11,60 \text{ \AA}$). С увеличением количества хрома в решетке граната цвет последнего меняется от кроваво-красного через сиреневый и фиолетовый к зеленому. Хромовые гранаты из алмазов образуют отдельное поле на фазовой диаграмме пироп —grossуляр — уваро-

вит — кноррингит, отличаясь крайне низким содержанием кальция, по сравнению с гранатами из кимберлитов, гранатовых перидотитов и других гранатсодержащих пород.

Обнаружение гранатов с высокой концентрацией хрома — свидетельство того, что хром, вероятно, играет важную роль в химическом составе мантии и процессах превращения мантийного вещества

Ю. С. Геншафт

Кандидат физико-математических наук
Москва

Население земного шара

Интересные данные о численности населения земного шара приведены в докладе, подготовленном Справочным бюро народонаселения (Population Reference Bureau) в Вашингтоне. Каждые 10 сек. население Земли увеличивается на 22 человека (39 человек рождается и 17 умирает). Ежедневно рождается 331 тыс. детей, из них в индустриально развитых странах только 51 тыс. Прирост населения в среднем по земному шару составляет 2% в год (в Европе — 1%, в Латинской Америке — 3%). Распределение населения и количества новорожденных по отдельным районам видно из таблицы, составленной по состоянию на середину 1969 г.

Самая низкая рождаемость в Европе в Венгрии (14,6 чел. на 1000), самая высокая в Албании (34 чел. на 1000). Самый низкий прирост населения отмечается в Люксембурге, Бельгии и ГДР (0,1% в год), самый высокий — в Кувейте (7,6%), Иордании (4,1%) и Коста-Рике (3,8%).

«Nature», v. 222, 1969, № 5199, p. 1113—1114 (Англия).

	Население		Количество новорожденных	
	млн чел.	%	млн чел.	%
Азия	1990	56	75,620	63,4
Африка	344	10	15,824	13,3
Латинская Америка	276	8,0	10,964	9,0
Северная Америка	225	6,0	4,050	3,4
Европа	456	13,0	8,208	6,9
СССР	241	6,5	4,356	3,6
Океания	19	0,5	0,456	0,4

¹ «Природа», 1969, № 6, стр. 113.

² «Nature», v. 224, 1969, № 5215, pp. 141—143.

Этюды о будущем науки

Б. Г. Кузнецов. НАУКА В 2000 ГО-
ДУ. М., «Наука», 1969, 214 стр., ц. 65 к.

Сравнительно недавно казалось парадоксальным, а сегодня стало привычным, что для развития науки необходим элемент «неблагополучия», заключающийся в существовании ряда важных экспериментальных фактов, которые не укладываются в рамки достаточно общей и устоявшейся схемы. Нильс Бор в статье о Резерфорде (1926 г.) вспоминал, как представления о прохождении излучения через вещество, сложившиеся в согласии с томсоновской моделью атома, противоречили опытные данные об очень незначительном (относительно) числе «отклонявшихся от нормы» отражений α -частиц от поверхности бомбардируемых ими материальных мишеней. Гений и интуиция Резерфорда увидели в этом отклонении не иллюзорный эффект, а проявление закономерности, раскрытие которой привело к построению планетарной модели ядра, а далее, в сочетании с теорией Планка, — к созданию квантовой теории атома и т. д. Можно утверждать, что в XX в. сигналом неблагоприятия могли бы служить законченность и абсолютная непротиворечивость всего комплекса явлений, известных в данной области науки; наличие же отклонений от нормы, напротив, стало нормой. Таков, если воспользоваться терминологией проф. Б. Г. Кузнецова, «неклассический», динамический идеал современной науки, противопоставляемый им идеалу классической науки XIX и предшествующих веков.

Книга Б. Г. Кузнецова посвящена в большей своей части анализу и прогнозу тенденций в развитии науки, а не конкретным предсказаниям, которые с большим или меньшим успехом высказываются отдельными футурологами, этими «волхвами» наших дней. Цели, которые ставил перед собой автор рецензируемой книги, сформулированы им следующим образом: книга «не претендует на роль обзора современного состояния физики, химии и биологии; задача ее состоит в том, чтобы попытаться ответить на вопрос: как изменяются фундаментальные представления о природе и что может дать человечеству их изменение. А поскольку вопрос этот интересует всех, попытка должна быть сделана в популярной форме...»

Эту задачу автор решает на протяжении одиннадцати сравнительно небольших глав своей книги. Первая из них является по существу программной для книги в целом. Можно с полным правом сказать, что «словам в ней тесно, мыслям — просторно». Глубокое знание автором истории физики позволяет ему дать впечатляющую картину научных идеалов и целей, которые вдохновляли ученых в разные периоды развития науки. Каждый существенный этап энергетического оснащения человеческого общества обоснованно и вместе с тем образно сопоставляется с воплощением в производственную практику того или иного общего физического принципа: механика Ньютона — и техническая революция XVIII в., вызванная созданием станков; тепловые машины XIX в. — и начала термодинамики; конец XIX — первая половина XX в. — электрификация, основанная на принципах классической электродинамики.

Чем же характерен современный этап развития техники и энергетики, позволяющий подвести вполне определенную основу под возможность и реальность относительно долгосрочного прогноза? Современный этап — это развитие атомной энергетики, которое уже привело к тому, что стоимость киловатт-часа, вырабатываемого на атомной станции, приблизилась к таковой на «классических тепловых станциях» (работающих на угле). Для оценки дальнейшего развития энергетики характерна парадоксальная ситуация, подчеркнутая Б. Г. Кузнецовым: «Мы не только определяем будущее, исходя из настоящего, но и определяем настоящее, исходя из предвидимого будущего. Все дело в том, что в наш динамический век экономически определить современную тенденцию — значит, помимо прочего, определить ее ускоряющий эффект, ее значение не только для производительности труда, структуры производства и т. д., но и для производной по времени от величин, измеряющих производительность и структуру». Своеобразное проявление обратной связи! Наряду с этим автор убедительно показывает, что обращение к 2000 г. в качестве некоторой временной границы для прогноза не случайно. Дело не в том, что это круглая дата. Это реальная и вполне продуманная цифра, поскольку в достаточной степени точное прогнозирование «дедуктивного развития» науки и техники на настоящем этапе может охватить примерно 3—4 десятилетия.

По всей книге Б. Г. Кузнецова разбросаны интересные исторические аналогии; посвященная будущему науки, она изобилует изящными экскурсами в прошлое, позволяющими глубже понять настоящее. В свое

время Адам Смит ввел в экономическую науку термины и — в какой-то мере — принципы классической механики Ньютона. Развивая эту тенденцию, оказавшуюся чрезвычайно плодотворной, Б. Г. Кузнецов вводит в современную экономику термины и принципы «неклассической физики». Попытка выработать своеобразный язык, который будет использоваться в практике народнохозяйственного прогнозирования, — одно из существенных достоинств книги.

Для прогнозирования самих наук, а не технических их приложений, характерно указание на направление будущего прорыва и вместе с тем неопределенность закономерностей, которые будут при этом выявлены. Сказанное относится к физике высоких энергий, кибернетике, молекулярной биологии, космическим астрофизическим исследованиям, квантовой электронике, которым автор уделяет много внимания. (Заметим, что хотя книга и вышла в редакции научно-популярной литературы, поднятые и рассмотренные в ней вопросы выходят за рамки этого жанра.) При этом две главы книги — о молекулярной генетике и о физике космоса — стоят несколько особняком и прямой связи с прогнозированием не имеют. Но все же косвенная связь здесь есть и она удачно сформулирована Б. Г. Кузнецовым при определении того «специфически прогнозного стиля», которым характеризуется современная наука: «Раньше характеристика перелома в науке укладывалась в предложение типа «мы теперь уже знаем». В настоящее время акцент передвинулся на предложения типа «мы теперь видим, что нам еще предстоит узнать». Книга Б. Г. Кузнецова, сама по себе цельная, представляется вместе с тем некоторым вступлением автора в многообещающую область, к которой, вероятно, будут надолго прикованы его интересы. Надо надеяться, что последуют дальнейшие, возможно расширенные, переиздания «Науки в 2000 году». Принимая это во внимание, сделаем несколько замечаний.

Автор подробно анализирует понятие «экономического эффекта» научных исследований и обосновывает

представление о том, что показатель этого эффекта — не только сама абсолютная величина производительности труда, сколько темпы ее роста. Было бы очень полезно проиллюстрировать эти общие утверждения языком графиков, который сделал бы их более зримыми и запоминающимися. В главе «De rerum natura» («О природе вещей» — по названию знаменитой поэмы Лукреция) Б. Г. Кузнецов, говоря о том направлении физических исследований, на котором можно ожидать наиболее интересных («неожиданных», т. е. непредсказуемых) результатов, полагает, что их получение будет связано с последовательной разработкой проблем дискретности пространства и времени и именно на обзоре этих работ делает ударение. Надо сказать, что перспективность этого направления отнюдь не является общепризнанной. Об этом обстоятельстве, а также и о других направлениях и тенденциях в развитии физики микромира, следовало бы рассказать значительно более подробно.

Было бы очень интересно углубить затронутое более или менее вскользь обсуждение влияния военных исследований на развитие «мирной экономики».

В большинстве работ прогнозирования развития науки и техники производится чуть ли не в «социальном вакууме». Для книги Б. Г. Кузнецова характерно преодоление этой неоправданной тенденции, однако, заметим, преодоление — пока что — в первом приближении. Тем самым мы хотим сказать, что часть заключительной главы книги («Послеатомная цивилизация»), в которой много внимания уделено проблемам влияния результатов фундаментальных исследований (в физике, биологии, медицине) на характер цивилизации, также должна быть расширена в будущих изданиях. Все эти замечания имеют, однако, частный характер и не влияют на общую оценку богатой идеями и увлекательно написанной новой книги Б. Г. Кузнецова. Без сомнения, она вызовет большой и стимулирующий интерес.

В. Я. Френкель
Ленинград

Спор о размерности

Б. Ю. Коган. РАЗМЕРНОСТЬ ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ. М., «Наука», 1968, 72 стр., ц. 8 к.

Л. А. Сена. ЕДИНИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН И ИХ РАЗМЕРНОСТИ. М., «Наука», 1969, 304 стр., ц. 54 к.

Одна за другой в издательстве «Наука» вышли две небольшие, прекрасные написанные и ценные по содержанию книги, касающиеся весьма важного и фундаментального для физики понятия размерности. Обе книжки принесут большую пользу широкому кругу читателей, несмотря на то, что авторы этих книг придерживаются противоположных точек зрения по самому основному вопросу и, таким образом, не упоминают друг о друге, фактически как бы спорят между собой. Этот незримый спор интересен и поучителен, и о нем стоит рассказать.

Книга Л. А. Сены родилась на основе переработки предыдущей его книги — «Единицы измерения физических величин», выдержавшей в свое время ряд изданий и снискавшей заслуженную популярность. В предисловии автор подчеркивает, что задача новой книги — другая. Добавлению в заглавии слов «и их размерности» он приписывает принципиальное значение. Л. А. Сена ставит перед собой задачу показать, что «понятие «размерность физической величины» лишено всякого смысла». Он считает, что размерностью обладают не сами физические величины, а только единицы их измерения.

Книга Б. Ю. Когана спорит с этой точкой зрения уже самим своим заглавием. От титульного листа и до последней страницы автор относит понятие размерности к самим физическим величинам, а отнюдь не к единицам их измерения, о которых в этой книге вообще речи нет. Так кто же прав?

Можно было бы подумать, что это разногласие носит чисто формальный характер. Но, как мы сейчас увидим, оно связано с важными и прин-

ципальными методологическими проблемами современной физики. В защиту своей позиции Л. А. Сена приводит один-единственный аргумент: в зависимости от выбора основных единиц размерность одной и той же физической величины может выражаться разными формулами. Но разве это единственный пример того, как вид физических зависимостей может меняться при сохранении их существа?

Вопрос очень важен, и вот почему. Для становления теории относительности и всей новой физики основное значение имела и имеет проблема инвариантности, т. е. независимости от выбора системы отсчета¹. С развитием науки становится все яснее, что внешняя форма выражения физических величин и связывающих их закономерностей очень часто зависит от системы отсчета, в то время как внутреннее содержание инвариантно.

Физика сделала громадный шаг вперед, когда в научный обиход вошли и стали широко использоваться векторные и тензорные величины. Но ведь подобная величина может быть строго определена только как набор чисел (составляющих), преобразующихся при изменении системы отсчета по определенным законам. В зависимости от выбора базисных векторов форма записи вектора или тензора меняется самым коренным образом. И тем не менее в основе современной физики лежит убеждение, что векторы и тензоры как таковые инвариантны.

Вопрос несколько осложняется тем, что мы можем наглядно представить себе или изобразить вектор в двухмерном или трехмерном пространстве, так что его независимость от системы отсчета интуитивно очевидна. Но вспомним, как тяжел бывает при изучении теории относительности следующий шаг — к четырехмерным векторам и к тензорам! Основная трудность здесь именно в том, чтобы сжиться с понятием о реальном существовании, независимо от систе-

мы отсчета, таких величин, как четырехмерный интервал или тензор энергии — импульса.

Возьмем еще более простой и наглядный пример — скорость движения тела. В системе отсчета, движущейся вместе с рассматриваемым телом, она равна нулю. Переходя к другим системам отсчета, можно придать этой скорости какие угодно значения. Означает ли это, что скорость не является свойством движущегося тела? Новая эра в физике началась именно с ответа на этот вопрос. Старая физика пыталась найти абсолютную скорость, искала абсолютную систему отсчета. Опыт Майкельсона показал, что такой системы нет. Все дальнейшие успехи физики стали возможны лишь после того, как была принята основная идея Эйнштейна. А ведь сущность ее именно в том, что скорость остается свойством тела, хотя внешняя форма выражения скорости зависит от системы отсчета. Эта идея противоречит наглядным интуитивным представлениям. Поэтому так трудно, но особенно важно было ее принять.

Есть очень глубокая связь между вопросом о размерности и проблемой инвариантности. Числа и формулы могут менять свой вид при изменении системы отсчета. Тем не менее мы считаем их физическое содержание инвариантным при одном лишь непременном условии: если они преобразуются по определенным законам. К выбору системы отсчета относится, в частности, и выбор единиц измерения. Для того чтобы физическая величина была инвариантной, т. е. имела реальный смысл, ее числовое значение должно преобразовываться определенным образом при изменении системы единиц измерения. Законы такого преобразования и выражаются формулой размерности.

Как видим, размерность оказывается не только свойством физической величины, но более того — обязательным свойством. Безразмерные величины называются так вовсе не потому, что не имеют размерности. Их правильно было бы называть нуль-размерными. Эти величины не меняются при перемене масштаба единиц измерения, и это весьма важное

свойство определяет их размерность (нулевую). Но если бы для какой-нибудь величины нельзя было указать, как она меняется при перемене масштабов — эта величина действительно не имела бы размерности, но тогда она не имела бы и физического смысла.

Как и другие свойства физической реальности, размерность имеет свое выражение. Таким выражением служит формула размерности. И она в свою очередь определенным образом зависит от выбранной системы отсчета. Для формул размерности роль системы отсчета играет уже не выбор самих единиц измерения, а подразделения их на основные и производные. Форма выражения размерности зависит от выбора системы основных единиц таким же образом, как форма выражения любого физического свойства — от выбора системы отсчета. Это никак не лишает размерность ее глубокого значения и физической инвариантности.

Нельзя не согласиться с Б. Ю. Коганом, что размерность есть «чисто математическая характеристика физической величины», но отнюдь не чисто метрологическая, как считает Л. А. Сена. С другой стороны, математические понятия настолько важны для физики, что приобретают очень часто самостоятельное физическое значение. Л. А. Сена правильно предостерегает против слишком прямолинейного понимания формул размерности, внешний вид которых может иногда не иметь прямого физического смысла. Но, пожалуй, он уж слишком подчеркивает эту сторону вопроса. В качестве примера Сена предлагает формулу размерности давления, которая при обычном выборе основных единиц имеет вид: $(P) = L^{-1}MT^{-2}$ и действительно мало говорит о физическом смысле рассматриваемой величины. Однако этим примером Л. А. Сена доказывает лишь то, что, занимаясь не метрологией, а физикой, следует варьировать выбор основных единиц. Если в рассматриваемом примере считать основной единицу энергии Е (вместо массы), то размерность давления примет вид: $(P) = EL^{-3}$. А эта формула имеет очень глубокий и важный.

¹ См. статьи автора настоящей рецензии в «Природе», 1966, № 10, стр. 11 и в книге «Диалектический материализм и методы естественных наук», М., «Наука», 1968.

физический смысл: давление связано с плотностью энергии (количеством энергии в единице объема). Отсюда легко перейти и к идеям Максвелла — Лебедева о световом давлении и ко многим важным понятиям термодинамики, газодинамики и физики плазмы. Разница между двумя написанными формулами только в том, что считать постоянным — массу или энергию; они, конечно, полностью эквивалентны и в то же время дополняют друг друга.

На этом, как и на многих других примерах, видно, что различие формул размерности в разных системах не только не лишает понятие размерности его важного значения, но, напротив, обогащает его новым содержанием.

Л. А. Сена ссылается в подкрепление своей точки зрения на высказывание классика физической науки Макса Планка. Вопрос о взглядах Планка по этому и ряду других методологических вопросов заслуживает внимания историков науки, но ссылка на авторитеты нигде и никогда не может служить доказательством.

Размерность есть собственное и неотъемлемое свойство физической величины, проявляющееся в различных формах в зависимости от выбора системы основных единиц. Пользуясь размерностью для физических целей, нужно помнить об этой ее многоликости и непринужденно переходить к той системе, где яснее проявляются физические черты изучаемого явления. Л. А. Сена слишком твердо стоит на метрологических позициях, и это несколько обеднило физическую сторону его полезной книги.

Можно сделать и некоторые частные замечания по книге Л. А. Сены. По-видимому, следовало бы сказать о выражении температуры в энергетических единицах, которое, став уже общепринятым в физике плазмы, начинает проникать и в другие области. Важный вопрос о фазе и других характеристиках колебательного движения трактуется так (стр. 97, 112), как если бы всякий колебательный процесс описывался тригонометрической функцией. В связи со все возрастающим значением нелинейных колебаний лучше было бы воспользо-

зоваться изображением колебания с помощью вращения, проектируя изображающую точку на окружность. Тогда не представило бы никаких затруднений определение фазы, декремента и т. д. для любых колебательных процессов. Кстати, напрасно Л. А. Сена поддался дурной традиции, отягощая термин «декремент» прилагательным «логарифмический». Никаких других декрементов, кроме логарифмических, никто не употребляет; в научной литературе термин «декремент» имеет широчайшее распространение и вполне однозначный смысл, а прилагательное «логарифмический», как и всякое слово, лишнее информационно-нагрузочное, только зря утяжеляет язык.

Обе рецензируемые книги прекрасно дополняют друг друга. В книге Л. А. Сены больше конкретных метрологических сведений. Но надо признать, что более строгая и глубокая трактовка основных понятий дана в книжке Б. Ю. Когана, и можно только пожелать, чтобы именно такое понимание размерности было принято всеми.

Профессор Д. А. Франк-Каменецкий
Москва

География на новых рубежах

П. Хаггет. ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ В ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ГЕОГРАФИИ. «Прогресс», 1968, 390 стр., ц. 2 р. 32 коп.

На проводившемся в декабре 1969 г. симпозиуме по структуре почвенного покрова почвоведы-географы неоднократно ссылались на книгу П. Хаггета «Пространственный анализ в экономической географии», используя в своих работах изложенные в ней подходы и методы. Цель этой короткой рецензии — обратить внимание на книгу П. Хаггета, весьма полезную не только для экономико-географов, которым она непосредственно адресована. Книга представляет немалый интерес для экономистов, проектантов и работников пла-

новых органов, а также для специалистов во всех разделах физической географии и близких к ней наук, в которых изучается пространственное размещение объектов исследования. Два десятилетия тому назад начало развиваться новое направление в географии, связанное с тем, что ее объекты стали рассматриваться как множества и системы. Это существенно изменило и теоретические концепции, и методику. Сходство между объектами стало признаваться более важным, чем их различие, чем их уникальность.

Вероятностно-статистические методы превратились в мощное средство изучения географических объектов как множеств, а функционально-аналитические — в основное средство познания географических объектов как систем.

В книге профессора Бристольского университета Питера Хаггета впервые дается систематизированное и вполне доступное для читателя, не имеющего большой математической подготовки, изложение основных результатов развития этого направления в географии, их приложений в практике, а также главных задач дальнейших исследований.

Во вводной главе книги рассмотрены теоретические проблемы — соотношение уникальности и общности, проблема масштаба, территориальная дифференциация, множества и геометрия, системы и модели, детерминистические и вероятностные законы.

Дальнейшее изложение ведется по строго логически развивающейся схеме. В первой части рассмотрены географические явления как объекты исследования — перемещения, сети, узлы, иерархии и поверхности. Вторая часть посвящена методам, используемым при анализе размещения. Здесь говорится о сборе информации, описании, районировании и проверке гипотез. И в первой, и во второй частях приведено большое количество конкретных примеров, связанных с транспортными сетями, населенными пунктами, размещением различных предприятий, выбором сельскохозяйственных культур для данного района, проблемами организации среды для человеческого об-

щества (конкретные районы) и многими другими отраслями деятельности человека.

Книгу завершает обширная библиография, которая сама по себе имеет несомненную ценность, тем более, что редакторы русского перевода и авторы интересного предисловия В. М. Гохман и Ю. В. Медведков обогатили ее дополнительным списком литературы на русском языке.

В. М. Фридланд
Доктор географических наук
Москва

Рассказы о природе

Ф. Ф. Талызин. СЕКРЕТЫ ПРИРОДЫ. М., «Мысль», 1969, 191 стр., ц. 57 коп.

Профессор Федор Федорович Талызин — автор многих научных работ и целого ряда научно-популярных книг. Настоящая публикация, на мой взгляд, — наиболее удачное произведение автора в научно-популярном жанре. Книга содержит богатый познавательный материал, который к тому же преподносится читателю в занимательной форме. Особенно интересен первый раздел книги, где рассматриваются своеобразные приспособления животных к окружающей среде.

Второй и третий разделы книги повествуют о природе, растительном и животном мире различных районов СССР и многих других стран, которые Ф. Ф. Талызин неоднократно посещал, будучи участником научных экспедиций. В основу этих разделов легли дневники автора. Это излюбленный стиль Ф. Ф. Талызина. Для написания книг о поездках в Иран, Ирак, на Цейлон им также были использованы путевые дневники. Книга Ф. Ф. Талызина пронизана единым сюжетом. Перед читателем проходит жизнь автора, наполненная экспедиционными поездками и научными поисками. Книга написана живым, красочным языком.

Профессор О. П. Богданов
Краснодар

Новые книги

НАУКОВЕДЕНИЕ.

Матейко А. УСЛОВИЯ ТВОРЧЕСКОГО ТРУДА. Пер. с польск. М., «Мир», 1970, 303 стр., ц. 1 р. 01 к.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ. Колл. авт. М., Изд-во МГУ, 1970, 359 стр., ц. 1 р. 39 к.

НАУКОВЕДЕНИЕ. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ. ИНФОРМАТИКА. Киев, «Наукова думка», 1970, 351 стр., ц. 2 р. 62 к. Материалы 2-го Всесоюзного симпозиума (декабрь 1967).

Панкратов Т. К. НЕКОТОРЫЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ ИНТЕРЕСОВ СТУДЕНЧЕСТВА. Казань. Изд-во Казанского ун-та, 1969, 48 стр., ц. 31 к.

ФИЗИКА, АСТРОНОМИЯ, МАТЕМАТИКА

АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ЕЖЕГОДНИК СССР НА 1972 г. Т. 51. Отв. ред. В. К. Абалакин. Л., «Наука», 1970, 718 стр., ц. 7 р. 06 к.

Гинзбург В. Л. ПУЛЬСАРЫ. М., «Знание», 1970, 32 стр., ц. 6 к.

Мальцев А. И. АЛГЕБРАИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ. М., «Наука», 1970, 392 стр., ц. 1 р. 50 к.

НЕЙТРИНО. Сб. ст. Пер. с англ. С предисл. Б. М. Понтекора, М., «Наука», 1970, 360 стр., ц. 1 р. 29 к.

О СИСТЕМАТИКЕ ЧАСТИЦ. Атомы, ядра, элементарные частицы. Сб. ст. М., Атомиздат, 1969, 160 стр., ц. 31 к.

Цесевич В. П. ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ И СПОСОБЫ ИХ ИССЛЕДОВАНИЯ. М., «Педагогика», 1970, 239 стр., ц. 51 к.

Шилейко А. В. ЧТО ТАКОЕ СИСТЕМА МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ. М., «Знание», 1970, 63 стр., ц. 12 к.

БИОЛОГИЯ

Авакян А. Б. и Ромашов Е. Г. РЫБЫ ШТУРМУЮТ ПЛОТИНЫ. М., «Мысль», 1970, 126 стр., ц. 24 к.

Беклемишев В. Н. БИОЦЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ПАРАЗИТОЛОГИИ. М., «Наука», 1970, 500 стр., ц. 2 р. 45 к.

Воробьева Ф. М., Малышева А. А. и Ткаченко В. И. ТЕБЕРДИНСКИЙ ЗАПОВЕДНИК. М., «Знание», 1970, 47 стр., ц. 9 к.

ЖИЗНЬ ЖИВОТНЫХ. В 6-ти т. Т. 4. Ч. 2. Земноводные, пресмыкающиеся. Под ред. А. Г. Банникова. М., «Просвещение», 1969, 487 стр., ц. 3 р. 60 к.

Зинченко В. П. и Вергилес Н. Ю. ФОРМИРОВАНИЕ ЗРИТЕЛЬНОГО ОБРАЗА. М., Изд-во МГУ, 1969, 106 стр., ц. 42 к.

Кузнецов С. И. МИКРОФЛОРА ОЗЕР И ЕЕ ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ. Л., «Наука», 1970, 440 стр., ц. 4 р. 16 к.

Мосс Д. ФЕРМЕНТЫ. Пер. с англ. М., «Мир», 1970, 128 стр., ц. 44 к.

НОВЫЕ И МАЛОИЗВЕСТНЫЕ ВИДЫ ФАУНЫ СИБИРИ. Вып. 3. Новосибирск, «Наука», 1970, 112 стр., ц. 43 к.
Яхонтов В. СТРАНА ПТИЦ. Рассказы натуралиста о птицах Приамурья. Хабаровск. Кн. изд-во, 1969, 302 стр., ц. 58 к.

ГЕОЛОГИЯ, ГЕОГРАФИЯ

АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ПРИРОДНЫХ ЗОН СССР И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ. Л., Гидрометеиздат, 1970, 160 стр., ц. 92 к.

Забелин И. М. ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И НАУКА БУДУЩЕГО. Изд. 2-е, доп. М., «Мысль», 1970, 176 стр., ц. 38 к.

Кац А. Л. ОТ ГРЕНЛАНДИИ ДО АНТАРКТИДЫ НА НИС «ПРОФЕССОР ВИЗЕ». 1969. Л., Гидрометеиздат, 1970, 28 стр., ц. 10 к.

Ростарчук М. НАД ВПАДИНОЙ РОМАНШ, ИЛИ ПУТЕШЕСТВИЕ В ГИДРОКОСМОС. Науч. ред. А. С. Монин. Л., Гидрометеиздат, 1970, 216 стр., ц. 39 к.

Трешников А. Ф. ВОКРУГ АНТАРКТИДЫ. Л., Гидрометеиздат, 1970, 256 стр., ц. 78 к.

Уиллис У. ВОЗРАСТ НЕ ПОМЕХА. Пер. с англ. Л., Гидрометеиздат, 1969, 200 стр., ц. 54 к.

К. Э. Циолковский консультирует фильм

А. С. Федоров
Кандидат технических наук
Москва

Кинематограф донес до нас живой облик выдающегося советского ученого Константина Эдуардовича Циолковского. Документальные кадры, снятые при его жизни, вошли в многочисленные фильмы о покорении космоса, в научно-популярные киноленты, посвященные творчеству основоположника ракетоплавания и космонавтики.

Циолковский ясно видел огромные возможности кино для популяризации научных знаний, в том числе и идеи полетов на другие миры. Однако первые фантастические фильмы о космических путешествиях, сделанные на заре XX в., ученого не только не удовлетворили, но вызвали с его стороны суровую оценку. Доцент Государственного института кинематографии Н. А. Саламанов вспоминает свою беседу с Циолковским, относящуюся к 1931 г. «Много лет назад,— сказал Циолковский,— один знакомый уговорил меня пойти в кинематограф и посмотреть картину «Полет на Луну»¹. Чепуха страшнейшая, но потом я не раз возвращался мыслями к этой кинокартине, так как, несмотря на обилие всякой ерунды, оказалось, что кинематограф может показать самое фантастическое и необычайное. Как уже они там это делают, не знаю, но кое-что из того, что я видел, сделано ловко. И я подумал, что будущее, даже далекое, не только развития ациации, но и будущее астронавтики, еще до того, как люди начнут (на первых порах) полеты в околозем-



Константин Эдуардович Циолковский (1857—1935).

ном космическом пространстве, можно показать, что это может быть на полотне кинематографа»¹. Много лет спустя Циолковский принял непосредственное участие в подготовке научно-фантастического фильма «Космический рейс». Эта его работа представляет большой интерес для характеристики творческого метода великого ученого. Работа над кинокартиной осуществлялась киностудией «Мосфильм» в 1933—1935 гг. В состав съемочной группы входили: режиссер-постановщик В. Н. Журавлев, оператор А. В. Гальперин

(ныне профессор Государственного института кинематографии), художник Ю. П. Швец. Сценарий был написан А. А. Филимоновым. В качестве научного консультанта фильма был приглашен Циолковский.

В советских журналах печатались воспоминания авторов фильма об их встречах с Циолковским и совместной работе над «Космическим рейсом». В журнале «Искусство кино», № 11 за 1957 г. были опубликованы письма Константина Эдуардовича к режиссеру В. Н. Журавлеву, связанные с постановкой кинофильма. В Архиве Академии наук СССР, в фонде рукописных материалов К. Э. Циолковского, хранится так называемый «Альбом космических путешествий», представляющий собой подробное описание важнейших научных проблем, связанных с путешествием в космос, которые должны были составить научную основу фильма. Центральной частью «Альбома» являются многочисленные иллюстрации — рисунки, схемы, эскизы, наброски, выполненные Циолковским и значительно облегчившие работу художника фильма и всей съемочной группы¹. Кроме всего этого сохранились литературный и режиссерский сценарии фильма «Космический рейс», в которых рукой Циолковского сделаны многочисленные замечания, советы и дополнения, показывающие насколько глубоко и тща-

¹ Речь, по-видимому, шла о фильме французского режиссера Ж. Мельеса «Путешествие на Луну», созданном в 1902 г.

¹ Цит. по статье Н. А. Саламанова в сб. «Циолковский и кино», подготовленном к печати Всесоюзным государственным институтом кинематографии.

¹ «Альбом космических путешествий» был подготовлен Циолковским в конце июня 1933 г. Впервые он опубликован в виде приложения к книге «Рукописные материалы К. Э. Циолковского в Архиве Академии наук СССР. Научное описание». М., «Наука», 1966.

но работал ученый над этим фильмом.

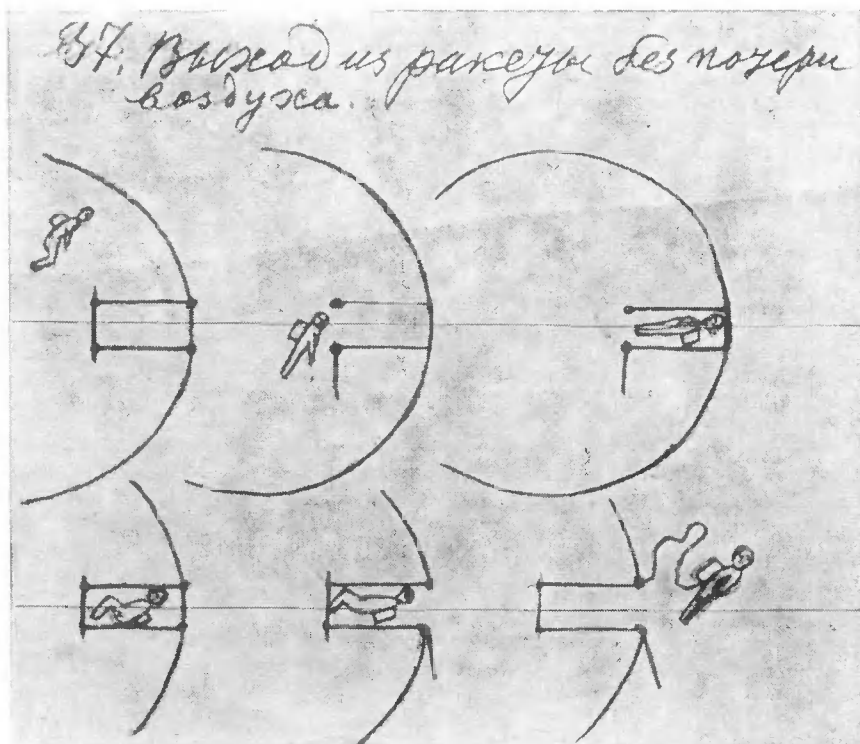
Перечисленные материалы позволяют воссоздать весьма полную картину творческого участия выдающегося деятеля науки в создании «Космического рейса».

Весной 1933 г. киностудия «Мосфильм» направила Циолковскому письмо с просьбой принять на себя обязанности научного консультанта будущего фильма. Ответ не заставил себя долго ждать. Съёмочная группа приглашалась в Калугу. В назначенный день и час авторы фильма были приняты прославленным ученым.

«Мы выдвинули перед К. Э. Циолковским множество вопросов, касающихся межпланетных путешествий,— вспоминает режиссер В. Н. Журавлев.— Нас интересовали общие контуры ракетопланов, кабины космического корабля, предназначенной для экипажа, вопросы старта ракетоплана, полета, показа «мира без тяжести», посадки на Луну, возвращения на родную Землю, ощущений человека на лунной поверхности. Несмотря на такое обилие вопросов, мы получили от К. Э. Циолковского в первой же беседе исчерпывающие ответы, ясные и точные, как математические формулы.

...С исключительным вниманием, трудолюбием, безотказностью и кропотливостью работал с нами К. Э. Циолковский в этот памятный день. Нами были совместно продуманы и обсуждены все пути возможного решения сюжета будущего фильма. Фантазии Циолковского не было границ. При этом именно он больше всего заботился о том, чтобы все было в картине интересным и занимательным, чтобы будущий фильм ни в коем случае не был бы сухим изложением теоретических расчетов... Беседа с К. Э. Циолковским явилась для нас источником большого вдохновения. Полные благодарности за уделенное нам внимание, мы покинули дом ученого, с тем чтобы через месяц снова приехать сюда еще раз, но уже с готовым сценарием и эскизами декораций»¹.

¹ Журнал «Искусство кино», 1957, № 11.



Выход космонавта из ракетного корабля.

Рис. К. Э. Циолковского из «Альбома космических путешествий».



Исследователи в космосе. Рис. К. Э. Циолковского.

ковский.— А. Ф.) не мог бы дать ответ,— вспоминает художник фильма Ю. П. Шве́ц. Если вопрос был неожиданным, как это часто бывает с людьми мало сведущими в обсуждаемой проблеме, то и тогда Константин Эдуардович, путем сопоставлений и логических выводов, находил приемлемое, а главное простое научное обоснование.

И далее, рассказывая о том, как подробно знакомился Циолковский с эскизами декораций и сооружений будущего фильма, Ю. П. Шве́ц пишет: «...Тут же, по ходу ознакомления с эскизами Луны, Константин Эдуардович дал ряд указаний: о цвете неба в связи с отсутствием атмосферы на Луне, о ярком свете немигающих звезд, о размерах Земли, о ее цвете и яркости, о движении теней и их густоте, о положении Солнца и Земли на небе Луны, о солнечной короне. Особенно было обращено внимание на форму скафандров и на условия передвижения человека на поверхности Луны в связи с уменьшением силы тяжести»¹. Внимательно читал Циолковский все варианты сценария фильма, делая на полях десятки замечаний, направленных к воссозданию более точной картины будущего космического кинопутешествия. Вот некоторые из его замечаний, показывающие, что ни одна мелочь не ускользнула от внимания ученого.

«Ночь. Миллиарды звезд. Луна»,— написано в сценарии. «Миллиарды звезд невооруженный глаз не видит, а только тысячи»,— уточняет Циолковский.

В сценарии описываются пилотские ванны — кабины с плавающими в них космонавтами, одетыми в скафандры. «Скафандры не нужны: голые или в трусиках»,— замечает ученый на полях рукописи. «Космонавты расходятся по своим местам. Один из них в состоянии невесомости исполняет при этом замысловатый танец»,— так говорится в сценарии. «Танец трудно исполнить,— указывает Циолковский,— это колебания от стены к стене и разнообразное вра-

щение». «Командир корабля приказывает вам стать к рулям»,— написано в сценарии. «Рули не нужно: приборам»,— кратко замечает Константин Эдуардович.

Далее Циолковский делает важные уточнения к описанию сцен пребывания космонавтов на Луне. «Мы сели за Южным полюсом»,— говорит герой фильма,— и на Земле не видели посадочной вспышки». «Сели на обратную сторону Луны»,— исправляет Циолковский. Там, где говорится, что космонавты на Луне «плавают», «взлетают», «перелетают» и т. д., Циолковский уточняет: «подходят», «бегут или прыгают», «восходят легко», «подпрыгивают» и т. д. По сценарию, герои фильма в условиях Луны «целуют друг друга в нос, в рот, в уши, в глаза». «Целуют в шлем, где нос, уши...»,— исправляет ученый.

Особенно большую помощь при съемке фильма оказал составленный Циолковским «Альбом космических путешествий». В первой части «Альбома» содержится конспективное изложение основных сведений о солнечной системе, условиях жизни на космическом корабле, на искусственных спутниках, планетах и астероидах. Обширный иллюстративный материал «Альбома» также содержит расчеты, пояснения и советы съемочной группы. Ряд рисунков поясняет, как нужно изображать жизнь и работу космонавтов в состоянии невесомости: на одном из них показан обед космонавтов, на другом — их передвижение в кабине, на третьем рисунке они наблюдают через окно кабины далекую Землю. При этом ученый на полях рисунка записал, что видят космонавты, каким им представляются Солнце, Земля, Луна, черное небо, усеянное звездами. Целая серия рисунков посвящена выходу космонавтов из ракетного корабля и возвращению их в ракету. На одном из них показаны различные стадии выхода космонавта через особый люк, без разгерметизации кабины, или, как тут же написано ученым, «без потери воздуха». Интересны рисунки под номерами 45—47. На них изображены космонавты, покинувшие космический корабль, но соединенные с ним длинными фала-

ми, которые Циолковский называет «привязями».

Следующий рисунок и подпись к нему поясняют, как должно происходить возвращение космонавтов на Землю. «Ракету,— пишет Циолковский,— повернули носом назад и начали контраврывание... После входа в атмосферу взрывание прекращают и тормозят ракету сопротивлением воздуха».

«Альбом» заканчивается несколькими листами иллюстраций, поясняющих сооружение космических островов, с жилищами, оранжереями, с установками для очищения воздуха и использования энергии Солнца. Эти материалы составляли «программу максимум», не все они были использованы при постановке фильма «Космический рейс». Однако они послужили замечательным пособием для актеров и съемочного коллектива, сразу введя их в «курс дела».

Характерно, что несколько десятилетий спустя, когда советские, а потом и американские космонавты стали совершать полеты в космос, находились в состоянии невесомости, выходили из космических кораблей, производили стыковку и т. д., они повторили многое из того, что было предусмотрено выдающимся ученым, консультировавшим работу над научно-фантастическим фильмом «Космический рейс». Это еще раз подчеркивает гениальную прозорливость Циолковского, который верил, что рано или поздно сказка станет былью, фантазия превратится в реальную действительность, и не только верил, но своими работами стремился приблизить наступление космической эры в истории человечества.

УДК 92: Циолковский

¹ Воспоминания Ю. П. Шве́ца цитируются по рукописи, подготовленной к печати Всесоюзным государственным институтом кинематографии.

Половой отбор и... мода

В № 4 журнала «Природа» за 1969 г. [стр. 123] излагалась гипотеза, объясняющая причины, по которым предки человека потеряли волосяной покров. Читатель Д. М. Айзенберг (Москва) по этому поводу пишет:

Человек начал терять волосяной покров благодаря «шалостям» моды, игравшей, возможно, заметную роль и в те далекие времена. Подобно тому как сейчас распространена мода на длинноволосых парней и на девушек в мини-юбках, среди первобытных людей могла быть мода на девушек с минимальным волосяным покровом, которые, естественно, быстрее «выходили замуж», тогда как «немодные», волосатые девушки чаще всего оставались старыми девами. Таким образом происходил естественный отбор; волосатых людей становилось все меньше, а «голых обезьян» все больше. Впрочем, могло быть наоборот: мода была на безволосых мужчин, а волосатые мужчины оставались старыми холостяками...

На мой взгляд, эта гипотеза заслуживает рассмотрения, поскольку мода является таким стихийным явлением, которое может привести к самым неожиданным последствиям, даже более серьезным, чем потеря волосяного покрова.

Письмо Д. М. Айзенберга по просьбе редакции комментирует проф. Я. Я. Рогинский, заведующий кафедрой антропологии биолого-почвенного факультета МГУ.

Предположение Д. М. Айзенберга, хотя оно звучит несколько иронически, очень близко к позиции Ч. Дарвина, который приписывал уменьшение волосяного покрова у человека действию полового отбора. «Я склонен думать,— писал Дарвин,— что первоначально мужчина, или скорее женщина, лишились волос ради украшения, что мы увидим, рассматривая половой отбор»¹.

Дарвин полагал, что предок человека не мог лишиться волос в результате обычного естественного отбора. Он указывал, что члены отряда приматов, к которому принадлежит человек, все покрыты волосами и, как правило, всего гуще на спине, несмотря на то что они живут в жарких странах. Это обстоятельство, равно как и густая шапка волос на голове человека, противоречит, по Дарвину, предположению, что человек стал нагим от солнца².

Эта точка зрения может вызвать некоторые возражения. Надо учесть, что многие обезьяны (особенно зеленые мартышки) весьма страдают от перегрева, когда оказываются на пространствах, не защищенных от солнца. Кроме того, для вертикально стоящего существа, каким является человек, возникали условия, при которых было полезно защищать голову от палящих солнечных лучей, что достигалось обильным ростом волос на голове; тело же, по которому только скользили лучи стоящего в зените солнца, было целесообразно обнажать для свободной отдачи

своего тепла в окружающее пространство и тем избавляться от перегрева. При этом надо иметь в виду, что перегрев особенно угрожает крупному существу, у которого поверхность теплоотдачи мала по сравнению с массой тела. Не случайно именно у рослых антропоидов — гориллы и шимпанзе — обнаруживается сильное поредение волос, главным образом на груди. Следует также вспомнить, что ближайший предок человека оказался на грунте, накаливаемом на солнце, и притом был вынужден вести охотничью жизнь, т. е. быстро двигаться и напряженно трудиться, изготовляя орудия. Естественный отбор мог постепенно как бы «снять с человека шубу», которая сильно мешала его деятельности.

Какова же могла быть роль полового отбора? Можно предполагать, что индивиды с густой шерстью оказывались менее привлекательными для другого пола, но не потому, что таков был «каприз вкуса, а потому, что обладатели обильного покрова были несколько менее активны, неповоротливы, быстрее уставали и приносили меньше добычи. Таким образом, не исключено, что половой отбор шел «по стопам» естественного отбора и усиливал его эффект.

Не лишено вероятности, кроме того, что интенсивность полового отбора возрастала вследствие психологии человека как общественного существа. Для человека, может быть, была не безразличной возникавшая вследствие обнаженности кожи видимая для всех выразительность его движений и форм тела, так как она свидетельствовала об уровне развития у него свойств, характерных для человека и

¹ Ч. Дарвин. Происхождение человека и половой отбор. Сочинения. Изд-во АН СССР, т. 5, 1953, стр. 180.

² Там же, стр. 179.

важных для его существования. Половой отбор, образно говоря, создавал живую скульптуру человеческого тела, что, спустя тысячелетия, стало важнейшим предметом пластического искусства.

Миниатюрные радиоприемники?

В связи с публикацией в журнале «Природа» (№ 9, 1969 г.) статьи П. И. Мариковского «Органы чувств насекомых» читатель И. А. Гальперин (пос. Куйган, Балхашского района, Алма-Атинской обл.) пишет:

Распространено мнение, что большинство насекомых обладает особым обонянием, облегчающим этим мелким животным поиски особей противоположного пола. Между тем более правдоподобной представляется гипотеза, приписывающая, например, самцам бабочек способность воспринимать не запахи, а излучаемые самками электромагнитные волны, более длинные, чем видимые человеком. В связи с этим я обратил внимание на рисунок «антенн» (усиков) бабочки-самца, изображенных на обложке того же № 9 журнала «Природа». Отходящие от двух «стволов» усики сидят на них парами. Не является ли каждая такая пара «антенн» электрическим конденсатором? Если да, то достаточно каждую пару соединить индуктивно, чтобы получились микрорадиоприемники.

Кстати, очень давно, в 20-х гг., мне довелось прочесть в газете, что американские энтомологи сконструировали радиоприемник, который улавливал радиоволны, излучаемые самками бабочек.

Что думают по этому поводу современные энтомологи?

На письмо И. А. Гальперина отвечает автор упомянутой статьи проф. П. И. Мариковский.

Лично я давно не сомневаюсь, что самцы шелкопрядов разыскивают своих самок не по запаху, а по каким-то совершенно другим индикаторам. Но по каким? — наука до сих

пор не имеет твердых экспериментально доказанных данных.

Еще в 1930—1932 гг. любитель-энтومолог А. Фабри опубликовал в «Энтومологическом обозрении» свою работу с бабочкой сатурнией, той самой, над которой в свое время ставил опыты известный естествоиспытатель Ж. А. Фабр. Бабочки находили самок с далекого расстояния, тотчас же определяя направление, даже когда ветер был попутным.

В 1964 г. на Международном энтомологическом съезде американский ученый П. С. Каллахан сообщил, что бабочки могут разыскивать друг друга по инфракрасному излучению. У некоторых летящих бабочек температура тела на 15° выше температуры окружающего воздуха, что позволяет им излучать инфракрасные волны длиной около 9 мк. Волны такой длины слабо поглощаются водяными парами атмосферы и поэтому распространяются на большое расстояние.

Независимо от Каллахана физик Е. Лэйтвейт еще раньше обратил внимание на строение гребенчатых усиков бабочек и, сделав соответствующие расчеты, предположил, что усики настроены на длину инфракрасного излучения. Но и это предположение не объясняет способности бабочек находить своих партнеров на расстоянии в несколько километров. Таким образом, вопрос остается все еще неясным.

Сообщение же о том, что еще в 20-х гг. американские энтомологи сконструировали радиоприемник, который якобы улавливал радиоволны, излучаемые самками бабочек, судя по всему, представляет собой типичное сообщение, претендующее прежде всего на сенсационность, даже в ущерб достоверности.

Озеро — провал

Читатель нашего журнала А. В. Минаев [Москва] пишет в редакцию:

Несколько лет назад во время работы в Западно-Верхоянской геологической экспедиции в Якутии мне

встретилось между поселками Сеген-Кель и Эндыбал небольшое озеро (диаметром примерно 100—150 м) совершенно правильной округлой формы, напоминающее чашу. Берег из коренных пород серого песчаника, гладкий, почти отвесный. Территория озера не входила в наш участок, поэтому пришлось ограничиться лишь поверхностным описанием. Вспоминая это озеро, я все больше склоняюсь к мысли о его метеоритном происхождении.

А. В. Минаеву отвечает проф. Л. Л. Россолимо [Институт географии АН СССР].

Действительно, если пролетать над территорией наших северных районов, легко заметить с самолета немало водоемов такого типа — красивых, словно искусственно выполненных озер-блюдеч. Правильное округлое очертание характерно для котловин провального происхождения, образующихся вследствие относительно быстрого оседания (провала) небольшой части суши. Возникшая таким образом котловина нередко имеет крутые склоны. Причины этого явления различны.

Хорошо известны так называемые карстовые провальные котловины, возникающие из-за растворения и вымывания подземными водами известковых пород. На месте пустот происходит провал, обычно правильной формы.

В областях распространения многолетних мерзлых пород встречаются термокарстовые котловины. Они образуются из-за оседания почвы после вытаивания мерзлой породы или погребенного льда. Вытаивание в таежной зоне бывает обычно вследствие вырубки или выгорания леса, увеличивающих солнечное прогревание земной поверхности. Именно так образовалось озеро на месте падения знаменитого тунгусского метеорита в 1908 г., уничтожившего на некотором пространстве лес.

Озеро, о котором сообщает А. В. Минаев, расположено в области распространения многолетних мерзлых пород, поэтому наиболее вероятно его термокарстовое происхождение (как и многих других, нередко встречающихся в этой зоне).

Глазами очевидцев

А. Нуньес Хименес
Президент Академии наук Кубы
М. Альбеар



15 августа 1969 г. в 00 час. по Гринвичу в Карибском море был зафиксирован тропический шторм «Камилла». Через сутки, превратившись в тропический ураган, он уже обрушился на западную часть Кубы (см. схему). Затем ураган свирепствовал в Мексиканском заливе и 18 августа с необычайной силой налетел на прибрежные курортные районы южного побережья США, где в одну минуту рушились и исчезали под водой целые кварталы. На побережье штатов Луизиана и Миссисипи курорты превратились в развалины, имелись сотни человеческих жертв. 19 августа ураган заметно ослаб и в виде циклона пронесся над штатами Западная Виргиния и Виргиния, нанеся серьезный ущерб. А с 21 числа он уже свирепствовал в Атлантическом океане. Американские синоптики оценили «Камиллу» как наиболее сильный ураган, когда-либо проходивший над территорией США.

Благодаря своевременно принятым мерам со стороны Революционного правительства Кубы население в охваченных ураганом районах было спасено. Редакция журнала «Природа» публикует личные впечатления свидетелей этого урагана в Сьерра дель Ресольядеро — президента Академии наук Кубы А. Н. Хименеса и инженера М. Альбеара.

Рассвет был хмурым, небо серое, изморось... Симон Родригес, один из многих крестьян деревни Валье де Луис Ласо, расположенной в местечке, где горная цепь Сьерра де лос Органос образует вместе с холмами замкнутый круг, встал в это утро с пеньем петухов. Взглянув на небо, он сказал жене, что погода не предвещает ничего хорошего. Это ему подсказывал его собственный опыт и опыт его отца, и деда, проживших всю жизнь на этой земле. Сколько урожаев табака и риса пропало здесь из-за ветров и разлива р. Куйягуатеке, сколько людей погибло в прошлом от наводнений...

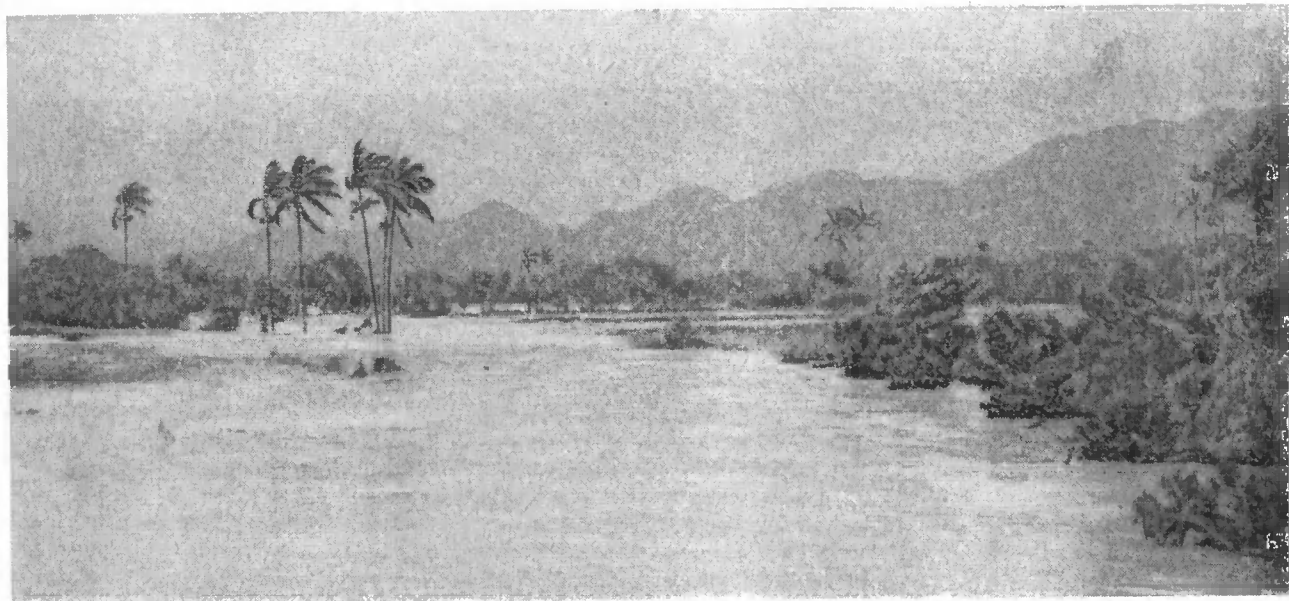
«Это начинается ураган или только ливень?» — спрашивал он себя. Вскоре Симон вместе с жителями других домов, расположенных напротив пещеры Каверна дель Ресольядеро, уже слушали по радио сообщения Революционного совета и сводки погоды ближайших метеостанций.

Циклон угрожал Пинар дель Рио, и хотя он был еще далеко, на острове Исла де Пинос, в деревне уже принимали первые меры предосторожности: крестьяне с утра загоняли скот, женщины убрали все со дворов, собирали овощи и уносили под навесы дрова... В перерывах крестьяне собирались вместе, чтобы обсудить последние новости. В экстренном сообщении за номером 3 Института метеорологии от 13.00 15 августа говорилось, что к вечеру ураган должен обрушиться на Пинар дель Рио. В полдень ветер усилился и пошел проливной дождь. Из пещеры Каверна дель Ресольядеро, расположенной менее чем в 300 м от хижины Симона, доносился угрожающий, не прекращавшийся рев: это волны р. Куйягуатеке, в русло которой впадают сотни ручейков, пересекая пещеру Каверна дель Ресольядеро, бьются об ее стены. Затем бурный поток выплескивается в узкую долину

Валье де Луис Ласо, после чего разливается по широкому ущелью Ла Эстречура и затопляет всю равнину Гуанэ.

В этом районе широко развит карст, и воронки, образованные в легкорастворимых известняках, способствуют сильным наводнениям. В будущем нам предстоит изучить, как лучше подчинить человеку местный рельеф: строить ли в долинах каналы, отводить ли реки в заброшенные пещеры или расширять эти пещеры. Частично такие меры уже принимаются. Но этого мало. По-видимому, надо также строить плотины.

Итак, мы воспользовались случаем и решили пройти по некоторым пещерам, чтобы изучить в них характер дренажа. Это чрезвычайно важно, так как лишь зная природные процессы, можно искать способы ослабления нежелательного их влияния. Уже в полдень начался сильный шквал; сначала он срывал крупные



Река Куйягуатехе, вышедшая из берегов.



Выход из пещеры Сумидеро; справа — подземное русло реки Куйягуатехе.

сочные листья королевских пальм. Вскоре шум, доносившийся из пещеры Каверна дель Ресольядеро, стал похож на громкое рычание. Вода быстро прибывала, увеличивая площадь затоплений. Был отдан приказ покинуть дома. Буквально на ходу организовалась защита населения от урагана. Машина Министерства здравоохранения с трудом проехала по почти непроходимым дорогам, доставляя лекарства, а джип Министерства торговли привез продовольствие. Длинный караван женщин с детьми и стариков потянулся к небольшому утесу на горе. Они стали подниматься сквозь густую растительность, пустившую корни на известняковых скалах «Дьентес де перро» («Зубы собаки»), наверх, к пещере Куэва дель Циклон, куда раньше никогда не попадала вода вышедшей из берегов реки Куйягуатехе. Здесь они будут защищены от урагана и спустятся в долину, когда опасность пройдет.

В 17.30 по радио сообщили, что центр циклона, третьего в этом сезоне, перемещается со скоростью 150 км/час (диаметр между спиралями облаков, тяжелых от дождя, — 500 км), т. е. покрывает большую территорию западной части Кубы. Всего лишь два часа нужно урагану, чтобы пересечь узкую полосу пёрешейка Гуанаакаибес. Подсчет прост: в 18.30 «глаз» циклона выйдет на море че-

рез Арройос де Мантуа. Два часа нечеловеческого напряжения...

Но последствия циклона еще будут сказываться всю ночь: даже на рассвете следующего дня (16 августа) не прекратится дождь и вода в р. Куйягуатехе еще будет прибывать.

Такое довольно редкое явление, как прибой внутри гигантской пещеры, принимает ужасающие размеры. Вода, зажата в узком подземном проходе, натолкнувшись на стены и колоссальные сталактиты, разбивается в струи, которые, распыляясь, поднимаются вверх и затем падают вниз, как при гидравлических взрывах. Так продолжалось почти все три дня. Потом вода начала спадать, и стали видны следы разрушений в долине Валье де Луис Ласо: часть табака, спрятанного в больших помещениях, была испорчена; маисовые поля опустошены; банановая роща повалена. Но во всей деревне Валье де Луис Ласо не было ни одной человеческой жертвы. В период затоплений в деревне действовала спасательная шлюпка, перевозившая семьи и скот (ее привезли крестьяне еще до начала урагана из кооператива рыбаков Коломы).

На этой шлюпке мы пересекли поток р. Куйягуатехе, чтобы достичь подножия холма у пещеры Куэва Оскура. Ее подземный коридор соединяет долины Луис Ласо, Потрерито и

Сумидеро. Мы прошли через галереи, частично затопленные, до Ойо де Потрерито. На земле валялось множество сожженных листьев лалым — остатки от факелов, которыми пользовались крестьяне, чтобы осветить себе путь по этому подземному коридору.

Выйдя из пещеры, мы сквозь плену дождя увидели залитую водой долину Ойо де Потрерито с высывающимися островками земли, на которых находились немногие успевшие спастись коровы. Сильный поток Куйягуатеке, несшийся по узкой долине Ойо де Потрерито, преградил нам дорогу к пещере Куэва дель Сумидеро, по которой мы хотели пройти до долины Сумидеро. Пришлось возвращаться по старому пути, через пещеру Куэва Оскура в долину Валье де Луис Ласо. Там мы поехали на джипе до хутора Сумидеро, объез-

жая кордильеру и места затопления, чтобы таким образом добраться до бухты Энсенада де Пика Пика, расположенной в изгибе долины Валье де Сумидеро (на противоположном склоне долины Валье де Луис Ласо). Два крестьянина — старые друзья по предыдущим геологическим походам Энрике Сола и Хосе Эрнандес — решили проводить нас до Ойо де Потрерито. Мы прошли через пещеру Куэва Оскура, которая находится выше уровня пещеры Куэва дель Сумидеро. Из-за бушевавшего потока Куйягуатеке нам долго пришлось плыть по течению. Наконец мы достигли цели.

Впечатляющее зрелище представляет собой подземное русло р. Сумидеро! Вода поднялась даже до старого деревянного моста, соединяющегося с пещерой Куэва Клара, т. е. уровень воды более чем на 20 м оказался

выше нормального и лишь немного уступал отметке затопления во время циклона в 1950 г. Огромный бурный поток воды, мутный от размывтой земли, угрожающе шумел и сбивал на своем пути все, унося стволы деревьев и различные обломки строений.

Параллельно подземному руслу Куйягуатеке открывается высокий туннель пещеры Куэва Клара, по которому мы и добрались до Ойо де Потрерито. Выбравшись из туннеля, мы увидели уже другой берег долины, противоположный тому, что видели в прошлый раз, выйдя из пещеры Куэва Оскура. Так маршрут наш замкнулся, и, пополнив новыми данными известные сведения о дренаже в этих долинах, мы пустились в обратный путь.

Перевод с испанского
Р. Ю. Вениери

Снежная зима

Ю. С. Петровский
Москва

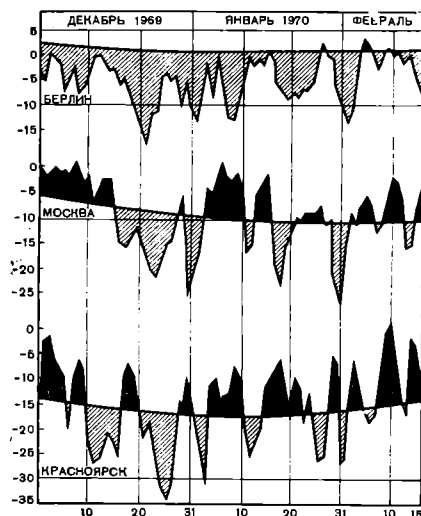
В большинстве районов умеренных широт Северного полушария зима 1969—1970 г. была очень снежной. Глубокий снежный покров держался всю зиму даже там, где обычно снег выпадает лишь временами. Если же посмотреть на метеорологические карты, которые зафиксировали температурный режим зимы, то легко заметить, что именно в этих районах было значительно холоднее, чем это наблюдается в обычные зимы. И еще одна характерная черта нынешней зимы: совершенно необычные процессы в стратосфере (25—30 км). Если в зимний период над Полярным бассейном всегда располагается так называемый циркум-полярный вихрь (циклон с центром у полюса, охватывающий большую часть Северного полушария), то зимой 1969—1970 г. над Полярным бассейном располагался антициклон, а циклон сместился на север Евразии. Некоторые синоптики именно с этим обстоятельством связывают особенности зимне-

го режима в умеренных и высоких широтах. Однако, по мнению других ученых, подобные изменения в циркуляции стратосферы, ввиду малых энергетических запасов в ней, не могут служить причиной нарушения погодного режима в приземном слое.

Как же развивались атмосферные процессы над различными районами Северного полушария?

Рано началась и суровой была зима в Западной Европе. Обильные снегопады приносили циклоны с Атлантики, а в их тылу происходили частые вторжения арктического воздуха. Уже в начале декабря снега выпало так много, что было нарушено движение всех видов транспорта в Австрии, Венгрии, а несколько позже — в Чехословакии и ФРГ. На автострадах застряли сотни автомашин, железнодорожные поезда часами простаивали на перронах, задерживались или отменялись вылеты самолетов.

Гололед, плохая видимость явились причиной многих аварий и катастроф. В ФРГ во второй половине января для расчистки снежных заносов применялись даже танки. Из-за обилия снега происходили катастрофические обвалы снежных лавин в горных районах Ирана и в Альпах. В декабре на дорогу Тегеран — Амаль обрушилось более 100 лавин. Погибло около 40 человек и более 200 получили тяжелые ранения. Во Французских Альпах утром 10 февраля во время завтрака на горнолыжную станцию Вальд'Изере обрушилась огромная лавина. В результате 48 человек погибло, 60 ранены, а 26 пропали без вести. В Центральной Европе и в бассейне Балтийского моря температуры были ниже обычных в течение всей зимы, в отдельные дни морозы достигали —15, —20°. А на юге Европы в начале января потеплело. В Болгарии 1 января в ряде районов прогремели грозы. Над Канарскими островами, где обычно в это время стоит малооблачная погода, пронесся ураган, нарушивший телефонную связь, подачу электроэнергии и уничтоживший до 40% урожая. Сильные дожди и бурное таяние выпавших в декабре



Ход среднесуточных температур зимой 1969—1970 г. в средних широтах Евразии. В Западной Европе все время температуры держались ниже нормы (штриховка), а в ЕТС и на юге Сибири наблюдались частые колебания выше (заливка) и ниже нормы.

снегов вызвали наводнения первоначально на юге Греции, а в середине января — в Югославии, Португалии, Испании и даже в Марокко. В Югославии вышли из берегов и затопили многие населенные пункты, дороги, пахотные угодия реки Сава, Сана, Уна (север страны). В Португалии, Испании и Марокко многие десятки тысяч семей лишились крова, имелись человеческие жертвы. В Марокко было смыто 155 тыс. га посевов на плодороднейших землях и полностью уничтожен будущий урожай сахарной сакеллы.

Во второй половине февраля потеплело на крайнем западе Европы. На юге ФРГ началось бурное таяние снегов и прошли наводнения. Имелись человеческие жертвы.

Если над Центральной Европой зима была ранней и преобладала холодная погода, то над **Европейской территорией СССР (ЕТС)** поздно начавшаяся зима была весьма неустойчивой: в январе и феврале морозы неоднократно сменялись оттепелями. Преимущественно теплее было обычно и на большей части Сибири. Конечно, временами сибирские морозы брали свое, но в то же время они не были очень суровыми, а в

феврале местами наблюдались даже оттепели.

Холодная зима над Западной Европой, неустойчивая погода на ЕТС и теплая зима над Сибирью были обусловлены тем, что почти всю зиму над Восточной Европой в средней тропосфере располагалась высотная пожбина. Над Западной Европой преобладали северные и северо-западные потоки, над Сибирью — юго-западные. Циклоны с севера Атлантики выходили на Западную Европу и Средиземное море, неся с собой снежные бури. Здесь циклоны заполнялись, а над Италией, Балканами и Средней Азией возникали новые циклоны, которые выходили на Черное море, юг ЕТС и Западную Сибирь.

Южные циклоны всегда обладают большим запасом влаги и вызывают обильные осадки. Особенно снежными оказались циклоны, вышедшие в начале и в конце второй декады января и в середине февраля на Украину и центральные области ЕТС. 17 января на Украине шедший до этого дождь перешел в густой снегопад. За 2—3 дня выпало 2—3 месячных нормы осадков. Харьков был завален снегом. Была нарушена работа автотранспорта, трамвая, железной дороги. Потребовалась неделя, чтобы очистить город от снега. А в середине февраля не менее сильные снегопады обрушились на Центральные области ЕТС. В Подмоскovie снегопады утром 16 февраля сопровождались необычной для этого времени грозой. Несмотря на наличие мощной снегоочистительной техники, в Москве утром 17 февраля из-за обильного снегопада наблюдались нарушения в работе городского транспорта. Останавливалось движение на автостраде Москва—Симферополь.

В 20-х числах февраля над Севером ЕТС, Уралом, а также Западной Сибирью было морозно, но над Центральными областями ЕТС днем погода была весенней, на солнце таял снег и температура держалась близкой к 0, но ночью понижалась до минус 10—15°.

Всю зиму было очень тепло в **Средней Азии**: температура понижалась до отрицательных значений только в

отдельные дни в январе, а в феврале она уже повышалась иногда до 20° тепла и выше. Зацвел миндаль, начали распускаться почки плодовых деревьев.

На **Дальнем Востоке** частые циклоны выходили от Японии на Охотское море, неся с собой штормы и обильные снегопады. Неоднократно приходилось жителям Сахалина выходить на расчистку дорог, заваленных снегом. Но особенно много бед принес циклон, образовавшийся в самых последних числах января над Японией. В Японии было зафиксировано шесть крупных аварий, причем один пароход затонул (погибло 15 человек), один военный корабль сел на мель, а танкер «Який-мару» столкнулся с либерийским пароходом и получил пробоину. В опасном состоянии находился ряд судов Советского Дальневосточного морского пароходства. Но четко действовали спасательные суда, и все терпящие бедствия корабли были спасены. Особенно досталось маленькому танкеру «Столбовой», попавшему в шторм в ночь на 1 февраля вблизи северных островов Курильской гряды. Он сильно обледенел и находился на краю гибели, когда к нему на помощь подоспело спасательное судно «Декабрист».

На крайнем западе **Северной Америки** зима была теплой, а на востоке холодной. В Нью-Йорке большую часть зимы температура держалась ниже нуля, тогда как по многолетним данным лишь в начале января она только приближается к 0°. Холода приносили главным образом частые вхождения с Канадского архипелага арктических антициклонов. Однако не менее часто, главным образом над центром и востоком континента, проходили и циклоны, вызывая обильные снегопады на севере и ливни и наводнения на юге. В конце декабря в Чикаго из-за снегопадов были закрыты школы, не работали аэродромы. В Виргинии, Западной Виргинии, Теннесси, Кентукки многие реки вышли из берегов. В конце января температура на севере США и в Канаде резко повысилась до 5—10° тепла. Началось бурное таяние снегов. В Монреале улицы превратились в бурные реки, прекратилось улич-

ное движение. Вода затопила подвалы домов, магазинов, хлынула в метро и залила платформы станций. Однако это потепление в Монреале длилось всего один день, и уже 30 января вновь начались морозы. Описанные синоптические и погодные условия в умеренных широтах были близки к типу циркуляции 7аз, по Б. Л. Дзердзеевскому. Такая циркуляция была обусловлена тремя высотными ложбинами (одна, как уже отмечалось — над востоком Европы, а две других — над Дальним Востоком и востоком Северной Америки).

В связи с этим в декабре и январе преобладала меридиональная циркуляция (индексы зональной циркуляции, по Е. Н. Блиновой, были на 10—15% ниже нормы). Лишь в конце января и в феврале индексы зональной циркуляции превысили норму — преобладающей стала зональная циркуляция. Солнечная активность оставалась достаточно высокой: числа Вольфа в среднем за январь составили 163, а за первую половину февраля — 166.

В тропических широтах, если не считать еще осеннего тайфуна «Лорна»,

который 2 декабря вышел на Филиппины, 18—21 декабря в открытом океане прошел неглубокий тайфун «Мария», а 26—28 декабря тропический циклон обрушился на Цейлон, вызвав сильные дожди и наводнения. Погибло 34 человека, сотни тысяч цейлонцев остались без крова, был нанесен значительный ущерб сельскому хозяйству.

В начале декабря тропические ливни вызывали также наводнения в Сингапуре.

Миграция белых гусей

М. И. Лебедева,

Т. П. Шеварева

Центр кольцевания, Зоологический институт АН СССР

На Крайнем Севере нашей страны у берегов Чукотки на острове Врангеля гнездятся белые гуси (*Chen hyperborea* Pall.). За приверженность к тундровому ландшафту, за белую окраску оперения их называют нередко «снежными гусями». В прошлом столетии они населяли весь север Сибири, от Таймыра до Чукотского полуострова, но теперь их колонии сохранились у нас только на этом острове. Гуси проводят здесь около трех месяцев в году. Остальное время они находятся за пределами нашей страны. Для охраны этих красивых и ценных птиц, ставших уже редкими, и восстановления их бывлой численности необходимо хорошо изучить их биологию, выяснить расположение мест зимовок и направление пролетных путей. Для этого было решено провести массовое кольцевание белых гусей. По инициативе Центральной орнитологической станции при Ояском заповеднике и при участии Магаданской госохотинспекции на острове Врангеля с 1961 г. по 1965 г. было помечено кольцами свыше 6000 белых гусей. Вскоре после кольцевания стали поступать сообщения о помеченных птицах. Сначала их видели на Чукотке у мыса Шмидта и

полярной станции Валькарай, а затем, в сентябре, уже в юго-западной части Аляски. Далее гуси мигрируют вдоль Тихоокеанского побережья Америки к югу. В сезон охоты — с октября до января — белых гусей во время пролета отстреливают в США, в штатах Вашингтон, Орегон и Калифорния. В северной части штата Калифорния организован национальный охотничий заказник Туле-Лейк, где значительная часть гусей проводит зиму. Но несмотря на принятые американцами меры для охраны этих птиц на зимовках и на наши усилия по сохранению гнездовий на острове Врангеля, где в настоящее время также организован специальный заказник, число белых гусей все продолжает убывать. Естественно, перед орнитологами все чаще возникает вопрос, как увеличить поголовье белых гусей. Возникла идея разводить их в неволе на специальных фермах, а затем выпускать. Интересный опыт в этом отношении был проведен зоопарком Аскания-Нова. В 1961 г. сюда, в Херсонскую область, была перевезена с острова Врангеля партия белых гусей. Птицы благополучно загнездились на новом месте. Интересно, что в условиях неволи гнез-

дование их носило колониальный характер. Теперь в Аскании-Нова численность этих птиц превышает 100 особей, а общее количество выращенного местного потомства уже достигло 130. К осени часть гусят разлетается за пределы Аскании-Нова. Но куда они улетают? Чтобы это выяснить, всех молодых птиц помечали кольцами.

И вот в Центр кольцевания Зоологического института АН СССР поступило сообщение из Финляндии, в котором говорилось, что 27 августа 1965 г. на западном побережье страны близ г. Пюхьяйоки был найден гусь с кольцом «Москва А-68491». 29 августа этого же года на западном побережье Норвегии близ г. Бреннесина был убит другой гусь с кольцом «Москва А-68492». И наконец, пришло известие из Франции, где 13 января 1966 г. во время зимовки в департаменте Алье, в центральной части этой страны, был убит еще один гусь с кольцом «Москва А-68483». Все эти птицы вывелись в зоопарке Аскания-Нова в 1964 г. и, возможно, даже принадлежали к одному выводку.

Несмотря на то, что в Аскании-Нова климатические условия, казалось бы, позволяют птицам жить в течение круглого года, белые гуси, повинувшись инстинкту миграции, улетают на север к берегам Балтийского и Норвежского морей, а зимуют в Западной Европе. Итак, первый опыт по разведению белых гусей в неволе оказался удачным.

Корреляция числа солнечных пятен с количеством работ, опубликованных С. Чепменом

Немногие исследователи внесли столь значительный вклад в наши знания о космическом пространстве, как проф. Сидней Чепмен. В 1968 г., когда отмечалось его восьмидесятилетие, было подсчитано, что за 58 лет он опубликовал более 450 работ по физике верхней атмосферы, солнечно-земным связям и космической физике. Поскольку деятельность этого выдающегося ученого продолжалась в течение нескольких солнечных циклов, можно сравнить уровень солнечной активности с колебаниями научной активности проф. С. Чепмена.

На рисунке представлен график числа публикаций С. Чепмена с 1910 по 1967 г. и соответствующих среднегодовых относительных чисел солнечных пятен. Он охватывает более пяти солнечных циклов.

Рассмотрев этот график, можно отметить три обстоятельства. Число публикаций увеличивается и уменьшается внутри циклов вместе с числом солнечных пятен. Имеется небольшое запаздывание числа публикаций по отношению к числу солнечных пятен. Но следует принять во

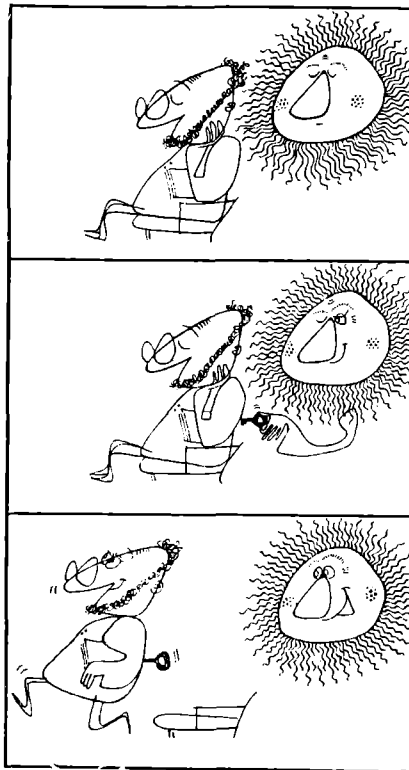
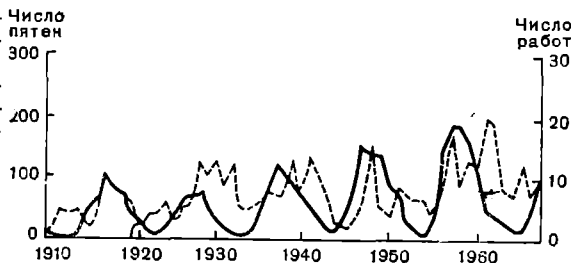


Рис. Ю. Аратовского

Годовые числа публикаций С. Чепмена (пунктир) и среднегодовые относительные числа солнечных пятен (непрерывная линия) в 1910—1967 гг.



внимание, что даты его публикаций, как правило, запаздывают на 1 год относительно времени завершения рукописи. Высота максимумов в обоих случаях постепенно увеличивается. 11-летний цикл солнечной активности четко проявляется в физических явлениях в космическом пространстве. Время от времени повторяются утверждения о том, что с солнечной активностью связаны и такие разнообразные факты, как периодичность годовых колец деревьев в данном районе, интенсивность размножения животных, экономические циклы и многое, многое другое. Прекрасная корреляция числа солнечных пятен с количеством работ, опубликованных С. Чепменом,—веский аргумент против точки зрения некоторых биологов, медиков и других специалистов, сомневающихся в том, что циклическая деятельность Солнца влияет на биосферу и на весь ход жизненных процессов.

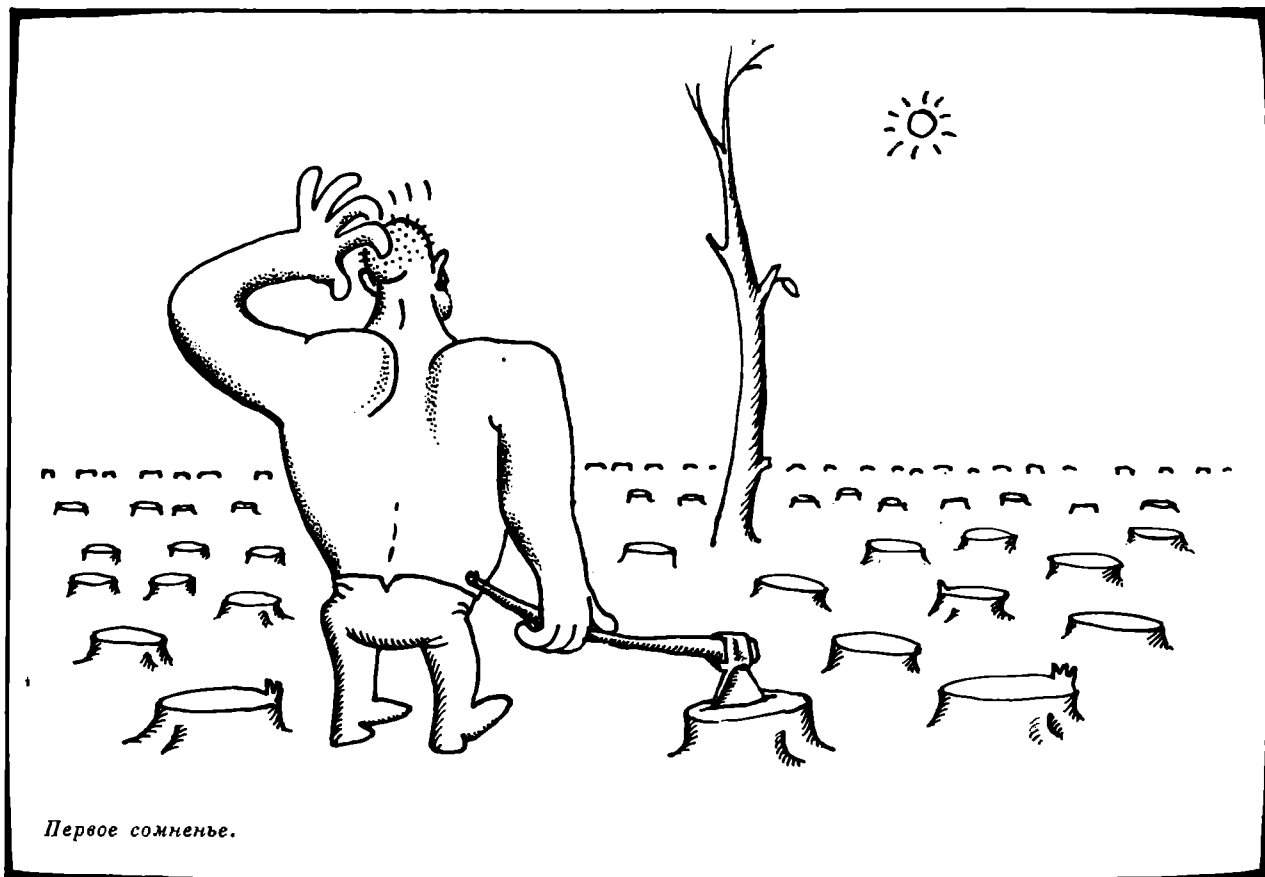
Можно высказать лишь одно дополнительное соображение о солнечно-земной экологии проф. С. Чепмена: он работает в областях науки, касающихся изменений солнечной активности и возможно, что увеличение солнечной активности так же стимулирует деятельность ученого, как стимулирует эпидемия вирусного гриппа деятельность участкового врача.

К. А. Любарский
Кандидат физико-математических наук

Москва

Зеркало «Природы»

Рисунки С. Тюнина



Цена 50 коп.
Индекс 70707

